X. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia

International Conference on Transport Sciences

Győr, 2020. 03. 26-27.

A közlekedés jövője – A jövő közlekedése

„The future of transportation – transportation of the future"

A modal share változása az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások elterjedésének következtében

Dr. Földes Dávid[1] – Dr. Csiszár Csaba[2]

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

[1]telefon: 20/570 4667
e-mail: foldes.david@mail.bme.hu

[2]telefon: 70/336 0612
e-mail: csiszar.csaba@mail.bme.hu

Kivonat: Az autonóm járművek megjelenésével várhatóan a városi, közúti mobilitási szolgáltatások is átalakulnak. Igény-alapú, kiskapacitású járművel megvalósított, a jármű és a férőhely megosztást alkalmazó, személyre szabott eljutást kínáló mobilitási szolgáltatások terjednek el, ami a modal-share változását is eredményezheti. A változást eddig különböző jövőképek szimulációjával becsülték, a felhasználók váltási hajlandóságát valószínűségi változóként vették figyelembe. Olyan módszert dolgoztunk ki a városi modal-share változás számításához, amelyben figyelembe vesszük az utazók jelenlegi mobilitási szokásait és váltási hajlandóságát. A változók értékeinek meghatározásához kérdőíves módszert fejlesztettünk. A számítási módszert a budapesti modal-shift becslésére alkalmaztuk. Az eredmények a jelenlegi egyéni gépjármű használóknál mutatták a legnagyobb, míg a kerékpárosoknál a legkisebb váltási hajlandóságot. Megállapítottuk, hogy a kinyilvánított preferenciák alapján, az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető igényalapú, megosztott autonóm közúti járműves szolgáltatással. A módszer az autonóm járművek hatásainak kvantitatív meghatározásánál használható.

Kulcsszavak: autonóm járműves mobilitási szolgáltatás, modal-share, modal-shift, váltási hajlandóság

Bevezetés

Az önvezető járművek megjelenése és alkalmazása számos társadalmi hatást indukál. A legfőbb várt hatások: közlekedési rendszer hatékonyságának növekedése, biztonságosabb közlekedés, utazási idő csökkenés, személyre szabott mobilitási szolgáltatás, egyéni közlekedés lehetősége a fogyatékkal élő, a vezetési képességekkel nem rendelkező idős, vagy fiatal utazói réteg számára, energiahatékonyság növekedése és kedvezőbb térgazdálkodás [1], [2]. A hatások kvalitatív vagy kvantitatív módszerekkel becsülhetők. Ez utóbbi esetben például forgalmi modellezést alkalmaznak [3], [4], vagy a felhasználói elvárásokat elemzik [5], [6]. A hatások egy része a járművek jellegéből adódik (pl. követési távolság csökkenés); más részük a mobilitási szolgáltatás tervezésével befolyásolhatók (pl.: járműkihasználtság növekedés, modal-share alakulása). Utóbbi hatások a felhasználói elvárások ismeretében alakíthatók. Az újszerű autonóm járműves mobilitási szolgáltatások a jelenleg ismert közlekedési módok használatának változását is eredményezik. Hatásukra a *modal-share (vagy másnéven modal-split),* vagyis *a közlekedési módok használatának százalékos megoszlása* várhatóan átalakul. A kutatások a modal-share változását többnyire különböző jövőképekhez tartozó változatok képzésével mutatják be [3], [7]. A változatokban általában pesszimista és optimista forgatókönyveket hasonlítanak össze többnyire a forgalomra gyakorolt hatás vizsgálata céljából. A változatok azonban csak becsléseken alapulnak, legtöbbször hiányzik az utazói elvárások és váltási hajlandóság közvetlen felmérése.

A kutatásunk alapkérdése, hogy hogyan becsülhető a modal-share változása utazói szokások és váltási hajlandóság alapján. Ehhez számítási módszert dolgoztunk ki. A módszer bemeneti adatai az utazási szokások jellemzőit és a váltási hajlandóság; aminek gyűjtéséhez kérdőívet készítettünk és meghatároztuk a gyűjtött adatok feldolgozási módszerét. A lehetséges jövőbeli autonóm járműves szolgáltatási formákat szakirodalomi források és korábbi kutatásaink alapján határoztuk meg. A leírásokat megismertettük a válaszadókkal. A kidolgozott számítási módszer forgalmi modellezéshez és további hatások becsléséhez is használható (pl. területhasználat változása).

A cikk felépítése a következő: az 1. fejezetben áttekintjük a releváns irodalmak eredményeit. A 2. fejezetben összefoglaljuk az autonóm járműves szolgáltatástípusokat. A 3. fejezben részletezzük a kidolgozott módszert, majd a 4. fejezetben esettanulmányként bemutatjuk a módszer alkalmazását Budapesten. Végezetül a kutatás során levont következtetéseket és a továbbfejlesztés irányait foglaljuk össze.

1. Irodalomkutatás

A modal-share többféle megközelítés szerint számítható (pl. módonkénti utazások száma alapján, módonként elszállított utasok száma alapján, utasonként megtett távolság alapján). Mégis a leginkább kifejező eredményt az utasonként megtett távolság alapú számítás adja [utaskm]. A moda-share alapján számítható a modal-shift, vagyis a módok használatlának átalakulása.

Az autonóm járművek hatására bekövetkező modal-share változást vizsgáló tanulmányok is két csoportra bonthatók: forgalomszimulációval becsült adatok alapján, vagy felhasználói elvárások felhasználása. Szakértői interjúk alapján változatokat készítették a jövő városi közlekedésének összetételéről [3]. Az egyes változatokban 7-60% közé becsülték az önvezető járművek arányát a teljes flottán belül 2050-re. A változatok forgalomra gyakorolt hatásait modellezték. Szintén jövőképeket hasonlítottak össze ágens alapú modellezéssel Brunswick kisvárosban [7]; vél, az utazási idő alakulásának vizsgálata. A változatokban egyéni autonóm járműves használatot és megosztott autonóm járműves használatot is feltételeztek. A megosztott autonóm járműves szolgáltatások kivétel nélkül egyéni gépjárműhasználatot váltanak ki, ugyanakkor a modal-share értéke alacsony (2-3%). A kis értéket a kisvárosi jelleggel és az alacsony jelenlegi közforgalmú közlekedési és magas kerékpározási aránnyal magyarázták. A Szingapúrra készített szimulációban [8] azt feltételezték, hogy a kisforgalmú és a nagykapacitású közforgalmú közlekedési vonalra ráhordó autóbusz vonalakat kiváltja egy megosztott autonóm kisbuszos szolgáltatás. Azonban csak a közforgalmú közlekedési flotta változását vizsgálták, az egyéni gépjárműről történő váltási hajlandóságot nem. A szimuláció eredményeként a hagyományos autóbusz vonalaknak csak a 10%-a váltható ki egy ráhordó jellegű, megosztott autonóm járműves szolgáltatással.

A váltási hajlandóságot a várt előnyök is befolyásolják. Az utazási idő tekintetében a felhasználók kevésbé tekintik vonzónak a ride-sharing jellegű, férőhely megosztást alkalmazó autonóm járműves szolgáltatásokat a car-sharing jellegű, a járműhasználatot időben megosztó szolgálásokkal szemben [9]. Hasonlóan a kutatási célkitűzésünkhöz a jelenlegi módokról történő váltást vizsgálta Martinez és Viegas [10] is. Megközelítésükben ugyanakkor mindenkit „átültetnek” az egyéni járműhasználatot helyettestő taxi és a megosztott taxi jellegű kisbuszos autonóm járműves szolgáltatásokra. Az új szolgáltatások mellett a gyaloglás és a nagykapacitású közforgalmú közlekedés is megmarad. Feltételezések: csak a 300 méter feletti utazások helyettesíthetők, a taxi jellegű szolgáltatást főként az eddig egyéni gépjárművet használó, bérlettel nem rendelkező utazók használnák. A váltási hajlandóságot az utazók konkrét szándékának felmérése helyett utazói csoportokra határozták meg. A jellemző utazói csoportok képzéséhez népszámlálási adatokat és korábbi kutatások eredményeit használták. Kamel és társai az utazók személyes jellemzőinek hatását vizsgálták a megosztott autonóm járműves szolgáltatás használatára vonatkozóan [11]. Csak autonóm járműves car-sharing szolgáltatást feltételeztek; az utazók váltási hajlandóságát nem egyénenként, hanem csoportjellemzők alapján számították (pl. fiatal férfiak váltási hajlandósága nagyobb). A feltételezések alapján tevékenység-alapú multi-ágens modellel szimulálták a párizsi modal-share változását. A megosztott autonóm jármű arányát 3,8-5,3%-ra becsülték, a váltás főként egyéni gépjármű használatról történt, a közforgalmú közlekedés részaránya növekedett a ráhordó funkciójú autonóm járműves szolgáltatás használatának következtében. A megosztott autonóm járműhasználat hajlandóságát kinyilvánított preferencia vizsgálat alapján becsülték München városára [12]. Csak az egyéni gépjárműről történő váltást vizsgálták, miközben a gyaloglás, kerékpározás, közforgalmú közlekedés részarányát állandónak tekintették. Szimulációval vizsgálták különböző megosztott autonóm járműves flották hatását a járműszámra és az utaskilométerre. Megállapították, hogy 10 egyéni gépjárművet 4 megosztott autonóm jármű képes helyettesíteni, míg 5-13% közé becsülték az autonóm járművek modal-share arányát.

Az irodalomkutatás alapján megállapítottuk, hogy a szimulációs vizsgálatok többnyire nem veszik, vagy nem teljeskörűen veszik figyelembe az egyének váltási hajlandóságát. A legtöbb esetben feltételezésekkel élnek; az utazók megkérdezése helyett csak általános csoportjellemzőket vesznek figyelembe. A publikációk többnyire nem vizsgálják a teljes mobilitási palettát, az egyéni gépjárművekről történő váltást helyezik a vizsgálatuk fókuszába.

2. Mobilitási szolgáltatások átalakulása

A megjelenő autonóm járműves szolgáltatás várhatóan kiváltja az egyéni járműhasználat egy részét, valamint az ún. átmeneti közúti közlekedési módokat. Ezek tulajdonságaikat tekintve az egyéni gépjárműves és a nagy kapacitású, hagyományos közforgalmú közlekedés között helyezkednek el, például: taxi, car-sharing. Az új mobilitási szolgáltatás jellemzői: többnyire igényalapú, telematikai bázisú, mobil alkalmazáson előzetes rendeléssel vehető igénybe, megosztott, kis kapacitású autonóm közúti járművekre épül. Azonosítottuk a szolgáltatástípusokat, megkülönböztetve nagy mértékben rugalmas háztól-házig szolgáltatástípust, valamint kevésbé rugalmas, esetenként kötött útvonallal és menetrenddel rendelkező, nagykapacitású eszközre ráhordó szolgáltatástípust. Befogadóképesség alapján két jellemző járműtípus különböztethető meg: személyautó (max. 4 utas), kisbusz („pod") (5-15 utas). A szolgáltatástípusok a következők:

1. **taxi**: egyéni háztól-házig szolgáltatás tetszőleges pontok között, a jármű férőhelyeinek megosztása nélkül.
2. **megosztott taxi**: háztól-házig szolgáltatás tetszőleges pontok között, a jármű férőhelyeinek megosztásával, az utasok eltérő be- és kiszállási pontjait érintve.
3. **ráhordó kisbusz**: ráhordó szolgáltatás egy zónán belüli tetszőleges pontról nagy kapacitású eszköz megállóhelyéig az átszállást garantáló részben-kötött menetrenddel. A szolgáltatás ellenirányú, elhordó funkciója szimmetrikus.
4. **kijelölt útvonalú kisbusz**: többnyire ráhordó szolgáltatás kijelölt útvonalon, kijelölt megállók kiszolgálásával, kötött alapmenetrenddel, ugyanakkor nagyobb igény esetén kisebb követési idővel. [13]

Mivel a nagy volumenű igények gazdaságos kielégítése hagyományos, nagy kapacitású közforgalmú eszközökkel (pl.: villamos, metró) lehetséges, szerepük elsősorban a nagy forgalmú gyűjtővonalakon továbbra is jelentős marad a szerepük. Ugyanakkor várhatóan ezen járműveket is automatizálják. Az egyéni gépjárműveket a jövőben csak a legrugalmasabb utazási igények esetén használják. A lágy közlekedési formák, így a gyaloglás, kerékpározás aránya, valamint az újszerű mikromobilitási formák szerepe várhatóan jelentős marad, egyéni és megosztott használattal egyaránt.

A jövő városi közlekedési formái a következők:

- egyéni közlekedés:
  - nem motorizált: gyaloglás, kerékpár,
  - motorizált: egyéni autonóm jármű, motorkerékpár, egyéb mikromobilitási eszköz,
- közforgalmú közlekedés:
  - kis kapacitású:
    - nem motorizált: bike-sharing,
    - motorizált: megosztott autonóm közúti jármű, egyéb megosztott mikromobilitási eszköz,
  - nagy kapacitású: autonóm (pl.: busz, villamos) és magasan automatizált kötött pályás járművek (pl. metró).

3. Módszer: modal-share változás meghatározása

A kidogozott utaskilométer alapú modal-share meghatározási módszer adatforrása egy kinyilvánított preferencia alapú kérdőíves felmérés. A felmérésben a válaszadók váltási hajlandóságát mértük fel. Az összehasonlítás érdekében számoltuk a jelenlegi és a jövőbeli modal-share értékeket is.

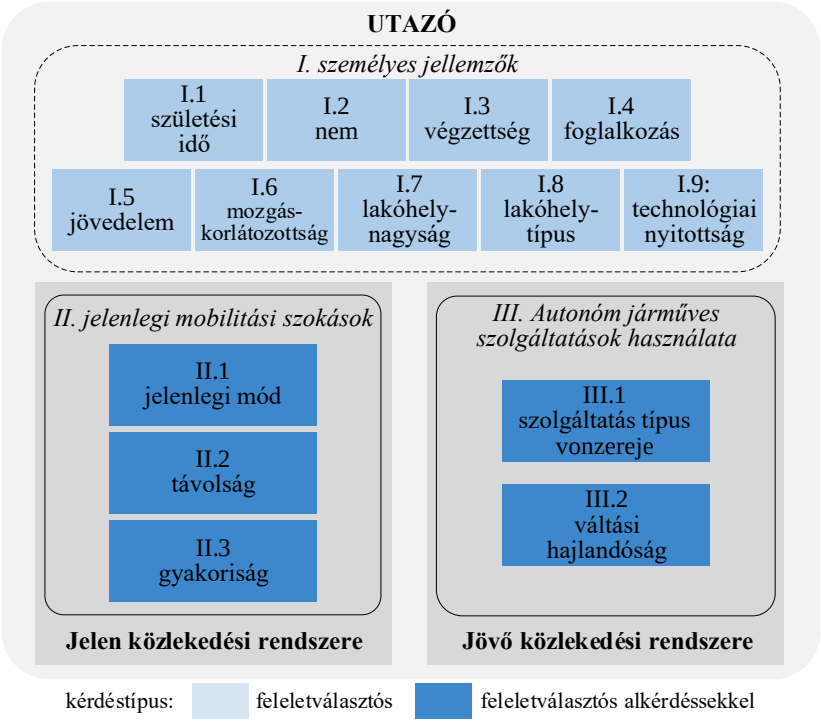
3.1 Kérdőíves felmérés

A nem, vagy kevésbé ismert tényekre vonatkozó felméréseknél, elvárások gyűjtésénél a kinyilvánított preferencia felmérése kérdőíves kutatással lehetséges; ekkor a kitöltő egy elképzelt szituációra adott véleményét gyűjtjük. Megtörtént utazásokról történő adatgyűjtés során feltárt preferenciák gyűjtése lehetséges (pl. háztartásfelvétel, helyszíni kikérdezés [14]). A kinyilvánított preferencia felmérés kockázata nagyobb, mivel lehet, hogy a valóságban a válaszadó másként fog vélekedni és viselkedni. Az autonóm járműves mobilitási szolgáltatások újszerűsége és így ismeretlensége miatt, csak kinyilvánított preferencia vizsgálatra van lehetőség a váltási hajlandóság felmérésénél. Mivel minden válaszadó máshogy értelmezhet egy kérdést, a kérdéseket világosan, renduncia mentesen fogalmaztuk meg [15]. Feleletválasztós kérdéstípust alkalmaztunk [16]; előre definiált válasz lehetőségek közül lehetett egyet, vagy esetleg többet választani.

A kérdőívben a következő kérdéscsoportokat különböztettük meg:

I. személyes jellemzők: a későbbi szűrésekhez, pontosabb elemzésekhez (pl. lakóhely szerint),
II. jelenlegi mobilitási szokások: a jelenlegi számított modal-share érték meghatározásához, illetve a modal-shift kiszámításához,
III. autonóm járműves szolgáltatások használata: a jövőbeli számított modal-share érték meghatározásához.

A kérdőív szerkezetét az 1. ábrán mutatjuk be. Egy kérdést egy doboz jelöl, a kérdéseket csoportokba rendeztük. Egy kérdés egy jellemzőre vonatkozik. Egy jellemző, mint változó, többféle értéket felvehet a válaszlehetőségek szerint. A II és a III. típusnál egy-egy kérdés az utazás motivációjára vonatkozó alkérdéseket is tartalmazhat (az ábrán eltérő színezés mutatja, hogy mely kérdés tartalmaz alkérdést). A következő motivációkat különböztettük meg: munka/tanulás, bevásárlás/ügyintézés, szabadidős tevékenység.



1. ábra: Kérdőív szerkezete

A jelenlegi mobilitási szolgáltatásra vonatkozó kérdéseknél (II) a válaszadó megadja, hogy

II.1 mely közlekedési módot használja leggyakrabban adott motivációjú utazásához. Jelenlegi közlekedési módok: gyaloglás, kerékpározás, egyéni gépjárműhasználat (sofőrként), egyéni gépjárműhasználat (utasként), közforgalmú közlekedés, kombinált közlekedés (egyéni gépjármű + közforgalmú közlekedés).
II.2 milyen távolságra utazik jellemzően az adott motivációjú utazásnál. Válaszlehetőségek: <1 km, 1-3 km, 3-5 km, 5-10 km, >10 km.
II.3 milyen gyakorisággal végzi az adott motivációjú utazást. Válaszlehetőségek: szinten mindennap (5-6 alkalom/hét), hetente többször (3-4 alkalom/hét), hetente néhány alkalommal (1-2 alkalom), havonta néhány alkalommal vagy ritkábban.

Mivel autonóm járműves mobilitási szolgáltatás Magyarországon jelenleg még nincs, ezért a kérdőív részletes leírást tartalmaz az autonóm járműves szolgáltatástípusokról. A használatra vonatkozó kérdéseknél (III) a válaszadó megadja, hogy

III.1 mely szolgáltatástípust használná a leginkább a jelenleg használt mód helyett adott motivációjú utazásnál, illetve
III.2 milyen arányban váltaná le a jelenleg használt közlekedési módot a kiválasztott autonóm járműves szolgáltatástípusra adott motivációjú utazásnál. Válaszlehetőségek: soha, minden második alkalommal, minden alkalommal.

A válaszlehetőségek értékkészlete változhat a kérdőív alkalmazási területének jellemzőinek függvényében (pl. III.2 kérdés). Az általunk megadott értékek magyarországi, városi utazásokra jellemzők.

3.2 Számítási módszer

A számítás során használt jelölések:

- k válaszadó indexe $k \in \mathbf{N}$,
- i jelenlegi közlekedési mód indexe i=1..4 (1: gyaloglás, 2: kerékpár, 3: egyéni gépjármű, 4: nagy kapacitású közforgalmú közlekedés),
- j autonóm járműves szolgáltatástípus indexe j=1..4 (1: taxi, 2: megosztott taxi, 3: ráhordó kisbusz, 4: kijelölt útvonalú kisbusz),
- m utazás motivációja m=1..3 (1: munka/tanulás, 2: bevásárlás/ügyintézés, 3: szabadidős).

A felmérésből a következő változók meghatározása szükséges:

- ${}_k^i l^m$ k válaszadó i móddal megtett utazási távolsága m motiváció esetén [km] (II.2. kérdés alapján),
- ${}_k^i f^m$ k válaszadó utazási gyakorisága i móddal m motiváció esetén adott időintervallumon belül [utazások száma/hónap] (II.3. kérdés alapján),
- ${}_k^i a_j^m$ k válaszadó váltási hajlandósága i módról j típusra m motiváció esetén [%] (III.2. kérdés alapján).

A válaszlehetőségekhez számértékeket rendeltünk a következő táblázatok szerint: 1. táblázat: utazási távolság (${}_k^i l^m$), 2. táblázat: utazási gyakoriság (${}_k^i f^m$), 3. táblázat: váltási hajlandóság (${}_k^i a_j^m$). Az utazási távolság változó értékei területenként eltérőek. A táblázatban megadott értékek budapesti utazásokra jellemzőek.

1. táblázat: utazási távolság változó értékei

kategória	${}_k^i l^m$
< 1 km	1
1-3 km	2
3-5 km	4
5-10 km	8
>10 km	12

2. táblázat: utazási gyakoriság változó értékei

kategória	${}_k^i f^m$
minden nap	20
gyakran	15
heti néhányszor	10
havi néhányszor	5

3. táblázat: váltási hajlandóság változó értékei

kategória	${}_k^i a_j$
minden alkalommal	1
minden második alkalommal	0,5
soha	0

1. lépés: jelenlegi modal-share

A kérdőív alapján számítottuk a jelenlegi modal-share értéket. ${}^iM$ jelöli az i mód jelenlegi, modal-share értékét (6.1):

$$ {}^iM = \frac{{}^iL}{\sum_i {}^iL} \tag{6.1}$$

ahol ${}^iL$ az i móddal megtett összes utazási távolság [km] (6.2). Valamennyi válaszadó, és minden motiváció összes utazási távolságát figyelembe vettük.

$$ {}^iL = \sum_m \sum_k {}_k^i l^m \cdot {}_k^i f^m \tag{6.2}$$

A modal-share érték motivációnként is kiszámolható $\left({}^iM^m\right)$, ekkor a motiváció szerinti összegzés a (6.2) egyenletben nem szükséges; az egyenlet eredménye ${}^iL^m$, az i móddal megtett összes utazási távolság m motiváció szerint.

2. lépés: jövőbeli modal-share

A jövőbeli moda-share érték számításánál megkülönböztettünk a jelenlegi módokra, illetve az autonóm járműves szolgáltatástípusra vonatkozó számításokat.

${}^iM^*$ jelöli a jövőbeli modal share értékét i módra (6.3), míg M_j^* a jövőbeli modal share értékét j típusra (6.4).

$$ {}^iM^* = \frac{{}^iL^*}{\sum_i {}^iL^* + \sum_j L_j^*} \tag{6.3}$$

$$M_j^* = \frac{L_j^*}{\sum_i {}^iL^* + \sum_j L_j^*} \tag{6.4}$$

ahol

${}^iL^*$ jelöli az *i* móddal megtett jövőbeli összes utazási távolságot (6.5). Kifejezi az *i* mód használatának mértékét a különböző *j* típusokra váltás után.

$${}^iL^* = {}^iL - \sum_j {}^iL_j^* \tag{6.5}$$

L_j^* jelöli az összes jövőbeli megtett utazási távolságot *j* típussal (6.6) az összes jelenlegi közlekedési módról történő váltás figyelembevételével.

$$L_j^* = \sum_i {}^iL_j^* \tag{6.6}$$

A jövőbeli összes utazási távolság kiszámításhoz összegzendő a *j* típus jövőbeli összes utazási távolsága jelenlegi *i* mód helyett a válaszadók motivációnkénti váltási hajlandósága alapján, ${}^iL_j^*$ (6.7).

$${}^iL_j^* = \sum_m \sum_k {}_k^il^m \cdot {}_k^if^m \cdot {}_k^ia_j^m \cdot {}^ic \tag{6.7}$$

ahol ${}^ic$ egy korrekciós tényező. A tényező kifejezi a valós modal-share (${}^iM_{real}$) és a számított modal-share (${}^iM$) arányát (6.8).

$${}^ic = \frac{{}^iM_{real}}{{}^iM} \tag{6.8}$$

Alkalmazása akkor szükséges, ha a kérdőíves felmérés nem reprezentatív a jelenlegi modal-share értékekre vonatkozóan. Az arányszámmal korrigálható az egyes jelenlegi módhasználatok mintán belüli alul vagy felül reprezentáltsága. A valós modal-share értékek hivatalos forrásból szerezhetők be. Amennyiben motivációnként is rendelkezésre állnak a valós modal-share értékek, akkor a számítás pontosítható és az ${}^ic^m$ motivációnkénti korrekciós tényező bevonható a (6.7) egyenletbe a motiváció szerinti összegzésbe.

Amennyiben a jelenlegi *i* módról a váltás ráhordó kisbuszos (*j*=3) vagy kijelölt útvonalú kisbuszos (*j*=4) típusra történik, akkor a jövőbeli mobilitási lánc kellően hosszú utazásoknál várhatóan egy megosztott autonóm járművet igénybe vevő ráhordó szakaszból és egy nagykapacitású közforgalmú közlekedési eszközzel végrehajtott szakaszból fog állni. A ráhordó szakasz utazási hosszát l_j jelöli. Értéke a vizsgált területen konstansnak tekinthető; a hálózat jellemzőitől függ. Ekkor a nagy kapacitású közforgalmú közlekedési eszközzel megtett távolságot ${}_k^il^m - l_j$ fejezi ki. Az így keletkezett, nagy kapacitású közforgalmú közlekedésre vonatkozó kiegészítő összes utazási távolság $\left({}^iL_{j=3,4}^*\right)$ a (6.9) egyenlet alapján számítható. Ez a távolság növeli az *i* móddal megtett jövőbeli összes utazási távolságot $({}^iL^*)$.

$${}^iL_{j=3,4}^* = \sum_m \sum_k ({}_k^il^m - l_{j=3,4}) \cdot {}_k^if^m \cdot {}_k^ia_{j=3,4}^m \cdot {}^ic \tag{6.9}$$

Különböző utazási motivációkra is kiszámolható a modal-share érték, ekkor a (6.2), (6.7) és (6.9) egyenleteknél az *m*-szerinti összegzés nem szükséges.

A módszer korlátja, hogy csak a megosztott autonóm járműves mobilitási szolgáltatástípusokra váltás hajlandóságát veszi figyelembe, más hatásokat (pl. lágy közlekedési formák népszerűsítése) figyelmen kívül hagy. Egyszerűsítésképp a ráhordó szolgáltatástípusokra (*j*=3, 4) váltás esetén az l_j ráhordó távolságot állandó értékként vesszük figyelembe, függetlenül a hálózat jellegétől. Továbbá, kombinált utazásoknál fele-fele arányban került szétosztásra a távolság az egyéni gépjárműhasználat és a közforgalmú közlekedés között a jelenlegi modal-share meghatározásánál. Ugyanezen kombinált utazásoknál ráhordó funkciójú autonóm járműves szolgáltatástípusra váltásnál csak az állandó l_j távolság került figyelembe vételre, az utazás maradék részénél feltételezzük a nagy kapacitású közlekedési eszköz igénybevételét. Ugyanakkor, a tendenciákra vonatkozóan a módszer korlátai mellett is helytálló következtetések vonhatók le.

4. Esettanulmány: módszer alkalmazása

A módszert a várható budapesti, városhatáron belüli modal-shift meghatározására alkalmaztuk. Országos kérdőíves felmérést végeztünk 2018 februárjában három héten keresztül. Összesen 510 válasz érkezett. Statisztikai mintavételes, vagy véletlenszerű mintás kikérdezés végrehajtására nem volt lehetőségünk. Így az eredmények nem reprezentatívak, mindazonáltal a relatíve nagy mintanagyság lehetővé teszi helytálló következtetések levonását. A személyes jellemzőkre vonatkozó kérdések esetében a lakóhelyre vonatkozó kérdést (I.7) használtuk szűrési feltételként, annak érdekében, hogy a célnak megfelelően, csak a Budapestieket vegyük figyelembe (a válaszadók 3/5-e budapestinek vallotta magát).

Budapesten a Budapesti Közlekedési Központ (BKK) 2012 óta rendszeresen végez modal-share méréseket azonos módszertan szerint. Háztartásfelvétel során minden év májusában 1000-1000 főt kérdeznek ki hétközi és hétvégi utazásairól. A modal-share értékét utazási kilométerek és utazás darabszám szerint is meghatározzák, megkülönböztetve gyalogos, kerékpáros, egyéni gépjárművel és közforgalmú közlekedési eszközzel végrehajtott utazásokat. 2018 óta erős csökkenés mutatkozik a közforgalmú közlekedést választók arányában és növekedés az egyéni gépjárművet használók arányában. Ezen tendenciák azonban nem a valóságot tükrözik, mert az eredmények torzulása visszavezethető a mérés során tapasztalt aktuális körülményekre (pl. szélsőségesen kedvezőtlen időjárás, késői mérési időpont); ilyen esetekben az egyéni gépjárműhasználók felülreprezentáltak.

A legutolsó megbízhatóbb referencia adatforrásnak a 2017-es felmérés tekinthető, ezért a kidolgozott módszer alkalmazásakor ezen adatokat használtuk. Mivel a kérdőíves felmérésünket 2018 elején végeztük, a válaszadók is főként az előző, 2017. évi utazásikra gondoltak, így a 2017-es BKK által mért modal-share adatok alkalmazását ez is alátámasztja. A 2017-ben a BKK által mért modal-share adatok: 11% gyaloglás, 2% kerékpározás, 40% egyéni gépjármű használat, 47% közforgalmú közlekedés.[1]

Mivel különböző motivációjú utazásokhoz tartozó modal-share adatok nem álltak rendelkezésre referencia adatként, így a kérdőíves felmérés során kapott munka, bevásárlás és szabadidő motivált utazásokat összesítettük.

1. lépés, jelenlegi modal-share: a 304 budapesti válaszadó adatai alapján számított, jelenlegi módokkal megtett összes utazási távolságokat ((6.2) egyenlet alapján) és a modal-share értékeket ((6.1) egyenlet alapján) a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Jelenlegi számított értékek

i	**közlekedési mód**	**1 gyaloglás**	**2 kerékpározás**	**3 egyéni gépjármű**	**4 közforgalmú közlekedés**	∑
${}^{i}L$ **[km]**	**összes utazási távolság**	2605	3850	20 205	42 845	118 235
M_i **[%]**	**jelenlegi modal-share**	4	5,5	29	61,5	100

2. lépés, jövőbeli modal-share: mivel a kérdőíves felmérés adatai alapján számított modal-share értéke nem egyezik meg a valós modal-share adatokkal, ezért ${}^{i}c^{m}$ korrekciós tényezőt alkalmaztunk a (6.8) egyenlet alapján: gyaloglás: 2,93, kerékpározás: 0,36, egyéni gépjármű: 1,38, közforgalmú közlekedés: 0,76.

A (6.5) – (6.7) egyenletek alapján a jelenlegi módokkal és az autonóm járműves szolgáltatástípusokkal megtett jövőbeli távolságok értékeket számoltuk. Ráhordó jellegű autonóm járműves szolgáltatástípusra váltás estén a közforgalmú közlekedéssel megtett utazási távolságot a (6.9) egyenlet alapján számoltuk. Ez az utazási távolság növekményként hozzáadódik a nagy kapacitású közforgalmú közlekedés jövőbeli modal-share értékéhez. A számítás során $l_{j=3,4} = 2$ értéket vettünk figyelembe, vagyis feltételeztük, hogy 2 km-es ráhordó szakasz átlagosan elegendő tekintve, hogy a budapesti nagy kapacitású közforgalmú közlekedési hálózat sűrű. Az 5. táblázatban összefoglaltuk, hogy a korrekciós tényezővel felszorzott jelenlegi közlekedési módokra jellemző utaskilométerek százalékosan hogyan rendeződnek át. Hány százalékát fogja lefedni az utaskilométereknek a jövőben is az adott mód, az egyes autonóm járműves szolgáltatástípusok, illetve, hogy a ráhordó funkció miatt mekkora lesz a nagy kapacitású közforgalmú

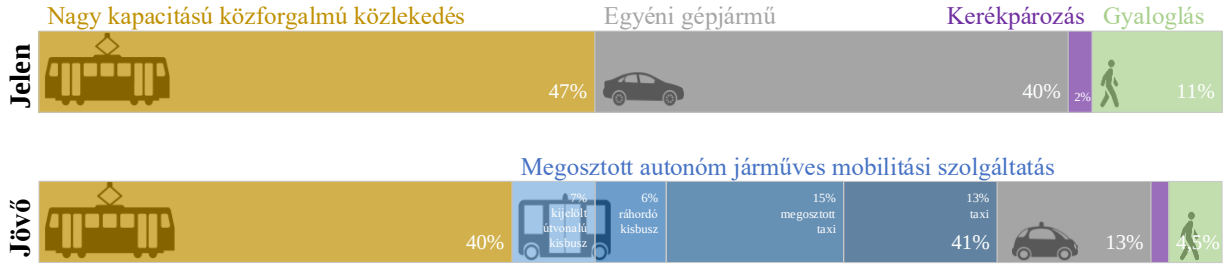
[1] adatok forrása: Budapesti Közlekedési Központ; Budapesti Mobilitási Terv

közlekedéssel lefedett növekmény. (Mivel csak az autonóm járműves szolgáltatástípusra történő váltási hajlandóságot vizsgáltuk, a módok közötti váltást bemutató cellákban nem szerepel érték.)

5. táblázat: Jelenlegi utaskilométer százalékos átrendeződése a váltási hajlandóság alapján [%]

[%]		közlekedési mód (*i*)				autonóm járműves szolgáltatástípus (*j*)				*i*
		gyaloglás	kerékpározás	egyéni gépjármű	közforgalmú közlekedés	taxi	megosztott taxi	ráhordó kisbusz	kijelölt útvonalú kisbusz	közforgalmú közlekedés növekménye
i	**közlekedési mód**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**4**
1	**gyaloglás**	39	-	-	-	9	19	9	14	10
2	**kerékpározás**	-	59	-	-	7	6	4	6,5	17,5
3	**egyéni gépjármű**	-	-	31	-	22	19	4	4,5	19,5
4	**közforgalmú közlekedés**	-	-	-	43	7	11,5	7	7,5	24

A számított jövőbeli modal-share értéket, a (6.3) és (6.4) egyenletek alapján a 2. ábrán mutatjuk be, feltüntetve a referencia értékként használt, a BKK által mért jelenlegi modal-share értéket.



2. ábra: Átalakuló modal-share
(jelenlegi modal-share adatok forrása, BKK, 2017-es adat)

Az 5. táblázat és a 2. ábra alapján megállapítottuk, hogy a kinyilvánított preferenciák alapján, az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető igényalapú, megosztott autonóm közúti járműves szolgáltatással főként a taxi és a megosztott taxi szolgáltatástípusokkal; hasonló megállapításra jutott Martinez és Vieges is [10]. A jelenlegi egyéni gépjárműveket használók váltási hajlandósága a legnagyobb, az utaskilométerre vonatkoztatott modal-share értéke a jelenlegi 40%-ról 13%-ra csökken; a jelenlegi egyéni gépjárműves utaskilométer 31%-a marad csak meg.

Számottevő a nagyobb távolságról utazók váltási hajlandósága. Ezt támasztja alá, hogy a nagy kapacitású közforgalmú közlekedés növekménye minden közlekedési mód esetében jelentős. Ugyanakkor a módszer itt az eredményeket kismértékben torzítja. Ráhordó autonóm járműves szolgáltatástípusra váltás esetén (j=3 és j=4) ugyanis egységesen 2 kilométeres ráhordó szakaszt vettünk figyelembe; feltételeztük, hogy az utazás 2 km feletti részét nagy kapacitású közforgalmú közlekedéssel teszi meg majd az utazó. Ebből adódik az 5. táblázatban, hogy az utaskilométer százalékos aránya kisebb ezen szolgáltatástípusoknál, de a nagy kapacitású közforgalmú közlekedés növekménye jelentős.

A gyaloglásról váltási hajlandóság is jelentős, különösen a hosszabb távú utazásoknál, ezt támasztja alá a nagyobb arányú ráhordó jellegű szolgáltatás választása. A kerékpárosok váltási hajlandósága a legkisebb, ugyanakkor a hosszabb távú utazások ráhordó jellegű autonóm járműves szolgáltatással történő kiváltása kerékpárosoknál is jelentős mértékű, amit a nagy kapacitású közforgalmú közlekedés növekménye támaszt alá.

A jelenleg közforgalmú közlekedést választók esetében is jelentős a váltási hajlandóság, ugyanakkor a hosszabb távú utazásoknál nagy arányban a ráhordó jellegű szolgáltatásokat választották; a nagy kapacitású közforgalmú közlekedés növekménye ebben az esetben a legnagyobb. Várhatóan az autonóm járműves szoláltatásokkal a kisebb kapacitású jelenlegi autóbuszos viszonylatok válthatók ki.

Összességében a közforgalmú közlekedés modal-share értéke ugyan csökken, de a ráhordó funkciójú szolgáltatások igénybevételének köszönhetően a mértéke nem jelentős. A kisbuszos ráhordó jellegű autonóm járműves szolgáltatások jellegükben közel állnak a hagyományos közforgalmú közlekedéshez. Ezek részarányát is figyelembe véve a közforgalmú közlekedés aránya jelentősen növekszik. A taxi jellegű szolgáltatások ugyan individuálisabb jellegűek, ugyanakkor a járműszám csökkenéséhez vezethetnek, mivel a járműveket egymás után többen használhatják.

Konklúzió

Az autonóm járműves szolgáltatástípusok bevezetése várhatóan a modal-share átalakulásához vezet. A váltási hajlandóságot személyes és utazási szokásjellemzők befolyásolják. A kutatásunk fő eredménye a modal-share változását meghatározó módszer, ami az utazók jelenlegi mobilitási szokásait és váltási hajlandóságát veszi figyelembe. Kidolgoztuk a kérdőív struktúráját és a gyűjtött adatok feldolgozási módszerét; elvégeztük a felmérést.

A módszer budapesti alkalmazásával megállapítottuk, hogy az egyéni gépjárművet használók között jelentős a váltási hajlandóság. Főként igényalapú taxi és megosztott taxi jellegű autonóm járműves szolgáltatás bevezetésével az egyéni gépjárműhasználat aránya jelentősen csökkenthető a jelenlegi 40%-ról 13%-ra. A legkisebb a váltási hajlandóság a kerékpárt használók, illetve a közforgalmú közlekedést választók körében. Jellemzően hosszabb távú utazásoknál azonban ezen utazók is váltanának autonóm járműves szolgáltatástípusra, ugyanakkor körükben népszerűbbek a kevésbé rugalmas nagy kapacitású közforgalmú közlekedési eszközre ráhordó szolgáltatástípusok.

Mivel egyszerű kérdőívre és általános módszer kidolgozására törekedtünk, ezért egyszerűsítéseket vezettünk be, és a változók értékének becsléséhez kategóriákat alkalmaztunk. A kidolgozott módszer pontosítható a bevezetett egyszerűsítések feloldásával (pl. eltérő hosszúságú ráhordó szakaszok használata területenként), valamint kategória értékek helyett pontos értékek alkalmazásával. Pontosabb eredmények érhetők el reprezentatív kérdőíves felmérés elvégzésével is.

A tématerületben rejlő kutatási potenciál jelentős, így a kutatást számos irányban folytatjuk. Feloldjuk az egyszerűsítéseket, továbbá más hatások becsléséhez is kidolgozunk az utazók elvárásait figyelembe vevő, kvantitatív módszereket (pl. területhasználat változása).

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP-MI/FM) tématerületi programja keretében.

Irodalomjegyzék

[1] Alessandrini A. - Campagna A. - Site P. D. - Filippi F. - Persia L.: Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. Transportation Research Procedia, 5:145-160, 2015. DOI: 10.1016/j.trpro.2015.01.002

[2] Fagnant D. J. - Kockelman K.: Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 77:167-181, 2015. DOI: 10.1016/j.tra.2015.04.003

[3] Milakis D. - Snelder M. - van Arem B. - van Wee G.P. – Correia H. A. G.: Development of automated vehicles in the Netherlands: scenarios for 2030 and 2050. European Journal of Transport and Infrastructure Research, 17(1):63-85, 2017. DOI: 10.18757/ejtir.2017.17.1.3180

[4] Gruel W - Stanford J.M.: Assessing the long-term effects of autonomous vehicles: a speculative approach. Transportation Research Procedia, 13:18-29, 2016. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.003

[5] Nordhoff S. - de Winter J. - Madiga R. - Merat N. - van Arem B. - Happee R.: User acceptance of automated shuttles in Berlin-Schöneberg: A questionnaire study. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 58:843-854, 2017. DOI: 10.1016/j.trf.2018.06.024

[6] Bansal P. - Kockelman K.M. - Singh A.: Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 67:1–14, 2016. DOI: 10.1016/j.trc.2016.01.019

[7] Cyganski R. – Heinrichs M. – von Schmidt A. – Krajzewicz D.: Simulation of automated transport offers for the city of Brunswick. Procedia Computer Science, 130:872-879, 2018. DOI: 10.1016/j.procs.2018.04.083
[8] Shen Y. – Zhang H. – Zhao J.: Integrating shared autonomous vehicle in public transportation system: A supply-side simulation of the first-mile service in Singapore. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 113:125-136, 2018. DOI: 10.1016/j.tra.2018.04.004
[9] Kolarova V. – Steck F. – Bahamonde-Birke F. J.: Assessing the effect of autonomous driving on value of travel time savings: A comparison between current and future preferences. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 129:155-169, 2019. DOI: 10.1016/j.tra.2019.08.011
[10] Martinez L. M. –Viegas J. M.: Assessing the impacts of deploying a shared self-driving urban mobility system: An agent-based model applied to the city of Lisbon, Portugal. International Journal of Transportation Science and Technology, 6(1):13-27, 2017. DOI: 10.1016/j.ijtst.2017.05.005
[11] Kamel J. – Vosooghi R. – Puchinger J. – Ksontini F. – Sirin G.: Exploring the Impact of User Preferences on Shared Autonomous Vehicle Modal Split: A Multi-Agent Simulation Approach. Transportation Research Procedia, 37:115-122, 2019. DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.173
[12] Moreno A. T. – Michalski A. – Llorca C. – Moeckel R.: Shared Autonomous Vehicles Effect on Vehicle-Km Traveled and Average Trip Duration. Journal of Advanced Trasnportation, Article ID 8969353, 2018. DOI: 10.1155/2018/8969353
[13] Földes D. – Csiszár Cs.: Utazói elvárások az autonóm járműveket alkalmazó mobilitási szolgáltatásoknál. Közlekedéstuományi Konferencia, 315-325, március 22-23, Győr, Magyarország, 2018.
[14] Winkler Á.: A New "On-the-spot" Method to Discover Passenger Preferences in Public Transport. Transport Research Arena 2010: Greener, Safer and Smarter Road Transport for Europe, Brussels, Belgium, 2010.
[15] Hosseininasab, A.: Regularisation and reliability assessment of data in survey analysis. International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies, vol. 7, no. 3, pp. 284-300, 2015. DOI: 10.1504/IJDATS.2015.071368
[16] Haladyna, T.M.: Guidelines for Developing MC Items. Developing and Validating Multiple-Choice Test Items. Routledge Taylor & Francis Group, pp. 97-127, 2011.

Analysis of Driver-Pedestrian Interactions at Pedestrian Crossings

Samah Salman[1] – Dr. Dániel Miletics[2]

[1]**Széchenyi István University, Department of Transport**
telephone: +36 30 197 0564
e-mail: samahsalman1988@gmail.com

[2]**Széchenyi István University, Department of Transport**
telephone: +36 70 632 1230
e-mail: mileticsd@sze.hu

Abstract: The aim of this study is to investigate and analyse the behaviour of drivers and pedestrians and their communication strategies at pedestrian crossings. Also, to investigate the effects of road infrastructure design and quality on traffic safety where an online questionnaire was applied for 170 road users. The questionnaire included questions about the behaviour of drivers and pedestrians at three types of intersections (uncontrolled roundabouts, priority junctions nod signalized intersections). It also included questions about the communication between drivers and pedestrians at these sections and different questions about road infrastructure and road signs.

Another investigation method was used in this study which is a site survey. It was conducted at two different road sections (uncontrolled roundabout and normal zebra crossings) at three different locations for each. Traffic counting was made at each site and the behaviour of pedestrians and drivers and their mutual communication were observed based on video recording.

The study also included a literature review about the effects of road infrastructure on traffic safety and the behaviour and communication methods between road users at pedestrian crossings. In addition, an introduction to the behaviours and communication of road users in the case of automated vehicles.

The study provides behavioural and infrastructural recommendations and highlights the future work plan.

Keywords: Pedestrian; Driver; Communication; Eye contact; Gestures; Behavior; Traffic safety.

Introduction

Pedestrians and cyclists are one of the most important indicators of health and safety of society. High level of pedestrians and cyclists indicates that one community is healthier and safer than others with a low level of pedestrians and cyclists.

Nowadays, new transportation modes try to involve pedestrians and cyclist as one of its most important users and most of the communities and modern cities are moving towards sustainable cities.

A sustainable city, smart city or urban city can be described as a city which is designed with consideration for environmental, social and economic impacts [1]. This city is also populated by people who are consecrated towards minimization of inputs and outputs of energy, water, food, waste, heat, pollution, and CO2.

A sustainable transportation system promotes the utilization of all transportation resources with minimal environmental impacts [2]. This sustainability can be achieved by having diverse transportation system and engaging non-motorized transportation such as walking and cycling in this system as an important transportation mode [3].

On the other side, automated vehicles which also called robot cars or driverless cars are entering progressively the road system and a lot of researches has been conducted in order to develop this new technology and study the interaction between automated vehicles and other road users.

The new technology has potential benefits such as improve safety on the road, increase mobility, reduce accidents, increase the fuel efficiency of a vehicle, and significantly reduce parking spaces.

However, the most important thing before introducing this technology to our roadway system is to test and survey how will robot cars interact with non-automated road user.
Before that, it is fundamental to study the interactions between vulnerable road users and conventional vehicles as the base for the case of automated vehicles.
This study will focus only on the pedestrians as vulnerable road users hoping to involve cyclists in the future.

Moreover, this study will highlight the effect of road infrastructure and traffic signs on traffic safety.

1. Literature review

According to OECD [4], most of the traffic accidents and injuries to pedestrians occur in urban areas, especially at facilities that have been designed for pedestrian, e.g. pedestrian crossings (zebra crossing), cyclist's lanes and cyclists tracks which means that more attention and care should be paid when designing these facilities and more studies should be conducted in order to figure out the designing mistakes and how it can be improved.

More than 20% of crashes in the United Kingdom happen in places where people should be safe. E.g. pedestrian crossing. Also, most the accidents happen pedestrians while crossing the streets at zebra crossings or another kind of pedestrian crossing, 90% of pedestrians' accidents in the United Kingdom happened in such conditions [4].

10% of these accidents happened because the drivers maybe find difficulties in recognizing pedestrians because of the dark, lack of signs or lack of visibility of pedestrians and traffic [4].

Habibovic et al. [5] stated that interactions between vehicles and pedestrians are complex and often affected by various factors (Figure 1) such as: vehicle speed and type, traffic density and size of the gap between the vehicles, road geometry and road signs, weather and light conditions, crossing speed, etc.

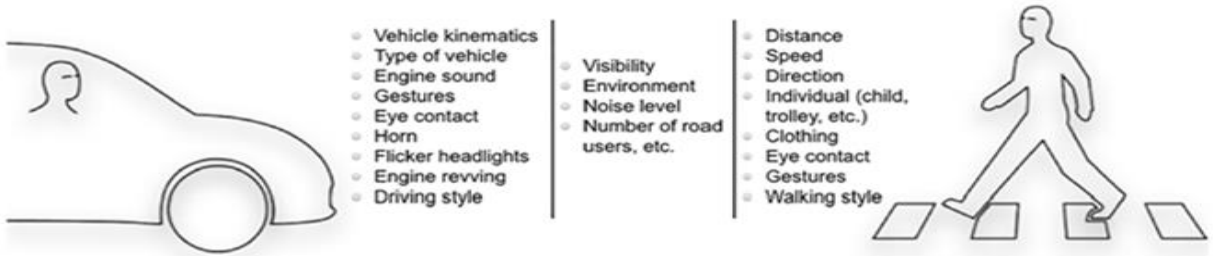


*Figure 1. There are several cues that are important in the current vehicle-pedestrian interaction. (source: **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**)*

Pedestrians don't always have the right of way at pedestrian crossings which means that drivers will not always stop for pedestrians at these crossings. A study of the EU funded'Save our Life' project **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** analyzed the situation at pedestrian crossings and found the following results (Table 1).

Table 1. 'Save our life' project analyzed situations [6]

Situation	% of yield
Car do not stop for coming pedestrian	26.67 %
Car do not stop for waiting pedestrian	15.00 %
Car stops for coming pedestrian	30.00 %
Car stops for waiting pedestrian	10.00 %
Pedestrian extorts the yield	18.33 %

Šucha studied **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** the behavior of pedestrian and drivers at crosswalks based on site surveys in the city of Olomouc. He found that 36% of the drivers didn't yield to pedestrian, 47% just slowed down and only 17% stopped. Regarding pedestrian behaviour it was found that 46% of the pedestrians waited until cars stopped, 18% waited until cars slowed down and 2% stepped

onto the carriageway even if the cars were not slowing, the rest of the pedestrians had to wait because they didn't get the priority from cars.

Šucha also investigated the communication methods between pedestrians and drivers in the same study. He found that 61% of the drivers didn't explicitly communicate with the pedestrians, 34% eye contacted and 5% waved to pedstrians. 84% of the pedestrians showed their intention to cross by searching for eyecontact with the driver, 9% stepped on the road, 4% were waving and 2% were communicating „thank you" to the drivers. 1% of the pedestrians didn't show any intention to cross the road.

However, Dey&Terken **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** stated that explicit communication methods are not as important as they are expected to be. They observed that communication between pedestrians and drivers is rare in most cases and pedestrians always look at the oncoming traffic but it is not necessary to make eye contact with the drivers because pedestrians consider the approaching car as an entity and it doesn't matter who is driving this car, the most important thing is to recognize that the car is slowing down or stopping for them to cross.

Habibovic et **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** al explored the interaction between automated vehicles and pedestrians in two experiments using "a Wizard of Oz approach to simulate automated driving". The first test was conducted at a zebra crossing and involved nine pedestrians. While "it focused mainly on assessing the usability of the interface, it also revealed initial indications related to pedestrians' emotions and perceived safety when encountering an AV with/without the interface". The second test was conducted in a parking lot and included 24 pedestrians, which enabled a more precise assessment of pedestrians' recognized safety when encountering an automated vehicle, both with and without the interface.

Habibovic et al "investigated the communication needs of pedestrians in interactions with AVs by exploring a technical means for communication". "The automated vehicle interaction principle (AVIP) is an external vehicle interface that communicates the mode and intent of AVs to pedestrians (and other road users), and thereby functions as a replacement for the current driver-pedestrian interaction".

Habibovic et al, found in the first experiment at zebra crossing that "eight out of nine pedestrians noticed the AVIP, but they failed to interpret its function". However, after the short training, the pedestrians were more successful in the interpretation of the AVIP signals and seven out of nine pedestrians succeeded in interpreting the "I'm in automated mode" signal. The rest reported that "they were confused about who was in control of the vehicle". All pedestrians successfully interpreted the other three signals. In addition, the pedestrians felt confident in their interpretations of the signals.

Also, when encountering the AV without the AVIP, only one out of nine pedestrians stated that "they would start crossing before the vehicle stopped completely". But, when AVIP is activated this number increased to three.

Habibovic et al results for the second experiment in the parking lot were found to be almost the same for the first experiment at zebra crossing where the pedestrians were able to interact with the AVIP after a short explanation.

When the AVs technology enters our roadway system, just like any unfamiliar technology, it will be hard at the beginning for road users to encounter and interact with AVs and that will lead to a lot of safety problems in our roads hence, the AVIP is considered as a good idea to improve safety in interactions between automated vehicles and other road users. Moreover, training sessions for these signals should be conducted for all road users in order to understand the AVIP and be able to deal with it.

2. Methodology

In this study, two methods were used in order to identify and understand the mutual behavior and communication between road users and the effects of road infrastructure on road safety.

The first method is a questionnaire, which is a cross-sectional study, with descriptive nature and based on categorical and quantitative data.

Quantitative research was made to determine and understand the communication between drivers and vulnerable road users (pedestrians) and how can road infrastructure influence the safety on these roads.

An online survey was applied to 170 road users; the questions of this survey were based on the Scale for the Measurement of Attitudes Towards traffic communication as mentioned before but were modified for the purpose of the study, additionally, some other questions were added for categorization purposes.

SPSS was used to analyze the data and measure the hypothesis.

The second method is a practical study in chosen sites in the city of Györ. These sites were chosen carefully according to the most dangerous zones in road infrastructure with the high traffic flow and high possibility of road accidents. Two sites were selected the first one is a pedestrian crossing at an uncontrolled roundabout and the second one is a pedestrian crossing at a normal straight road section. The mutual behavior and communication between pedestrians and drivers were observed in both sites.

3. Results and conclusions

3.1 Questionnaire results

SPSS was used to analyze the respaces.

- Hypotheses1 and 2:

H1: Communication between drivers and pedestrians is rare in the presence of traffic lights. (Accepted)

H0: Communication between drivers and pedestrians is not rare in the presence of traffic lights.

Table 2. Descriptive Statistics for pedestrians' communication at pedestrian crossings

	Mean	Std. Deviation	Analysis N
As a pedestrian, I don't look at the driver's eye or check the traffic when I cross the street at roundabout.	**1.96**	1.071	170
As a pedestrian, I don't look at the driver's eye or check the traffic when I cross the street at priority junction.	**2.04**	1.048	170
As a pedestrian, I don't look at the driver's eye or check the traffic when I cross the street at signalized intersections.	**2.29**	1.118	170

As is evident by looking at the mean (2.29>2.04>1.96), people don't look at the driver's eye or check the traffic when they cross the street at signalized intersections (table2).
On the contrary, people tend to look at the driver's eye or check the oncoming traffic when they cross the street at propriety junctions and uncontrolled roundabout more.

As a conclusion, communication between pedestrians and oncoming traffic is not common at signalized intersections which is where the presence of traffic lights reduces the need for such communication.

H1: Uncontrolled roundabout and priority junctions are more dangerous zones for pedestrians than signalized intersections. (Accepted)

H0: Uncontrolled roundabout and priority junctions are not more dangerous zones for pedestrians than signalized intersections.

In the same framework, no need for communication between drivers and pedestrians at signalized intersections means that the presence of traffic lights helps to coordinate the traffic and lead to more safety and fewer accidents. As a conclusion, signalized intersections are safer than uncontrolled roundabout and priority junctions.

- Factor analyses for pedestrians' behavior:

Factor analyses have been made for pedestrians' behavior at pedestrian crossings in order to investigate which behavior is the most common between pedestrians (Table3).

By looking at the mean one can conclude the most common behavior for pedestrians at pedestrian crossings is crossing while talking on cell phones or listening to music on headphones (2.9) which can be a distraction for pedestrians while crossing and will lead to a low level of communication between pedestrians and drivers.

It is interesting to know that a large percentage of pedestrians cross without looking when following people who are crossing where this behavior is the second common behavior for pedestrians at crosswalks (2.64).

Table 3. Descriptive Statistics for pedestrians' behavior at pedestrian crossings

	Mean	Std. Deviation	Analysis N
As a pedestrian, I cross without looking when following people who are crossing.	**2.64**	1.150	170
As a pedestrian, I don't use pedestrians crossing and I cross anywhere.	**2.37**	1.065	170
As a pedestrian, I cross at pedestrians crossing even if vehicles are coming because I think they will stop for me.	**2.39**	1.152	170
As a pedestrian, I cross while talking on my cell phone or listening to music on my headphones.	**2.90**	1.229	170
As a pedestrian, I cross the street even though the pedestrians light is red.	**1.93**	1.018	170

As a conclusion, most of the people, they cross the street while talking on cell phones or listening to music on headphones hence they tend to follow other people who are crossing without looking and without any communication with the oncoming traffic.

Furthermore, by looking at the "deviation", the less is the number of deviation the more people answer with the same response. In (Table 3), for the statement "as a pedestrian, I cross the street even though the pedestrians light is red" the deviation is "1.018" which means that most of the respondents answer with the same response, here "strongly disagree" and "disagree".

- Factor analyses for drivers' questions:

(Table 4) shows a descriptive Statistics for drivers' responses about road infrastructure and road signs.

By looking at the mean one can conclude that infrastructure quality and deign playing a major role in the driving behavior where the mean is (3.88, 3.83) respectively.

On the other hand, traffic signs are almost understandable for most drivers where the mean is (2.75).

Table 4. Descriptive Statistics for drivers

	As a driver, the design of road infrastructure plays a major role in my driving behavior. E.g. Curvy road with slopes, visibility of pedestrians and traffic signs.	As a driver, the quality of road infrastructure plays a major role in my driving behavior. E.g. smoothness of the road surface.	As a driver, sometimes it's hard to understand traffic signs.
Mean	**3.83**	**3.88**	**2.75**
N	170	170	170
Std. Deviation	.836	.885	.990

3.2 Field study results

The average results for each case are presented in (Table 5).

Table 5. Results of the site survey

Pedestrians and drivers behavior and communication methods		Uncontrolled roundabout (locations A1, A2, A3)	Normal zebra crossing (locations B1, B2, B3).
		Percentage %	
Pedestrians' behavior	Stepping on the road (claim their right of way)	57.24%	57.77%
	Waiting at the edge of the road until the oncoming vehicle slows down	24.23%	25.83%
	Waiting at the edge of the road until the oncoming vehicle totally stops	18.53%	16.4%
Pedestrians' communication methods	Gesture with the head or wave with hand to tell the drivers about their intention of crossing the street	16.77%	18.4%
	Eye contact with the driver	6.2%	6.5%
	No commination at all	77.03%	75.46%
Drivers' behavior	Drivers who yield or stop at pedestrian crossings	76.16%	72.53%
	Drivers who don't yield or stop at pedestrian crossings	23.84%	27.47%
Drivers' communication methods	Gesture	6.7%	8.82%
	No communication	93.3%	91.18%

The results show almost similar outcomes concerning the behavior and communication for both pedestrians and drivers in both discussed cases.

The site observation shows that behavior of pedestrian at pedestrian crossings can be divided into three major categories: crossing the street even if a vehicle is coming (claiming priority), waiting for the vehicle to slow down and waiting for the vehicle to totally stop.

The results show similar behavior in both sites (uncontrolled roundabouts and normal zebra crossings) and most of the pedestrians stepping on the road even if they saw an oncoming vehicle because they

them (57.24%, 57.77%) respectively for both cases.

The rest of the pedestrians either stop on the edge of the road until the oncoming vehicle slows down for them as a confirmation for them to cross or wait for the vehicle until it comes to completely stop.

The site observation confirms that most of the pedestrians don't communicate with drivers at all and don't use any means of communication when the cross the street at normal crossing (75.46%) and also at uncontrolled roundabouts (77.03%) which means that in most of the cases, pedestrians just check the traffic before crossing without any need for a communication with the drivers. They consider the oncoming vehicle as an entity and it doesn't matter who's driving this vehicle it's just important for them to identify that this vehicle is slowing down or stopping for them and in most of the cases it is not necessary to make eye contact or a gesture which confirms Dey&Terken results.

Furthermore, the gesture or the eye contact is only used when the pedestrians recognize something different in the drivers' behaviors and they want to search for a confirmation for them to cross. E.g. if they are expected the oncoming vehicle to slow down or to stop and give them right of way and this didn't happen, in this case, it is necessary for the pedestrians to communicate with drivers either with a gesture or an eye contact with will tell the driver "I want to cross".

The site observation showed also similar results regarding the behavior of drivers at pedestrian crossings in both chosen sites (uncontrolled roundabouts and normal zebra crossings).

The results confirm that most of the drivers always give priority to pedestrians at crosswalks. These drivers will stop when they see a pedestrian aproaching or standing on the edge of the road even if sometimes this pedestrian doesn't want to cross the street (76.16%, 72.53%) respectively for both cases.

The rest of the driver take advantage of the absence of the traffic lights at these crosswalks and don't stop for the pedestrians.

Furthermore, the communication between drivers and pedestrians at crosswalks was almost the same in both sites (uncontrolled roundabouts and normal zebra crossing).

The site survey showed that the majority of the drivers don't communicate with pedestrians at pedestrian crossings. The drivers just check the traffic at these facilities and then decide to stop or deaccelerate or not depending on the presence of pedestrians at crosswalks without the need for any communication with pedestrians (at uncontrolled roundabout, at normal zebra crossings).

On the other hand, the rest of the drivers make a gesture as means of communication that tells the pedestrian "I see you, you can cross" such as waving with hand, flashing with lights or head movement.

4. Recommendations

For the above introduced problems two types of measures can be recommended: behavioral measures and infrastructural measures.

Training lessons for drivers: these lessons of awareness will teach the drivers that they have to stop for the pedestrians and give them the priority at pedestrian crossings.

Raised crossings: the raised crossings force drivers to slow down where the height of the pavement is raised to the level of the sidewalk. This will improve traffic safety at crosswalks.

Visible road signs: pedestrian crossings should be provided with visible pedestrian signs in a suitable place which will help the drivers to recognize the crosswalks and stop for pedestrians.

3D crosswalks: this new design will force the drivers to slow down as it is more visible than the normal pedestrian crossings. When the drivers noticed the 3D crosswalks they will automatically step on the brake which will increase safety at these crossings

Conclusions

This study has been conducted in order to define the behavior of pedestrians and drivers at pedestrian crossings and to identify their methods of communication as an introduction to the communication with automated vehicles.

An online questionnaire was applied for 170 road users and a site study was conducted for six different locations to assess the behavior of road users at crosswalks and how do they communicate at pedestrian crossings.

The questionnaire results and the site survey shows a low level of communication between pedestrians and drivers at crosswalks and communication is only used when one of them didn't do what was expected for him to do, only in this case pedestrians and drivers communicate with each other's to express their intentions.

All of this will help in case of automated vehicles where if this automated vehicle did what was expected to do at pedestrian crossings by using an interface which tells pedestrians about the expected behavior of the vehicle. E.g. "I'm in automated mode", "I'm about to yield", "I'm waiting" and "I'm about to start driving" as mentioned in the literature review. Also, pedestrians should be trained to interact with automated vehicles.

Moreover, the questionnaire results showed that road infrastructure quality and design play a major role in the driving behavior and more attention should be paid for the design and quality of infrastructure to order to improve traffic safety at pedestrian crossings as mentioned in the recommendations, especially that most pedestrian accidents occur at pedestrian crossings where they supposed to be safe.

Acknowledgement: The research presented in this paper was carried out as part of the "Dynamics and Control of Autonomous Vehicles meeting the Synergy Demands of Automated Transport Systems (EFOP-3.6.2-16-2017-00016)" project in the framework of the New Széchenyi Plan. The completion of this project is funded by the European Union and co-financed by the European Social Fund.

References

[1] Ranasinghe, WC and Hemakumara, GPTS (2018), Spatial modelling of the householders' perception and assessment of the potentiality to improve the urban green coverage in residential areas: A case study from Issadeen Town Matara, Sri Lanka, Ruhuna Journal of Science,Vol 9(1)

[2] G. Tiwari "Urban transport priorities meeting the challenge of socio-economic diversity in cities, a case study of Delhi, India Cities", 19 (2002), pp. 95-103

[3] R. Risser, "Behavior in traffic conflict situations," Accident Analysis & Prevention, vol. 17, no. 2, pp. 179–197, 1985.

[4] OECD (1998) Safety of vulnerable road users. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Paris.

[5] Azra Habibovic, Victor Malmsten Lundgren, Jonas Andersson, Maria Klingegård, Tobias Lagström, Anna Sirkka, Johan Fagerlönn, Claes Edgren, Rikard Fredriksson, Stas Krupenia, Dennis Saluäär and Pontus Larsson (2018). Communicating Intent of Automated Vehicles to Pedestrians, Frontiers in Psychology | www.frontiersin.org , | Volume 9 | Article 1336.

[6] 'Save our life' - European Programme of Territorial Cooperation, Győr - Budapest, Hungary, 2012.

[7] Matúš Šucha, (2014). On-site observation of driver pedestrian interaction at zebra crossings, Palacky University in Olomouc, Department of Psychology, Czech Republic.

[8] Debargha Dey, Jacques Terken (2017). Pedestrian Interaction with Vehicles: Roles of Explicit and Implicit Communication, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands.Irodalomjegyzék felsorolás

[9] Azra Habibovic, Victor Malmsten Lundgren, Jonas Andersson, Maria Klingegård, Tobias Lagström, Anna Sirkka, Johan Fagerlönn, Claes Edgren, Rikard Fredriksson, Stas Krupenia, Dennis Saluäär and Pontus Larsson (2018). Communicating Intent of Automated Vehicles to Pedestrians, Frontiers in Psychology | www.frontiersin.org , | Volume 9 | Article 1336.

Autonomous Electric Vehicle Open Platform for Education and Research

Ádám Kisari[1] - Ernő Simonyi[1] - Huba Somogyi[2] - Péter Kőrös[2]
Benedek Szűcs[1] - Gábor Rödönyi[1] - Alexandros Soumelidis[1]

[1]**Institute for Computer Science and Control, Systems and Control Lab (SZTAKI SCL)**
e-mail: kisari@sztaki.hu, {simonyi, rodonyi, soumelidis}@sztaki.hu

[2]**Széchenyi István University, Research Center of Vehicle Industry (SZE-JKK)**
e-mail: somogyi.huba@sze.hu, korosp@ga.sze.hu

Abstract: A simple low cost and flexible architecture is developed mainly by university students with the purpose of supporting education and research on the field of autonomous vehicles. A pure electric vehicle is equipped with additional on-board computational units, sensors and actuator interfaces connected by Controller Area Network. This paper presents the status of the project with focus on the hardware and control architecture. The system is validated by path tracking and obstacle avoidance experiments.

Keywords: Autonomous vehicle, Control, Education, System architecture

Introduction

The intense international research on autonomous driving is motivated by the challenges of the worldwide overloaded traffic networks. Cooperating autonomous vehicles are significant components in a well-organized future multi-modal traffic infrastructure by means of improving car safety and efficiency in many aspects such as travel time, energy efficiency and reduced emission. To support research and education on this multidisciplinary field, a project is initiated by the Institute for Computer Science and Control (SZTAKI) and the Research Center of Vehicle Industry (JKK) with the purpose of developing platforms for autonomous and cooperative driving. Universities and non-profit research laboratories are invited to contribute to development of this open platform.

In this paper we aim to present the current state of the platform created in collaboration with Széchenyi István University, Győr (SZIE), Budapest University of Technology and Economics (BME), JKK and SZTAKI. The focus of the presentation is on the hardware and control architecture.

The paper is organised as follows. In section I., we present the hardware architecture of the platform. In Section II., the software components are discussed, and finally, path tracking and obstacle avoidance experiments validate our results.

Figure 1. The test vehicle

1. System Overview

The selected model for the project is a Nissan Leaf. An image of the vehicle is shown in Figure 1. It is an all-electric five door hatchback. This model was among the first fully electric production cars that gained reasonably big market share. Currently the Leaf is the world's all-time best-selling highway-capable electric car.

The system the electric car is equipped with and that the project participants develop, includes sensors, actuator interfaces, computers and batteries. The main requirements against the system are the following

- The architecture must be flexible and adaptable to enable the interconnection and cooperation of plug and play components
- At the same time it must provide fundamental services such as low level control of the actuators, availability of local sensors and basic environmental sensing
- Should provide enough computing power to develop and demonstrate environment detection and autonomous control functionalities

1.1 Hardware architecture

The hardware architecture of the system is shown in Figure 2. The main components are

- Actuator Interfaces,
- Safety Management Unit (SMU),
- Driver Interface,
- Computational Units,
- Environmental Sensors, and
- Local Sensor Interfaces.

The main components are described in the subsequent subsections.

1.2 Basic Infrastructure

The chassis of the vehicle was modified the least possible amount. A weatherproof cable entry was necessary on the roof and an other for the engine compartment. The glove box was removed to house parts of the on-board electronics, however most of the added hardware was fitted in the trunk. This can be seen in Figure 3.

We installed a power supply system that is separated from the vehicle's power lines. This way we can achieve better control and longer battery life for our test runs. Most of our electronics run on 12V but we also have AC 220V outlets for convenience.

The vehicle is fitted with a local Ethernet network and a Wi-Fi enabled router. The 4G/LTE antennas providing continuous internet access are mounted on the roof for better reception. The system will be extended with more V2X communication devices in the near future, when the local V2X infrastructure (at our test grounds, and at a few selected national highways and rural roads) will be built with road side units.

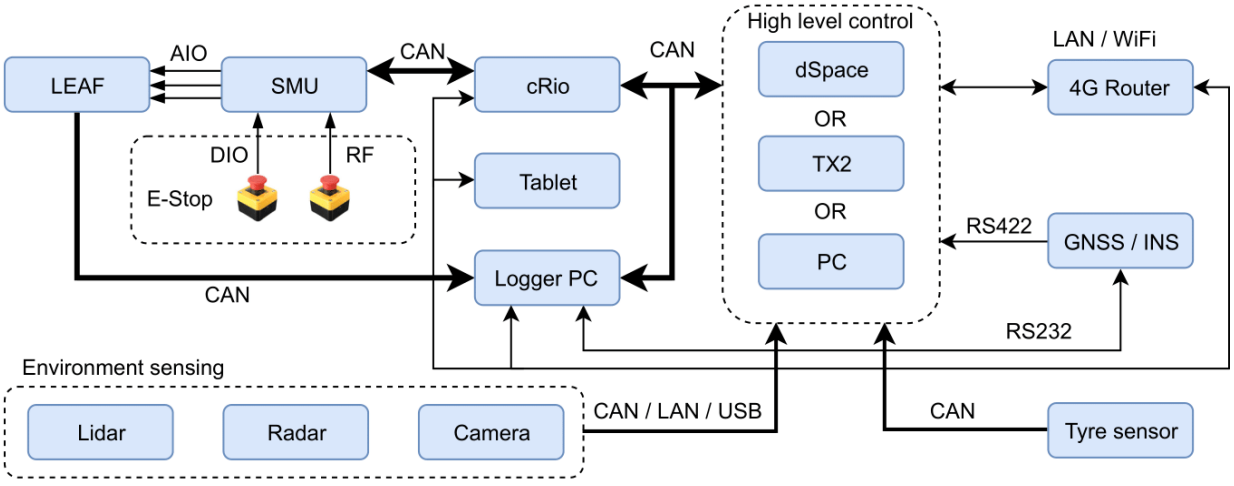


Figure 2. Diagram of the system architecture

Figure 3. The onboard electronics fitted in the trunk

1.3 Vehicle State Sensors

The car needs to provide various sensing capabilities, both in- and outside of the platform. The manufacturer equipped this model with all the regular sensors required on a car (speed, steering, etc.) and we can access them via the CAN communication lines.

We added an integrated tyre deformation sensor developed in the Institute of Technical Physics and Materials Science (MFA) which is able to monitor multiple parameters of the tyre wall and contact surface. The sensor is currently in development and it is planned to provide detailed information on the dynamic forces in the tyre, contact forces, deformation, pressure, temperature and more.

For accurate global positioning we installed a GNSS-INS system. Currently the KVH GEO FOG 3D-Dual sensor is in use which connects to the system via RS-232 and RS-422 protocols.

There is an additional sensor unit under development in SZTAKI that provides similar capabilities as the KVH unit, but it is adaptable and extensible for special purposes. It is based on the u-blox F9 chip with additional INS and communication capabilities. The development of the sensor was presented in [1]

1.4 Environment sensing

The surroundings of the vehicle is scanned in 360 degrees by LIDAR sensors. The device providing baseline measurements is a roof-mounted Velodyne HDL-64E. This is a high definition sensor providing 2.2 million points per second around the vehicle with 0.08° horizontal and 0.4° vertical angular resolution.

The roof is also equipped with 2 Velodyne VLP-16 sensors for testing algorithms on cost efficient devices. Each delivering 300 000 points per second with 0.4° horizontal and 2° vertical angular resolution. A rendered image in Figure 4 shows the sight-lines of one such device.

The fourth LIDAR is a SICK line sensor mounted on the front of the car, next to the license plate. This unit mainly serves as a safety device by detecting unexpected obstacles in the way.

On the other side of the license plate, a Continental radar is mounted (details of this device are confidential).

The environment detection can also be demonstrated using the top mounted Point Grey Blackfly cameras. A front-facing stereo pair, a back-facing stereo pair, and one-one side-facing wide angle cameras are mounted on the roof.

1.5 On-board processing

The autonomous functions of the vehicle are realised through multiple levels of control, and the test platform has various computation and control facilities on board to realise them. The multi-level control consists of low level reference tracking controllers, and a high level path tracking controller which are supervised by a trajectory planner.

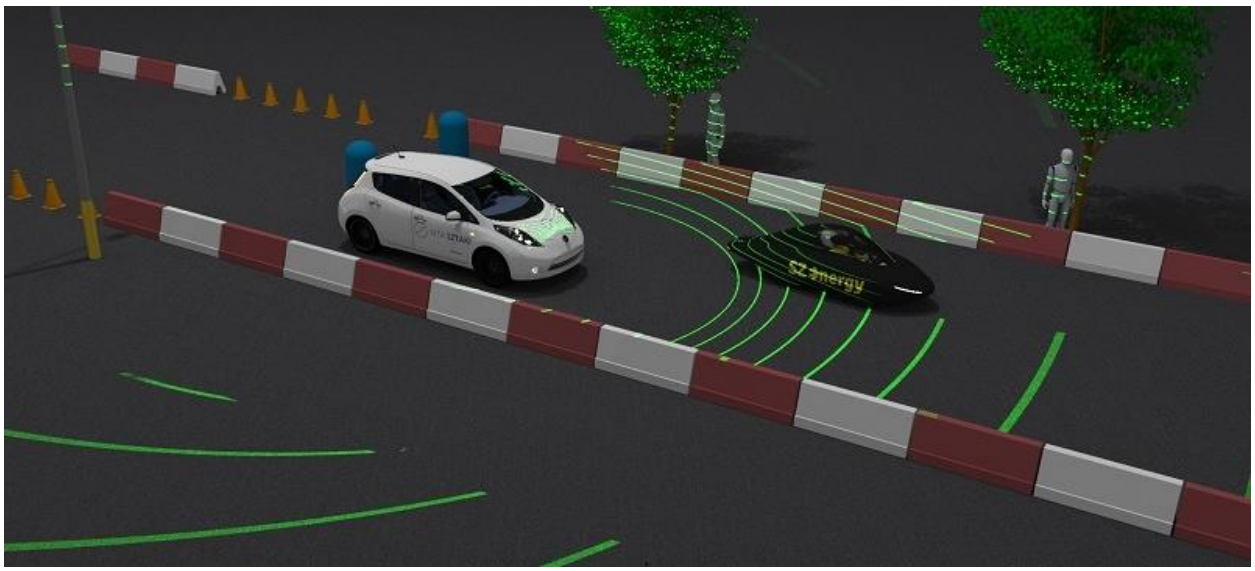


Figure 4. Simulation of environment detection

The low level controllers are implemented on a NI cRIO9039 device.

The test pilot can access the control systems' user interface on a tablet mounted on the dashboard. The other test engineers can access these controls on a screen mounted on the back seat or on laptops via remote desktop (RDP).

The high level control, which currently includes an obstacle avoidance trajectory planner, is implemented on a dSpace MicroAutoBox II device. The high level functionality can also be implemented on an Nvidia Jetson TX2 device. The selection between the two controllers can be made by a switch.

The trunk houses 2 industrial PCs as well. One provides data logging capabilities and serves as an NTRIP client, relaying RTK corrections for the GNSS unit. The other PC has a more powerful configuration providing a basis for image processing, SLAM algorithms, and other tasks.

1.6 Actuation

The single physical connection point of the controllers to the vehicle is the safety management unit (SMU). This highly dependable device isolates all signals from the car and grants total control to the test pilot in case of any driver action (eg. pedal press). This means it will automatically stop any test if the pilot tries to take over control in any way. It is also equipped with multiple Emergency Stop buttons for the safety of all passengers.

The longitudinal movement is controlled trough overriding the accelerator and brake pedal signals. The mechanical emergency brake, the parking brake, and the electric shift unit is left intact for safety reasons. This way those need to be operated manually by the test pilot prior to any autonomous task.

The lateral control is realised by overriding the signals of the steering servo unit.

The further details of the low level control of the vehicle and the SMU are elaborated in [2]

2. Software architecture

2.1 Road detection using cameras

Camera based road and obstacle detection is done using Bayesian Segnet [3] [4] [5], a deep convolutional encoder-decoder neural network in Tensorflow. Currently the training and early phases of the road detection, scene-recognition are done off-line on a PC GPU but the network will be implemented on the Jetson TX2 later on. A conversion to nVidia's own TensorRT platform will also be necessary to ensure optimal inference performance.

We are currently testing the capabilities of the Jetson Nano platform, a low cost, low-consumption device with the same software architecture as the Jetson TX2. The currently used neural network is too large for the Jetson Nano so we are experimenting with how the network can be reduced to fit onto a much smaller on-board device while still retaining it's relatively high inference accuracy.

Even though Segnet has a relatively high (around 90% on most images, as illustrated by Figure 5 where the detected road is marked by orange color) inference accuracy for road detection it can provide unreliable results in some cases. Therefore, as a next step we deem it necessary to combine the camera feed with another sensor's (either LIDAR or GPS) data to get reliable road information.

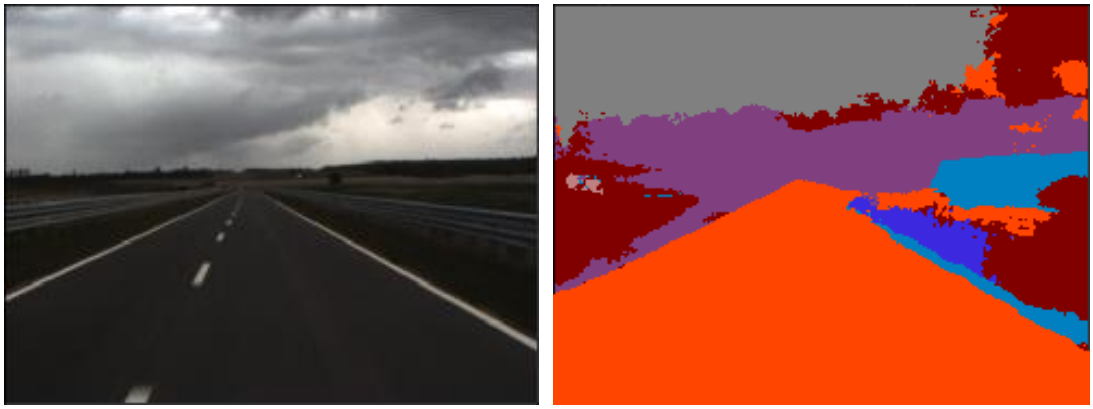


Figure 5. Inference results of a test image taken on ZalaZone

2.2 Obstacle detection using LIDAR

The object detection and classification algorithm used in our platform was developed in SZTAKI, and it has been presented in [6]

In short the algorithm aims to extract all vehicles and pedestrians in the neighbourhood of the moving sensor from the point cloud stream of the LIDAR device. A two-layer grid structure is used for producing distinct groups of points, which represent different urban objects. Next an appearance-based preliminary classification is done by a convolutional neural network. Finally, the classification is refined with contextual features considering the possible expected scene topologies.

A simulated object detection scene is shown in Figure 4 the most probable obstacles to be encountered.

2.3 Control

The control architecture follows a cascade structure of three levels

1) At the low level, the controller is responsible for the direct manipulation of the actuator inputs with safety level and rate checking. The current base-line controllers at this level perform steering angle and speed reference tracking tasks. The steering angle reference tracking controller is a one degree of freedom proportional-integral (PI) controller. The voltage input to the steering servo consists of three terms: 1) from the driver's torque sensor; 2) command signal of the low level controller; 3) a direct feed-forward term from the higher level controllers, which is useful in closed-loop identification experiments.
2) The medium level controller performs path/trajectory tracking, where the path and the speed are either pre-specified or provided by the higher level units. The lateral base-line controller has a two degree of freedom structure with curvature feed-forward and distance and heading error feedback terms designed based on the kinematic model of the vehicle and a linear time-invariant "actuator" model of the low level control dynamics. The path is represented by quintic G^2 splines [7].
3) The higher level controllers are responsible for the path and speed reference generation depending on the actual mission such as managing automatic identification experiments; obstacle avoidance; intersection control; etc.

2.4 Preparations for modelling and control

The first step in achieving our goals was to analyse the selected vehicle. The service manual of the manufacturer is available on-line, which provided a good starting point. In order to estimate some parameters and gain information necessary for the planned modifications preliminary tests were performed.

The tests were the following:

- Measure the center of gravity
- Investigate the power steering system
- Measure the characteristics of the steering
- Measure the characteristics of the steering-wheel torque sensor
- Measure the characteristics of the throttle pedal sensor
- Measure the characteristics of the brake pedal sensor
- Investigate the electric shift control module
- Examine the vehicle's internal CAN communication protocol

These preliminary tests were conducted in Győr, Hungary by Széchenyi István University (SZE-JKK) with cooperation of SZTAKI. A detailed description can be observed in [2] [8].

3. Experimental Validation

The proper functioning of the architecture is validated by presenting the operation of the base-line controllers in real world experiments. To conduct tests on the vehicle we partnered with the Zalaegerszeg test track ZalaZone [https://zalazone.hu/en], where a great variety of experiments can be executed. There are a broad list of traffic areas that have been built or are currently under construction, such as high speed dynamic platform, smart city environment and rural area. The current layout of the track is shown in Figure 8. The track maintains tight relations with universities, research institutes and with large industrial partners as well.

Figure 6 shows the map of the ZalaZone Dynamic platform with the position data of a path tracking control experiment. The position, steering angle (at the steering column) and inertial measurements in this circular motion are useful in determining static steering characteristics and checking kinematic steering model. With additional artificial disturbance signal on the actuator voltage input, the excitation may be sufficient for dynamic model identification.

Figure 7 show a part of the Smart City Zone and Figure 1 did already show the vehicle in operation in an obstacle avoidance test.

Functional tests, control experiments and analysis of the measurement data verifies the proper functioning of the implemented hardware-software architecture.

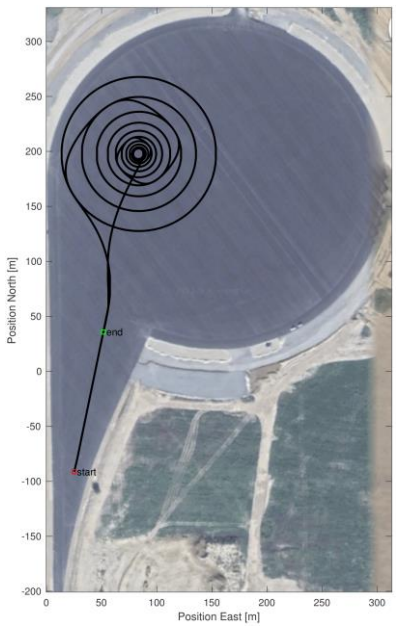


Figure 6. Measured GPS position in closed-loop path tracking control on ZalaZone Dynamic Test Platform

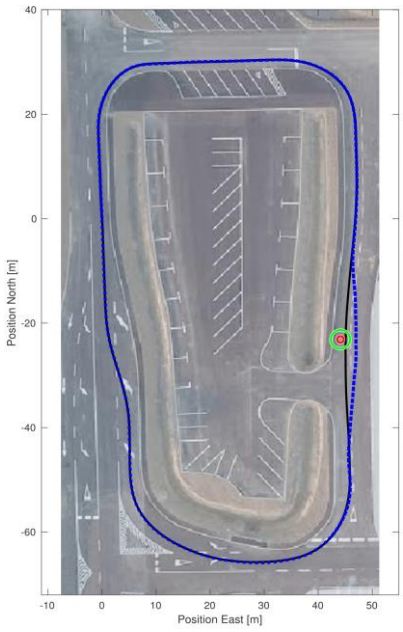


Figure 7. GPS data of obstacle avoidance in the Smart City Zone

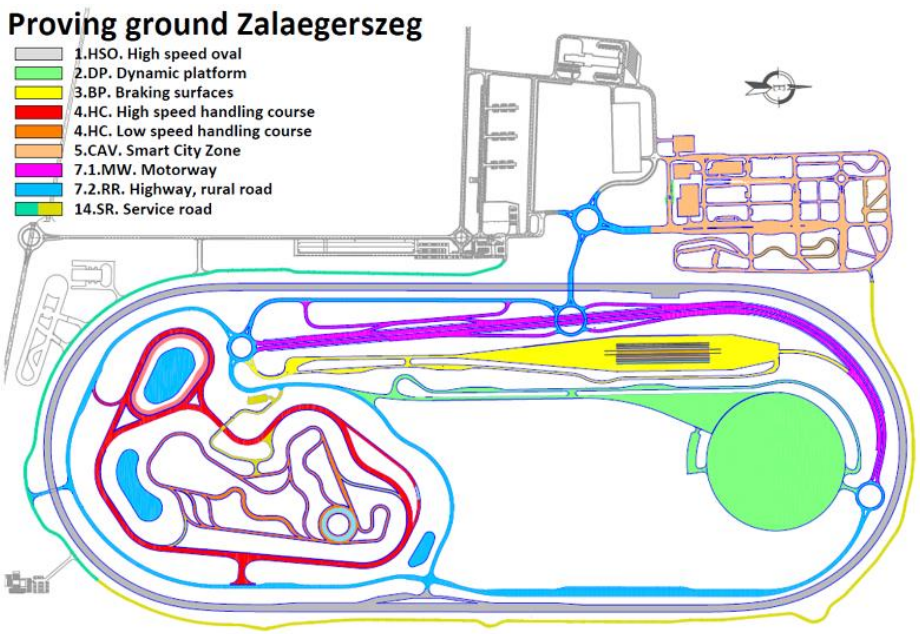


Figure 8. Layout of the test track

References

[1] A. Soumelidis, A. Kisari, and H. Somogyi, "Járművek pozíciójának és mozgásállapotának mérési-becslési módszerei," in Autonóm járművek – mesterséges intelligencia Konferencia, 2018.

[2] H. Somogyi, P. Dániel, P. Kőrös, A. Mihály, and A. Soumelidis, "Research of required vehicle system parameters and sensor systems for autonomous vehicle control," in IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), 05 2018, pp. 27–32.

[3] A. Kendall, V. Badrinarayanan, and R. Cipolla, "Bayesian segnet: Model uncertainty in deep convolutional encoder-decoder architectures for scene understanding," arXiv, 2015.

[4] V. Badrinarayanan, A. Handa, and R. Cipolla, "Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for robust semantic pixel-wise labelling," arXiv, 2015.

[5] V. Badrinarayanan, A. Kendall, and R. Cipolla, "Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation," PAMI, 2017.

[6] A. Börcs, B. Nagy, and C. Benedek, "Instant object detection in lidar point clouds," IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 14, no. 7, pp. 992–996, July 2017.

[7] A. Piazzi, C. G. L. Bianco, M. Bertozzi, A. Fascioli, and A. Broggi, "Quintic g2-splines for the iterative steering of vision-based autonomous vehicles," IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, vol. 3, no. 1, pp. 27–36, 2002.

[8] P. Gáspár, T. Szirányi, L. Hajder, A. Soumelidis, Z. Fazekas, and C. Benedek, "Adding autonomous features to a production electric car," ERCIM News, vol. 109, pp. 29–30, 2017.

C-ITS infrastruktúra rövidtávú fejlesztése Magyarországon

Dr. Schuchmann Gábor[1] – Bachmann Dóra[2]

[1]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Út és Vasútépítési Tanszék
telefon: +36 1 463 1193
e-mail: schuchmann.gabor@epito.bme.hu

[2]Smart-Road Kft.
telefon: +36 70 2203843
e-mail: bachmanndora@t-online.hu

Kivonat: Vizsgálatunk a C-ITS rendszerek rövidtávú fejlesztésének hasznosságára fókuszál. Feltérképezzük a témában elérhető eddigi felhasználói eseteket, megismerve a kiépítés alapvető céljait, paramétereit, az esetleg hozzáférhető tapasztalatokkal együtt. Megvizsgáljuk, hogy az európai szabályozás tükrében és a magyarországi viszonyok ismeretében milyen C-ITS eszközöket és hogyan lehet telepíteni a célok elérése érdekében. Hasznosságukat számítva összehasonlítjuk e telepítések költségeit és hasznait, összehasonlítva a vizsgált szcenáriók megtérülési arányait a nemzetgazdaság szempontjából. A vizsgálatok eredményei alapján értékeljük a kapott eredményeket, majd javaslatot teszünk a C-ITS témában rövid távon követendő alapvető stratégiára.

Kulcsszavak: C-ITS, Day1 szolgáltatások, C-ITS hasznok, C-ITS költségek, C-ITS fejlesztés

Bevezetés

A C-ITS azon az elven alapul, hogy minden együttműködő fél (ITS állomások, pl. járművön belüli és útmenti egységek) ciklikusan megoszt egy bizonyos adatkészletet a többi féllel, így lehetővé teszi, hogy a közlekedők tudomást szerezzenek egymás adatairól: jelenlétről és mozgásról, szándékról és várható manőverekről ugyanúgy, ahogy pl. egy érzékelt jelenségről (jeges útfelület, köd, stb.) vagy a fedélzeti eszközök aktuális állapotáról.

Szakpolitikai szempontból a C-ITS egy stratégiai eszköznek tekinthető, amely javítja a forgalombiztonságot és a közlekedési rendszer hatékonyságát, miközben mérsékli a közlekedés káros környezeti hatásait. A közlekedési hatóságok és az útüzemeltetők költség-haszon elemzések alapján döntenek a szükséges beruházásokról, és közbeszerzéseket végeznek a szükséges közúti infrastruktúra és háttér-rendszerek kiépítése érdekében. A járműpark jelenlegi megújulási arányával számolva azonban a rendszer kiépülése, valamint teljes hatékonysággal megvalósuló működése egy évtizednél is hosszabb időt vesz igénybe.

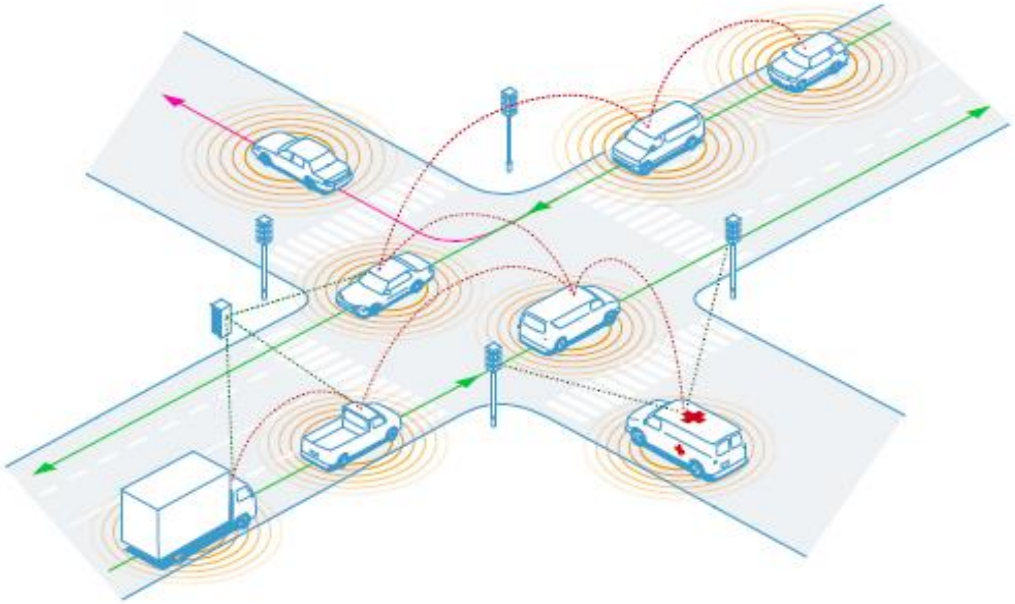
Arra a kérdésre keressük tehát a választ, hogy az önvezető és hálózatba kapcsolt járművek teszteléséhez, illetve az ilyen irányú fejlesztésekhez rövidtávon (1-3 éves időtávon belül) milyen technológiákat és milyen használati eseteket szükséges megvalósítani. Ehhez egyrészt fel kell térképezni a nemzetközi trendeket, másrészt meg kell vizsgálni részletesen a már elkészült használati eseteket számszerűsítve a várható költségeket és a tőlük remélt hasznokat.

1. Módszertan

Az elvárt eredmények eléréséhez szükséges alapvető ismeretek körének összeállítása után feltérképeztük a témában elérhető eddigi felhasználói eseteket, megismerve a kiépítés alapvető céljait, paramétereit, az esetleg hozzáférhető tapasztalatokkal együtt [1]. Ezek után megvizsgáltuk, hogy a magyarországi viszonyok ismeretében milyen C-ITS eszközöket és hogyan érdemes telepíteni a célok elérése érdekében: e telepítések költségeinek és hasznainak becsült aránya alapján hasznos-e a vizsgált lehetőségek/szcenáriók valamelyike a nemzetgazdaság számára? A vizsgálatok eredményei alapján értékeljük a kapott eredményeket, majd javaslatot teszünk a C-ITS témában rövid távon követendő alapvető stratégiára.

2. A C-ITS rendszerek

A C-ITS rendszerekben a járművek adatot cserélnek, elsősorban a járművezetők jobb döntéseinek érdekében (*1. ábra*). Az együttműködő intelligens közlekedési rendszerek, azaz C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) olyan technológiák és alkalmazások összessége, amelyek vezeték nélküli technológiákon keresztül hatékony adatcserét tesznek lehetővé a szállítási rendszer elemei és szereplői (ITS egységek) között. A kommunikáció gyakran járművek között (vehicle-to-vehicle, V2V), vagy járművek és infrastruktúra között (Vehicle-to-Infrastructure, V2I) hatékonyabb és eredményesebb ITS működése érdekében. A C-ITS olyan telematikai szolgáltatást takar, amely kétirányú vezeték nélküli kommunikációt tesz lehetővé a jármű és az infrastruktúra, a jármű és a forgalomirányító központ, illetve két jármű között.



1. ábra: A C-ITS hálózat jellemző interakciói

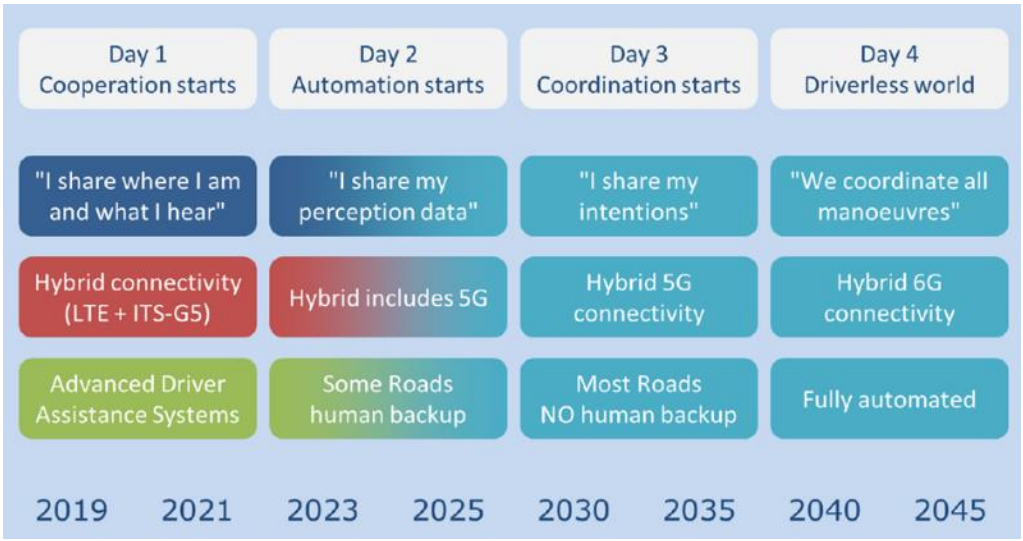
Az EU-ban történő széles körű és gyors bevezetést célul kitűzve [2] a C-ITS-t átfogóan kell értelmezni, nem korlátozva a járművek közötti, vagy a járművek és az infrastruktúra közötti kommunikációra, hanem kiterjesztve a veszélyeztetett úthasználókra (gyalogosok, kerékpárosok, motorkerékpárosok), közösségi közlekedési módokra, illetve lehetőség szerint a közlekedési rendszer többi szereplőjére is.

A kooperatív rendszer kifejezés tehát olyan telematikai szolgáltatást takar, amely kétirányú adatszolgáltatás tesz lehetővé a jármű és a forgalomirányító központ, valamint a jármű és jármű között. A szolgáltatás egyrészt a járművezetőket látja el személyre szabott, pontos információkkal egy járművön belüli, belső kijelzőn megjelenítve. Másrészt a közlekedő járművek információt szolgáltatnak a forgalomirányító központoknak is.

3. Használati esetek (use case-ek) szolgáltatás-csomagjai

A használati esetek [3] nyilvánvalóan nem önállóan, hanem bizonyos csoportokban hozzák a társadalom számára a legtöbb hasznot, miközben a működésükhöz szükséges infrastruktúra- és jármű-oldali feltételek is hasonlóak. Ezért a C-ITS szolgáltatások lépcsős bevezetésének modellje definiálja az ún. *Day1* és *Day1.5* szolgáltatásokat, amelyek egyidejű fejlesztése, szabványosítása (jármű- és infrastruktúra oldalon egyaránt), pilot-kiépítése és megvalósítása nagyjából harmonizál a felhasznált technológiák tömeges elterjedésének becsült ütemével.

Az egyes alkalmazások egy járművön belüli kijelzőn keresztül adnak információt és a kívánt viselkedésre vonatkozó ajánlást a vezetőnek. Ezek az alkalmazások nem feltételeznek SAE2 szintnél magasabban automatizált (önvezető) járműveket, a C-ITS csatornákon keresztül kapott információk és figyelmeztetések nem késztetik automatizált oldalirányú vagy hosszirányú beavatkozásra a járművet. Az egyes rendszerelemek egymásra épülését a *2. ábra* mutatja be.



2. ábra: A C-ITS szolgáltatások egymásra épülése az EU C-ITS stratégiája szerint

A ***Day1*** szolgáltatások alapvetően a közlekedés biztonságát, hatékonyságát és megbízhatóságát szolgálják. Részletes felsorolásuk és leírásukat az *1. táblázat* tartalmazza. Szintén első lépcsőben, a *Day1* szolgáltatásokkal azonos feltételek mellett valósíthatók meg a ***Day1.5*** szolgáltatások (*1. táblázat*), amelyek kevésbé a társadalom felé, inkább az egyes felhasználók számára jelentenek többletértéket (parkolási információk, töltőállomások, navigációs szolgáltatások), illetve a *Day1* szolgáltatások sérülékeny úthasználókra (Vulnerable Road User, VRU) való kiterjesztését tartalmazzák.

A ***Day2*** szolgáltatások segítségével a járművek információt szereznek más járművek által észlelt dolgokról, amit ők maguk nem érzékelnek (pl: takarásban lévő sérülékeny úthasználó). A rendszer nem csak figyelmeztetéseket ad, hanem a jármű félautomata beavatkozást is végezhet egy esetleges baleset megakadályozására (pl. vészfékezés VRU előtt, kooperatív adaptív sebességtartó automatika, Cooperative Adaptive Cruise Control, C ACC). A pontos és jól tagolt információknak köszönhetően az út-topológiák eddiginél pontosabb feltérképezése is lehetséges. A *Day2* szolgáltatások közé tartozik továbbá a konvojban haladás (platooning) támogatása.

A ***Day3*** szolgáltatások növekvő önvezető képességet feltételeznek a jármű oldaláról (SAE 3-4-es szint). A jármű megosztja a tervezett útirányt/útvonalat/manővert a többi közlekedővel, illetve az infrastruktúrával. Ezen információk ismeretében az automatizált járművek a konfliktusok elkerülése és a biztonság érdekében implicit vagy explicit módon koordinálják a manőverek végrehajtását. Ez jelenthet kooperatív sávváltást, kooperatív fonódást, fejlett C-ACC alkalmazásokat (például C-ACC járműoszlopok, ahol az egymást követő járművek hosszirányban és oldalirányban is automatikusan vezérelhetőek), de akár C-ACC járműoszlopok kezelését is, beleértve a járművek dinamikus összekapcsolódását és kiválását, a járműoszlop feloszlatását is.

Ezenkívül a *Day3* szakaszban a sérülékeny úthasználók (VRU) várhatóan V2X-egységgel rendelkeznek majd, és „aktívabb” szerepet játszanak jelenlétük közzétételével a veszélyes helyzetek felismerésében, ezáltal hozzájárulnak a közúti közlekedés biztonságának további növekedéséhez.

1. táblázat: Az EU C-ITS stratégiája alapján megállapított Day1 és Day1.5 szolgáltatások listája

	***Day1* szolgáltatások**	**Típus**	**Célterület**	**Csomag**
1	Elektronikus vészfék-lámpa	V2V	Biztonság	**1**
2	Vészhelyzeti jármű közeledik	V2V	Biztonság	**1**
3	Lassú vagy álló jármű(vek)	V2V	Biztonság	**1**
4	Figyelmeztetés torlódás előtt	V2V	Biztonság	**1**
5	Veszélyes helyszín értesítés	V2I	Autópálya	**2**
6	Figyelmeztetés úton folyó munkákra	V2I	Autópálya	**2**
7	Időjárási viszonyok	V2I	Autópálya	**2**
8	Járművön belüli (közúti) jelzések	V2I	Autópálya	**2**
9	Járművön belüli sebességhatár jelzés	V2I	Autópálya	**2**
10	Próbajármű adatok	V2I	Autópálya	**2**
11	Torlódás-visszaduzzasztás csillapítása	V2I	Autópálya	**2**
12	Optimális sebesség ajánlása a zöld jelzéshez (GLOSA)	V2I	Városi	**3**
13	Közlekedési jelzések megsértése (csomópont)	V2I	Városi	**3**
14	Elsőbbségi igény vészhelyzeti járművek részéről	V2I	Városi	**3**
	***Day1.5* szolgáltatások**	**Típus**	**Célterület**	**Csomag**
15	Utcán kívüli parkolási információk	V2I	Parkolás	**4**
16	Utcai parkolás menedzsment és információk	V2I	Parkolás	**4**
17	Park & Ride információk	V2I	Parkolás	**4**
18	Információ az alternatív üzemanyagú járművek töltőállomásairól	V2I	Intelligens útvonal	**5**
19	Forgalmi információk és intelligens útválasztás	V2I	Intelligens útvonal	**5**
20	Városi behajtási zónák	V2I	Intelligens útvonal	**5**

4. Hatásvizsgálat és eredmények

A hatásvizsgálat során a RICARDO-TFT-TEPR 2018 (R-T-T-2018) [4] módszertana alapján számszerűsítjük a C-ITS Day1 szolgáltatások bevezetésének várható költségeit és a tőlük remélt társadalmi hasznokat [5].

Számításainkban a módszertan Policy Option 2 (PO2) szabályozási környezetét vettük figyelembe. A PO2 szakpolitikai irány jogilag kötelező erejű felhatalmazáson alapuló rendeletben specifikálja a C-ITS szolgáltatásokat, a közös szolgáltatási profilokat és a C-ITS-re vonatkozó szakpolitikai irányoknak való megfelelést. Ez a szakpolitikai irány nagy hangsúlyt fektet a koordinációra és a szabványosításra – nem tartalmaz viszont kötelezettséget a Day1 V2V szolgáltatások bevezetésére, illetve nem hoz létre jogi testületeket a biztonsági és megfelelőség-értékelési feladatok elvégzésére.

4.1 Figyelembe vett, megvalósítandó szolgáltatások és útvonalak (kiterjedésük) listája

A hatásvizsgálat kezdő lépéseként lehatároltuk a vizsgálandó szolgáltatások és hálózati elemek körét. A számítások során csak a Day1 szolgáltatások 1. és 2. csomag (Bundle1 és 2) intézkedéseit, illetve az azokból épített három, egymásra épülő szcenárió hatásait vizsgáltuk:

- A **Projekt nélküli esetben** az 1. csomag intézkedései egy szerényebb elterjedés mellett működnek, illetve a már kiépített V2I szolgáltatások a jövőben megmaradnak, de nem bővülnek.

- Az **A változatban** ambiciózusabb elterjedési arányok mellett az 1. csomag V2V intézkedései működnek, a 2. csomag szolgáltatásai a teljes TEN-T törzshálózaton kiépülnek.
- A **B változatban** az 1. és 2. csomag intézkedései (fokozatosan, de néhány év alatt teljes kiépüléssel) a TEN-T törzshálózaton és a TEN-T átfogó hálózaton egyaránt elérhetők.

4.2 Társadalmi-gazdasági peremfeltételek, forgalmi előrebecslések

A társadalmi-gazdasági peremfeltételek elsősorban a járművek számát és a C-ITS járművön belüli berendezések elterjedését határozzák meg.

Az országos közúthálózaton megjelenő, C-ITS járművön belüli berendezéssel felszerelt járművek száma függ:

- az ország GDP előrejezéseinek hosszú távú tendenciájától;
- az ország népességelőrejelzésétől;
- a motorizációs tendenciáktól (a GDP és a motorizációs fok viszonya alapján);
- a C-ITS berendezések elterjedési rátájától (penetration rate), amelyet a figyelembe vett szakpolitikai irány (PO2) nagymértékben befolyásol.

A társadalmi, gazdasági és forgalomfejlődési adatokat részben a OCF2016 tanulmány [6] alapján, illetve annak alátámasztó tanulmányaival összhangban határoztuk meg.

A **személygépjárművek számának** alakulását a népesség és a várható motorizációs fok szorzataként számítottuk. A tehergépjárművek esetében az OCF-2016 tanulmány rámutat arra a sajátosságra, hogy a szállítási piac átrendeződése a járműkategóriák között más-más tehergépjárműállomány-fejlődést vetít előre a 3,5t-nál kisebb, illetve nagyobb járművek esetén. A becslések szerint kistehergépkocsik száma dinamikusan növekszik, míg a nagytehergépkocsik számában stagnálás és enyhe csökkenés várható – a nemzetközi trendekkel összhangban.

A forgalomfejlődés sajátossága, hogy az előrebecsült személygépjármű- és nehéztehergépjármű-forgalom a gyorsforgalmi utakon folyamatosan növekszik, a főút-hálózaton viszont számottevően csökken, a kistehergépkocsik forgalmi teljesítménye viszont mindkét úttípus esetében növekedik.

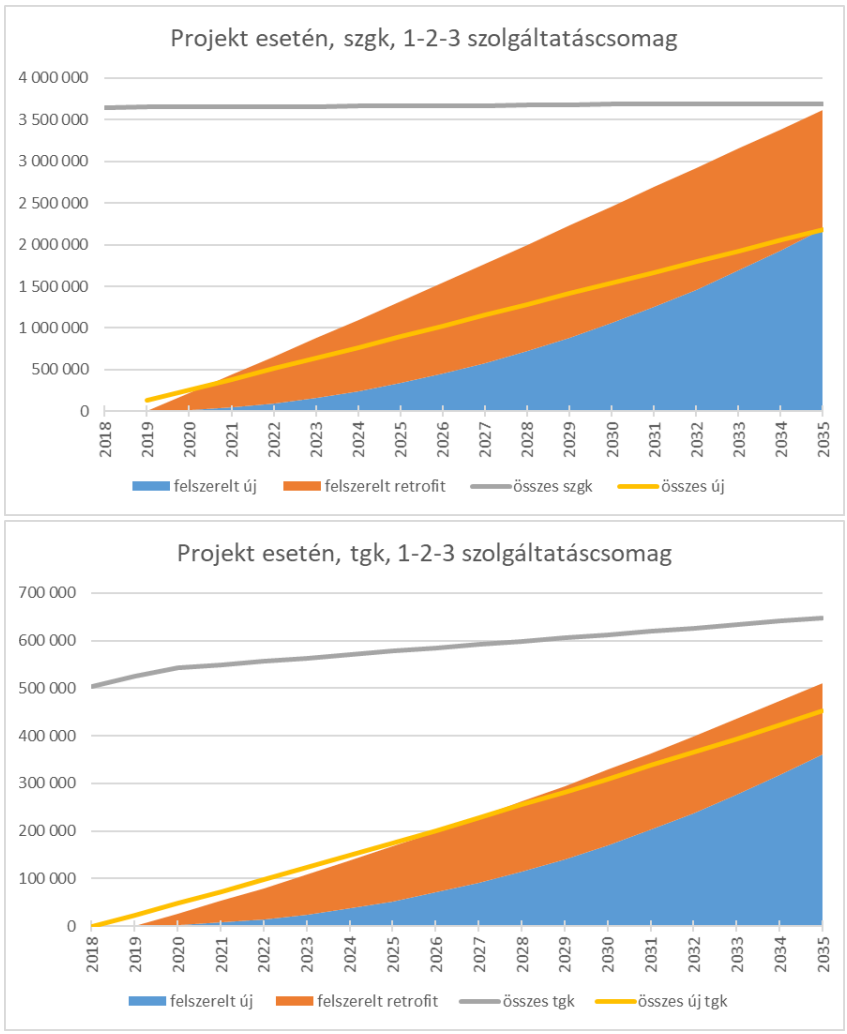
A számítások során alkalmazott további általános feltételek:

- a társadalmi költségek és hasznok számításakor nem vesszük figyelembe a GDP és az infláció változását,
- a felmerülő költségeket és társadalmi hasznokat reálértéken, 2015-ös árszinten, Euróban kifejezve használjuk,
- az értékelést a 2020-2030-as időszakra végezzük el.

4.3 A járművön belüli és útmenti C-ITS berendezések

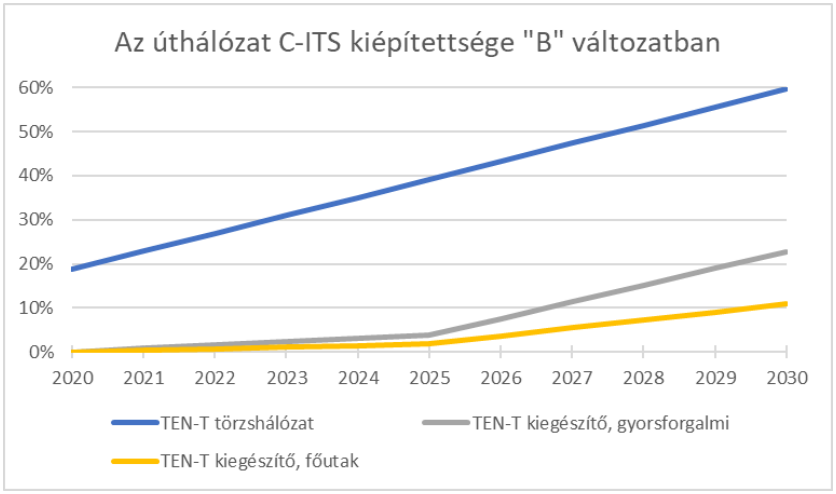
A projekt nélküli eset olyan projektszcenárió, amelyben a jelenleg is folyó EU C-ITS tevékenységeken túl nem történik „semmiféle további EU-fellépés”. Mindössze olyan fejlesztések várhatóak, amelyeket a nemzeti vagy regionális hatóságok már kezdeményeztek – ezeket folytatják a teljes modellezési időszak alatt (2030-ig).

A **járművek esetében** külön kell választani a gyárilag felszerelt, új járműveket, amelyek állománya 4 modellciklus alatt éri el a 100% felszereltséget. (Egy modellciklus frissítése a PO2 szabályozási környezetben személygépkocsik esetén 4 év, tehergépjárművek esetén 5 év). Utólagos felszerelés csak mobiltelefonos, letöltött applikáción keresztül valósul meg, így a V2V szolgáltatások nem, csak a V1I szolgáltatások érhetőek el, illetve maximálisan 95%-os penetráció feltételezhető. Az 1. ábra a személy- és tehergépjárművek felszereltségének alakulását szemlélteti.



3. ábra: C-ITS berendezések becsült elterjedése a hazai járműállományban

Projekt esetén az **útmenti egységek** (Road-side unit, RSU) kiépülési üteme a TEN-T törzshálózaton a 2020-as adatból indul, és európai előfutár országok trendjét követi (4. ábra). Az egyéb autópályákon 4 éves lemaradással és a TEN-T törzshálózaton alkalmazott növekedésének 50%-ával számoltunk, az egyéb külterületi utakon e a TEN-T törzshálózati elemek növekedésének 25%-át vettük figyelembe.



4. ábra: Az úthálózat C-ITS kiépítettsége

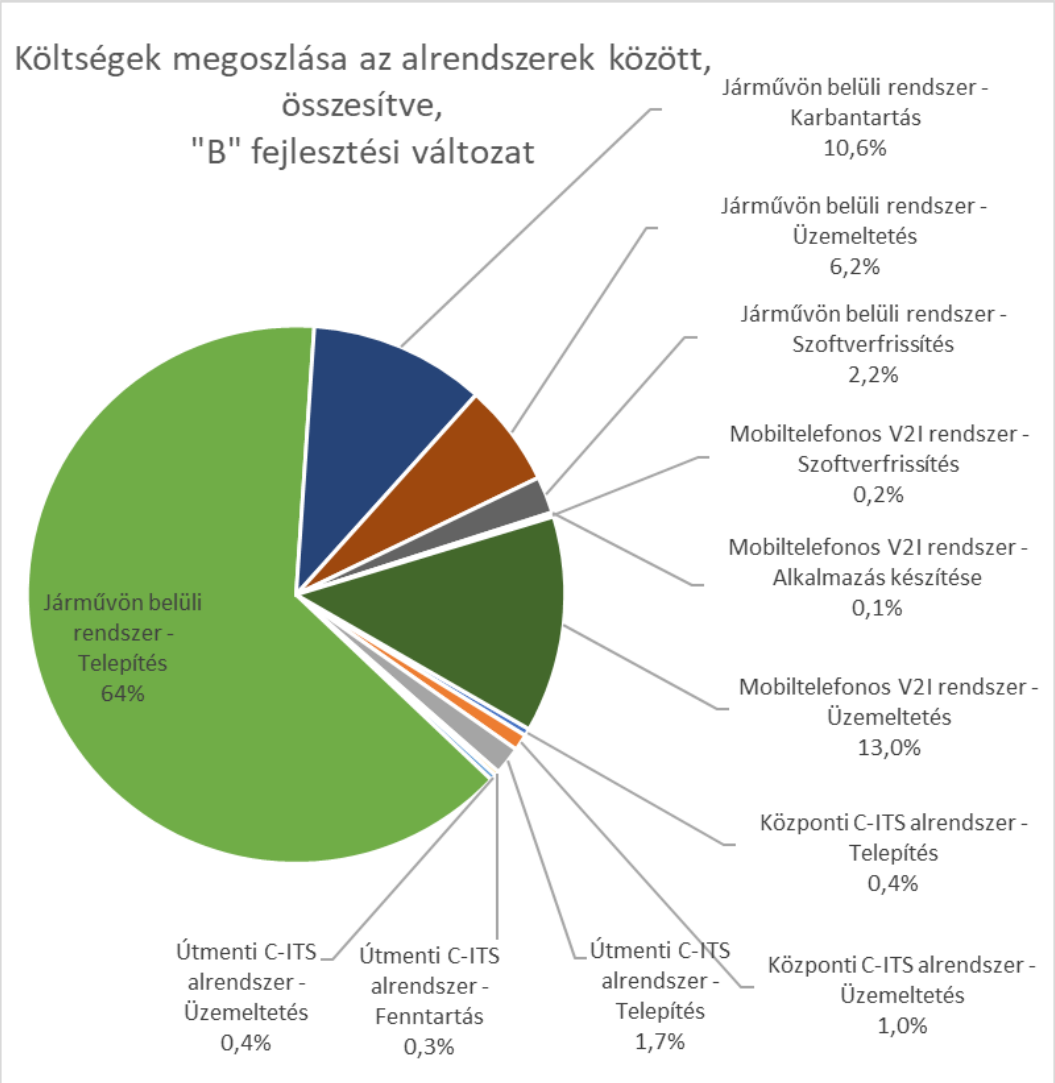
4.4 Beruházási és üzemeltetési költségek, társadalmi hasznok

C-ITS rendszerek létrehozása és üzemeltetése során a következő **költségek** lépnek fel:

- Központi C-ITS alrendszerek;
- Személyes ITS alrendszerek (mobiltelefonok), amelyek V2I kommunikációra alkalmazhatók, majd a jövőben V2V kommunikációra is. Ezek pillanatnyilag nem képesek alacsony késleltetésű kommunikációra, ezért a tanulmány nem számol Day1 V2V szolgáltatásokkal;
- Járművön belüli ITS alrendszerek – a tanulmány utólag beszerelt járművön belüli ITS alrendszerrel nem számol;
- Útmenti ITS alrendszerek – jeladók portálokon, oszlopokon, smart forgalomirányító jelzőlámpák.

A költségek a következő **főbb költségelemek**ből, tényezőkből állnak össze:

- Előzetes költségek: a telepítéskor és üzembe helyezéskor felmerülő egyszeri költségek;
- Folyamatosan jelentkező költségek: az egyes alrendszerek üzemeltetésével kapcsolatos ismétlődő költségek;
- A berendezés élettartama: annak megállapításához, hogy az elemzési időszak alatt szükséges-e pótolni a berendezéseket;
- Költségviselő: hogy becsülhető legyen a különféle C-ITS-szolgáltatások kiépítésével járó költségtételek hatása a különböző kulcsszereplők esetén.



5. ábra: A költségek megoszlása az alrendszerek között

A költségek összesítése során megállapítható (5. ábra), hogy

- a költségek oroszlánrészét (64%-át) a járművön belüli rendszerek megvásárlása, majd ezek karbantartása teszi ki.
- a kommunikációs eszközök üzemeltetése is jelentősebb tétel (~20%, főként adatforgalom);
- a TEN-T kiegészítő hálózati elemek kiépítése viszonylag alacsony többletköltséggel jár a már működő TEN-T törzshálózati C-ITS rendszer működése esetén.

A C-ITS rendszerek externális, társadalmi hatásai a következők lehetnek:

- a közlekedés hatékonyságának növekedése (átlagos sebesség növekedése, %),
- üzemanyag fogyasztás változása (%),
- szennyezőanyag kibocsátás változása (NOX, CO, VOC, PM%)
- baleseti kockázat változása (%).

A *Day1* 1. és 2. csomag intézkedései túlnyomó részben a közlekedésbiztonság terén fejtenek ki hatást, ezért a baleseti megtakarításokat számszerűsítettük. Az R-T-T 2018 tanulmány szerint az egyes intézkedések a 2. táblázatban részletezett módon segítik a balesetek számának csökkentését azzal a kitétellel, az együttes hatásuk az egyes intézkedések csökkentő hatásának összegének 10 %-kal csökkentett értéke, elkerülendő a többszörös hatások figyelembevételét.

2. táblázat: Az 1. és 2. csomag baleseti gyakoriságot csökkentő hatásainak összegzése

	[%]	Gyorsforgalmi út			Főút		
		halálos	súlyos	könnyű	halálos	súlyos	könnyű
1	Elektronikus vészfék-lámpa	2,7	2,5	2,5	2,7	2,5	2,5
2	Vészhelyzeti jármű közeledik	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
3	Lassú vagy álló jármű(vek)	1,1	0,7	0,7	1,1	0,7	0,7
4	Figyelmeztetés torlódás előtt	2,4	4,4	4,4	2,0	3,7	3,7
5	Veszélyes helyszín értesítés	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
*6	Figyelmeztetés úton folyó munkákra	1,3	1,1	1,1	1,3	1,1	1,1
*7	Időjárási viszonyok	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
8	Járművön belüli (közúti) jelzések	1,3	0,5	0,5	1,3	0,72	0,72
*9	Járművön belüli sebességhatár jelzés	6,9	3,9	3,9	6,9	3,9	3,9
*10	Próbajármű adatok	3,3	4,9	4,9	2,8	4,1	4,1
*11	Torlódás-visszaduzzasztás csillapítása	7,8	5	5	0	0	0
	Összesen	34,6	30,9	30,9	26,0	24,6	24,6
	10%-kal korrigált összeg	**31,1**	**27,8**	**27,8**	**23,4**	**22,2**	**22,2**

* közösségi közlekedés járműveinél nem alkalmazható

A sérültek számát a vizsgált úthálózaton 2016-2018-ban bekövetkezett balesetekből számított fajlagos sérülési mutatók alapján vettük figyelembe. A sérültek számának csökkenése a projekt nélküli esethez képest a 3. táblázat szerint alakult a sarokévekben.

3. táblázat: A sérültek számának csökkenése a projekt nélküli esethez képest sarokévekben

	Projekt A: TEN-T törzshálózat			**Projekt B: TEN-T törzs és kieg.**		
Sérültek számának csökkenése	**2020**	**2025**	**2030**	**2020**	**2025**	**2030**
V2V szolgáltatások						
Halálos áldozat	0,02	0,34	1,16	0,02	0,34	1,16
Súlyos sérült	0,09	1,98	6,71	0,09	1,98	6,71
Könnyen sérült	0,17	4,11	14,82	0,17	4,11	14,82
V2I szolgáltatások						
Halálos áldozat	0,07	1,58	5,68	0,07	1,64	6,37
Súlyos sérült	0,30	6,57	23,62	0,30	6,81	26,23
Könnyen sérült	0,94	20,35	73,16	0,94	20,63	76,64
MINDÖSSZESEN						
Halálos áldozat	**0,09**	**1,92**	**6,84**	**0,09**	**1,99**	**7,53**
Súlyos sérült	**0,39**	**8,55**	**30,33**	**0,39**	**8,79**	**32,94**
Könnyen sérült	**1,11**	**24,46**	**87,97**	**1,11**	**24,74**	**91,46**

A baleseti sérültek pénzben kifejezett költségét az R-T-T 2018 tanulmányban alkalmazott, átlagos és állandó 2015-ös árszinten, Euróban kifejezett értéken vettük figyelembe:

- Halálos áldozat: 1.931.000 EUR,
- Súlyos sérült: 287.000 EUR,
- Könnyű sérült: 22.000 EUR.

4.5 Eredmények

A számított költségek és hasznok kumulált cash-flow diagramját mutatják be a 6. ábra diagramjai.

A költségek és hasznok nagyságrendje azonos, de a teljeskörűen összesített költségek mintegy háromszorosan meghaladják a számított hasznokat. Mind a költségek és hasznok a hálózat kiépítésével és a járművön belüli eszközök terjedésével együtt növekszenek. Az „A” változathoz képest a „B” szcenárió költsége alig haladja meg az „A” változatét, a hasznai viszont számottevően magasabbak.

A járművön belüli költségek természetesen nem választhatók el a C-ITS szolgáltatások bevezetésétől, de az utolsó ábrapár „lenyelt” v. ingyenes fedélzeti eszközzel is szemlélteti a C-ITS rendszer bevezetésének cash-flow ábráját. Megjegyezzük, hogy a fedélzeti egységek költségét az egyes járműtulajdonosok viselik, így az rengeteg felhasználó között oszlik meg, míg az egyes szolgáltatások infrastruktúrájának kiépítése teljes egészében a szolgáltatóra/útüzemeltetőre hárul.

6. ábra: A fejlesztési változatok cash-flow diagramjai

5. Az eredmények értékelése

A *Day1* C-ITS szolgáltatások bevezetésének társadalmi költségeit és hasznait vizsgálva a következő megállapításokat tehetjük:

1. Az első, bevezetésre kerülő szolgáltatások előfeltétele a járművek fedélzeti eszközzel való ellátása;
2. Az elsőként, legegyszerűbben bevezethető szolgáltatások a forgalombiztonság területén indukálnak társadalmi hasznokat,
3. A kezdeti költségek nagyobb részét a járművek fedélzeti eszközeinek költsége jelenti – ezt a küszöböt átlépve viszont már „olcsón” lehet további szolgáltatásokat kínálni és társadalmi hasznokat elérni,
4. Tehát érdemes minél tágabb körben kiterjeszteni a szolgáltatások hatásterületét, illetve szélesíteni a szolgáltatások spektrumát.

Fontos kiemelni, hogy a C-ITS szolgáltatások bevezetése hozzájárul az EU Közlekedés Fehér Könyvében, illetve a közúti közlekedésbiztonságról kiadott Valettai nyilatkozatban (2017. március 27.) megfogalmazott közlekedésbiztonsági célok megvalósításához:

- a 2001-ben közúti balesetben meghaltak számának felére csökkentése 2010-re,
- ismételt megfelezése 2020-ra (és a súlyos balesetek számának csökkentése 35%-kal),
- újbóli megfelezése 2030-ra (és súlyos balesetek számának csökkentése 50%-kal),
- közúti baleseti halálozás megszüntetése 2050-re.

A költség- és haszonelemek számításának eredményeit, azok értékelését befolyásoló tényezők:

- A forgalmi előrebecslés nagy valószínűséggel alábecsüli a várható forgalomnövekedést. Nagyobb forgalmi teljesítmény esetén azonos költségelemek mellett a hasznok is nagyobbak lehetnek.
- A balesetek elkerüléséből származó hasznok monetarizálásához használt fajlagos értékek, a baleseti sérültek pénzben kifejezett értéke (Statistical Value of Life, SVL) módszertani megközelítés kérdése. Az alkalmazott fajlagos értékeket az EU előzmény-tanulmánya, az R-T-T 2018 által használt, egész Európára alkalmazott értékben vettük figyelembe. Az azóta megjelent, szintén az Európai Bizottság által készíttetett „Handbook on the external costs of transport, 2019" lényegesen, 30-50%-kal magasabb fajlagos SVL értékeket használ. Így a mi becslésünk igen konzervatív, azaz hasznok alulbecslésének irányába mutat.
- A rendszer kialakítása – különös tekintettel a járművön belüli egységre (On-Board-Unit, OBU) – korai, még nem érett piacon történik, ezért a sorozatgyártás gazdaságossága még nem vitte le kellőképen az árakat. Valószínűsíthető, hogy néhány év világszerte intenzív beruházási hullám után az útmenti és fedélzeti egységek legyártott és értékesített tömege elér egy kritikus értéket, és az ára jelentősen csökkenni fog.
- A fejlesztés részben megelőző, előretekintő jellegű. A kiépített infrastruktúrákon és adatátviteli platformokon a jövőben további szolgáltatáscsomagok vezethetők be, amelyek további társadalmi hasznokat generálnak, és javítják a C-ITS rendszerek társadalmi hatékonyságát, gazdaságosságát.
- Itt kizárólag a baleseti költségek elmaradását számítottuk haszonként. Sem a torlódásos órák számának csökkenése (tehát az időnyereség és az időérték szorzatából előálló haszon), sem pedig a környezeti károk elmaradása (alacsonyabb kibocsátás) nem került bemutatásra, mert meghaladja e tanulmány kereteit. Ha csak előbbit tekintjük, pusztán a balesetek miatt kialakult torlódásokban keletkezett időveszteség időköltsége nagyságrendileg akkora, mint az elmaradó balesetekből származó hasznon.

Mindezek a körülmények arra engednek következtetni, hogy a projekt tényleges hasznai a 4. fejezetben számítottnál lényegesen nagyobbak, költségei pedig (elsősorban a vizsgálat időszak második felében) lényegesen kisebbek lehetnek.

Konklúzió

Fentiek alapján javasoljuk, hogy rövidtávon **3 prioritás** mentén kezdődjenek további vizsgálatok és konkrét fejlesztések a C-ITS szolgáltatások magyarországi bevezetésére:

1. **A TEN-T törzs- és átfogó hálózaton a *Day1* és *Day1.5* szolgáltatások gyorsforgalmi és főutakra érvényes eseteinek megvalósítása**

Ebben a prioritásban az évek alatt elérhető **forgalombiztonsági javulás és a torlódásokban elvesztegetett idő csökkentése** van a fókuszban. Kiépítettség és szolgáltatások szempontjából az alapvetően különböző forgalmi jelleggel bíró hálózati elemek (erős agglomerációs forgalom, erős hétvégi forgalom, jelentős átmenő forgalom, stb.) külön vizsgálandók (pl. a portugál vagy a cseh példa alapján), ahogy a közvetlenül érintett városi térségek speciális igényei is. **A forgalmi teljesítmények és a balesetek térbeli eloszlásának vizsgálata** alapján a megtérülés területi megoszlása segíthet a projektek pontos megfogalmazásában, az ütemezés kialakításában.

2. A TEN-T hálózat folyosóiban fekvő városok bevonása a C-ITS fejlesztési programba

A fővárosi és nagyvárosi bevezető utak és környezetük (parkolási, közösségi közlekedési kapcsolatok, jelzőlámpás irányítás, stb.) is integráns részét kell, hogy képezzék a rendszernek, ezért ezekkel a résztvevőkkel (mint érintett közútkezelőkkel) haladéktalanul el kell kezdeni kialakítani az együttműködés formáját, rögzíteni a célokat, és projekte(ke)t generálni a célok elérésére. A bevonandó városok kérdésében, valamint az egyes városokban kiválasztandó helyszíneken megvalósítandó különböző szolgáltatások kérdésében további helyzetfelmérésre van szükség. **A főváros**, mint a legnagyobb forgalmú úthálózattal bíró, egyúttal egy kiépülő C-ITS rendszer várhatóan legtöbb hasznát élvező magyar város külön tanulmányozandó és kezelendő, **bevonása a főváros környéki úthálózat C-ITS fejlesztésébe elengedhetetlen**. Az egyes projetek/projektrészek a portugál és francia minták alapján akár az egyes városi régiókat együtt is kezelhetik a mellettük vagy rajtuk keresztül húzódó gyorsforgalmi/főúti hálózati elemekkel.

3. A zalaegerszegi ZalaZone teszt-terület bővítése, fejlesztése

A 3.5 fejezetben megfogalmazottak alapján kijelenthető, hogy a ZalaZone tesztpálya C-ITS fejlesztésének kézenfekvő folytatása **a környező közúti** (városi, országúti és gyorsforgalmi) **teszthelyszínek felszerelése** a C-ITS szolgáltatások lehető legszélesebb, leginkább „jövőálló” spektrumával és eszközeivel. A járműfejlesztők számára elengedhetetlen kívánalom, hogy a tesztpályán folytatott tesztjeik folytatásaként valós közúti körülmények között próbálják ki járműveik akár önvezető, akár vezetéstámogató rendszereit. Az ilyen, összekapcsolt működésre képes járművek nagyobb számban először a tesztpálya környékén fognak megjelenni, ami a közúthálózat üzemeltetőinek is **biztosítja a korai tapasztalatszerzés** és az együttműködés **lehetőségét** valós körülmények között, valós adatok alapján. Javasoljuk tehát, hogy Zalaegerszeg városával közösen mihamarabb kezdődjön **részletes vizsgálat a konkrét szolgáltatásokról** és az ehhez kihelyezendő és üzemeltetendő eszközparkról a ZalaZone bevonásával.

A kutatás a KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft-ben működő Mobilitás Platform megrendelésére, a BME ITS Közlekedési- és Járműrendszerek Nonprofit Zrt-ben készült.

Irodalomjegyzék

[1] C-ROADS Annual pilot overview report 2018 v1.0 (2019. 04. 26.)

[2] COM (2016) 766: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/AUTO/?uri=CELEX:52016DC0766

[3] Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report, WG4 - ANNEX1 - Analysis of Data Protection and Privacy in the context of C-ITS. Report for DG MOVE (https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf)

[4] RICARDO-TFT-TEPR: Support study for Impact Assessment of Cooperative Intelligent Transport Systems, Final Report – on behalf of the European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2018

[5] European Commission: Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report Framework Contract on Impact Assessment and Evaluation Studies in the Field of Transport MOVE/A3/119-2013-Lot № 5 "Horizontal"

[6] KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. (2017): Országos célforgalmi felvétel és mátrixok kidolgozása (OCF-2016), TEN-T elemzések - Egyeztetett záró dokumentum.

Creation and Validation of Vehicle Computer Simulations

Rudolf Krecht[1] – Csaba Hajdu[2] – Dr. Áron Ballagi[3]

[1]**Széchenyi István University, Research Centre for Vehicle Industry**
telephone: 70/666 0478
e-mail: krecht.rudolf@ga.sze.hu

[2]**Széchenyi István University, Research Centre for Vehicle Industry**
e-mail: hajdu.csaba@ga.sze.hu

[3]**Széchenyi István University, Department of Automation**
e-mail: ballagi@sze.hu

Abstract: Autonomous vehicle development processes require continuous hardware and software tests. These tests might be dependent of resources, infrastructure and weather, making test sessions expensive and time-consuming. In order to simplify test procedures, computer simulations can be used. Even if the benefits of computer simulations are obvious, it is important to consider the drawbacks and risks it might introduce. The aim of this paper is to offer fast and easy computer simulation methods, keeping an eye on simulation risk reduction. Different computer simulators will be compared, and the individual results will be validated using characteristic measurements. After validation, the advantages and disadvantages of the compared simulators will be highlighted.

Keywords: computer simulation, comparison, self-driving, passenger vehicle

Introduction

The field of self-driving and autonomous vehicles has broadened seriously during the recent years. Being a complex field, self-driving requires the harmony of software and hardware development. The smooth operation of these complex systems requires a considerable amount of test hours. This fact increases development time and costs significantly. Furthermore, real life vehicle testing adds the requirement of beneficial outdoor conditions. The operation of sensors, actuators and control algorithms has to be repeated in the case of multiple outdoor conditions, including different weather types. It is also worth to mention that some software development processes are iterative, which implements frequent tests during the development process, not only at test phase [1]. All the conditions mentioned before make computer simulations an important tool of self-driving and autonomous vehicle functions. The aim of this paper is to present and compare three different computer simulation environments applied for self-driving vehicle development scenarios. To make the comparison relevant, the task will be similar in the case of all simulators: simulated environment creation, vehicle model creation, sensor modelling and simulation validation. Obviously, the differences presented by the used simulation environments will require minor changes of the mentioned simulation creation task. The three compared simulation environments are ROS-Gazebo, CoppeliaSim and Unreal Engine 4. It is important to mention, that the first two simulation environments were specifically developed with the aim of robot simulation, and the last one, Unreal Engine 4, is a game engine, with different functions and different properties. However, Unreal Engine 4 can have a valid role as a simulation environment in some cases. For example, the calibration of visual sensors and the training of neural network requires highly realistic image sets, and for this purpose Unreal Engine 4 might be the best tool.

1. Scope

The aim of this article is to present three different simulation environments and to compare them from the same perspective. The purpose is the same in all three situations: to create a computer simulation for a passenger car, a Nissan Leaf, which is mounted with two Velodyne Puck lidars, two Ouster OS2 lidars, a Duro GNSS receiver, a SICK LMS111 laser scanner and an automotive radar sensor (*Figure **1***). The simulations have to be prepared for ROS (Robot Operating System) compatibility. It is also important, that it is required to make up a simulation validation strategy for all the mentioned simulations. The possibility of validation provided by the different simulation environments can be an important comparison point [2].

Figure 1. The vehicle (Nissan Leaf)

After presenting the model creation and environment modelling processes of the three different simulation environments, giving simulation validation methods and comparing the mentioned simulators, a conclusion can be drawn from the perspective of passenger vehicle computer simulation creation for self-driving development.

2. ROS-Gazebo

Gazebo computer simulator is a project by Open Source Robotics Foundation (OSRF). Model creation by user interface was added in the latest versions of this simulator. One if its main strengths is the fact that it handles relatively complex robot simulations (multiple articulations and sensors) easily, without compromising the realisticity and precision of the simulation. Being a flexible simulation environment, it can be easily adapted to the needs of any application. Gazebo's built-in simulated sensor types cover nearly all the existing sensors, making the implementation of sensors easy in case of a simulation. Gazebo and ROS had been co-developed for a long time, and this explains why Gazebo's ROS support is the best compared to other robot simulation environments. ROS-based systems developed using Gazebo can be implemented without significant modifications on the real hardware. Gazebo's main drawback is the lack of a user-friendly, self-understandable user interface, which results in a slow workflow. Furthermore, the creation of dynamic simulations is also relatively difficult. For example, Gazebo does not contain dummy elements for the simulation of springs and dampers.
Gazebo is open-source, it was designed to run on Linux-based systems, but it is possible to use it on Windows and Mac systems as well.

2.1 Model creation and environment modelling in ROS-Gazebo

Gazebo car model creation begins with CAD modelling. In case of Gazebo, the importable CAD file format is Collada. Gazebo uses a right-hand coordinate system. Textures can also be imported. After the CAD model is done according to the requirements of Gazebo, a skeleton has to be made using the dummy elements of Gazebo (cylinders and boxes). Using these elements, a basic car shape can be set up with steerable and rotating wheels. The parameters (inertia, weight, dimensions) of these elements can be changed by modifying the files (XML format) which describe the model. This skeleton can be used as the collision model of the vehicle. Because the elements of the skeleton are low-poly basic shapes, their kinematic and dynamic simulation requires significantly less computational power than the simulation of a complex, relatively high-poly part. For aesthetics, the Collada model of the car chassis and the wheels can be separately added.

Figure 2. Nissan Leaf model in ROS Gazebo (created by Csaba Hajdu)

Environment modelling is similar to the method mentioned before. 3D models in Collada format can be imported, positioned and scaled by modifying their descriptions. Their physical characteristics can be changed as well. Furthermore, Gazebo has built-in objects that can be used as obstacles or supplementary environment elements (trees, human-like dummies).

3. CoppeliaSim

The CoppeliaSim (formerly known as V-REP simulator) simulation environment by Coppelia Robotics was created with the purpose of making a universal, modular, scalable tool for any kind of applied robotics. Thanks to its structure, it can be used for the simulation of industrial robots and equipment (robot arms, industrial spider robots, conveyors) and for the simulation of different types of mobile robots (tracked robots, differential-drive robots, platforms with Ackermann-steering, motorcycles). CoppeliaSim offers a wide variety of pre-built dummy elements, which are refined, yet easily adaptable. As expectable, these elements include different types of articulations, sensors and geometrical shapes. Furthermore, CoppeliaSim features a specific element, which is a built-in graph plotter. Plotted quantities can be all the quantities found in the simulated scene (displacement, velocity, acceleration, forces) and the output data of in-scene sensors. This feature makes in-simulator, real-time plotting possible, making simulation validation significantly easier [3].

Another characteristic feature of CoppeliaSim is the possibility to use independent scripts for element control. Simulations are controlled by a *main* script, and all the other elements might be controlled by a subordinate *child* script. Elements are reusable and copiable together with their scripts. The default language of these scripts is *Lua*, the elements of the simulation can be controlled using specific built-in functions. CoppeliaSim is compatible with different API-s and with ROS via these built-in functions.

CoppeliaSim applies multiple simulation engines. CoppeliaSim is closed-source, premium software, but a free academic version is available for Windows, Mac, and Linux-based systems.

3.1 Model creation and environment modelling in CoppeliaSim

Model creation in CoppeliaSim starts by importing the 3D-model that will serve as geometric base for the simulation model. There are multiple accepted CAD formats, the easiest to use is OBJ format. If the corresponding MAT file can be found at the same location as the OBJ file, textures will be automatically loaded and applied. After the CAD model is imported, it can be used as a base for the elements of the kinematic simulation. After adding all the necessary dummy parts, the cassis and the wheels can be replaced with a low-poly equivalent for collision model. The original CAD models are kept for realistic visualisation. Dynamic parameters can be easily modified by changing the parameters of the vehicle's components. Sensors can be added from the available sensor types. Dummy sensor types and specific, widely used sensor models are also available.

Environment creation is similar to the model creation process. 3D-models are easily importable, but there are no pre-made dummies included.

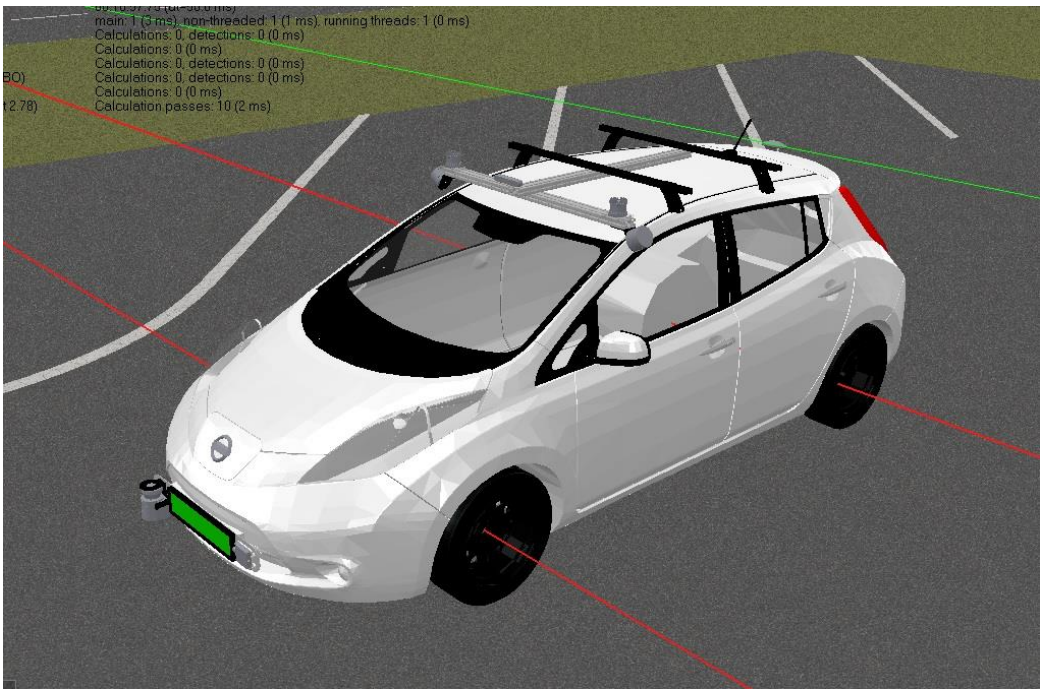


Figure 3. Nissan Leaf model in CoppeliaSim (created by Rudolf Krecht)

4. Unreal Engine 4

Unreal Engine 4 is a game engine, which makes easy environment and model creation possible. Environments and models can be based on elements, dummies available in the environment, or can be based on imported 3D-models. It has become obvious, that simulations on engineering fields that require realistic visualization have similar requirements to the requirements listed in case of game industry. In case of computer game development, highly realistic environment and model visualization is the most important factor, but realistic movements (like vehicle kinematics and dynamics) is also important. Developments connected to deep-learning image processing algorithms on the field of autonomous and self-driving vehicles have similar requirements. Camera calibration and the training of deep-learning algorithms for image processing can be significantly faster and cheaper by the use of computer simulations instead of real measurements and tests.

Development in Unreal Engine 4 can be done using the built-in Blueprint Editor, which is a graphical programming interface, or by C++ codes. Unreal Engine 4 is free for non-commercial applications, and it is available on Windows, Mac, and Linux-based systems.

4.1 Model creation and environment modelling in Unreal Engine 4

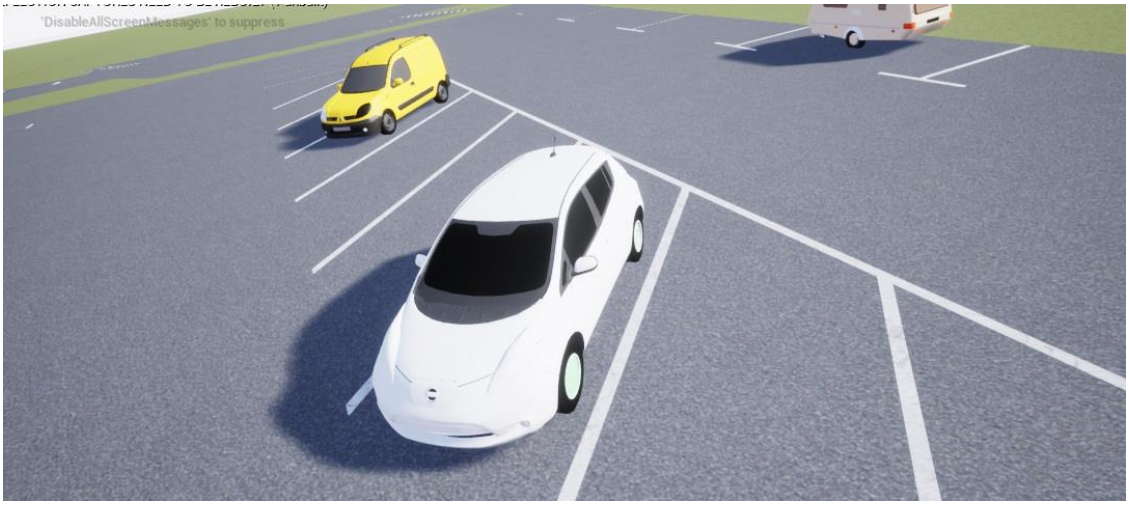


Figure 4. Nissan Leaf model in Unreal Engine 4 (created by Rudolf Krecht)

Unreal Engine 4 has a different workflow than the two simulator environments previously described. In this case, it is important to properly prepare the imported CAD model, because the hierarchy set up using the CAD software will be considered the skeleton of the car. A car frame with all the necessary codes is available, it just needs to be parametrised for the given CAD model and for the given use case. There are no sensor models, the creation of sensor elements is possible via custom C++ custom code. ROS compatibility is possible via using a third-party plugin, which needs to be downloaded and built separately. It uses *rosbridge* to solve communication between the ROS middleware and the simulated environment [4].

Environment simulation is different as well. It is possible to import and to add CAD models, but it is also possible to create roads, relief and vegetation by using Unreal Engine 4's built-in tools [5].

5. Comparison of the simulation environments

Based on the experience gained during vehicle model creation, we can conclude that all the mentioned simulation environments (ROS-Gazebo, CoppeliaSim, Unreal Engine 4) can have a specific role in the development process of self-driving functions. It is obvious, that the best case would be to reduce the number of applied simulation environments to as low as possible. By this comparison, it is possible to determine if it is required to use multiple simulation environments.

The comparison will be done based on our task, simulating a vehicle with self-driving functions. This implies the simulation of a passenger car (4 wheels, front wheel drive, Ackermann-steering) with sensors and ROS compatibility. Our aim is to make a kinematic and a dynamic simulation as well. Because of the use of multiple sensors and because the necessity of a dynamic simulation, the required simulation might be considered a complex one.

In order to make the simulation environments easily comparable, a chart is used, and scores (1-10) are given to specific functionalities (Table 1).

Table 1. Comparison of simulation environments

	CoppeliaSim	**Gazebo**	**Unreal Engine 4**
ROS compatibility	7	10	2
Dynamic elements	10	3	1
Realistic appearance	7	3	10
Sensor models	9	10	4
Possibility for validation	8	8	2
Total	**41**	**34**	**19**

CoppeliaSim's ROS compatibility is solved by the use of built-in *Lua* functions. The application of these functions might be time-consuming, and the developed software architecture and software parts might need modification before implementation (7 points). Gazebo seamlessly implements ROS, this is the most important strong point of this simulator (10 points) [6]. On the other hand, Unreal Engine 4 can be made compatible with ROS by the use of a third-party plugin. The plugin is open-source, but it is not well-documented. Its use is seriously time-consuming, and software developed using Unreal Engine 4 and ROS needs heavy modifications before real implementation (2 points).

Because CoppeliaSim features pre-built dummies for dynamic simulations (spring/damper), a vehicle model can be easily prepared for dynamic simulations (10 points). It is also possible to create dynamic vehicle simulations using Gazebo, but in that case the complete understanding of the model is required; the equivalent forces of suspension elements have to be modelled individually (3 points). Unreal Engine 4 differs from this point of view. Creating a dynamically simulated car model is very easy, but the accuracy of the result is questionable (1 point).

From the point of view of realistic appearance, Unreal Engine 4 is outstanding. Weather and light conditions can easily be changed, imported and built-in textures can be easily added to the models. Camera angles are easily changeable (10 points). Camera angles, weather parameters and texture options are also available in the case of CoppeliaSim, but the overall appearance of the final result is far from the results of Unreal Engine 4 (7 points). In case of Gazebo, textures can only be changed by modifying the description files.

Weather, lights and camera angles cannot be changed by the modification of some parameters. Overall appearance is acceptable, but it is the least realistic from the three simulation environments in question (3 points).

CoppeliaSim and Gazebo both include the models of the most used sensor types. In case of CoppeliaSim, their usage is simpler, but they are more precise and require less computational capacity as the ones found in the case of Gazebo (CoppeliaSim – 9 points, Gazebo – 10 points). In case of Unreal Engine 4, the simulation of cameras is above average, other sensor types are not simulated, the creation of custom solutions is required (4 points).

Simulation validation might have a key role in some cases. CoppeliaSim offers built-in graph plotters, in-simulation data is easily accessible. The comparison between real measurements and simulated values is simple and the results are trustable (8 points). Gazebo does not offer solutions for validation, but its perfect ROS compatibility solves this issue. All in-simulation data is accurately accessible via ROS (8 points). In case of Unreal Engine 4, no subjective simulation validation can be made (2 points) [7].

Conclusions

Based on our evaluation, it is suggested to use CoppeliaSim as a computer simulation environment for simulating passenger vehicles with Ackermann steering with the aim of self-driving function development. However, it is important to mention that Table 1 clearly shows the fact that all three simulation environments have their strong and weak characteristics. During our development procedures, we have concluded, that all three simulation environments have to be used for different purposes. It is nearly impossible to reduce the number of used simulation environments to one. Based on our experience, CoppeliaSim is the ideal simulation environment in case of dynamic vehicle modelling. It is also the best option if iterative vehicle development is required, because the model is easily modifiable, and the results of the changes can be monitored real-time. In other cases, when the evaluation of ROS-based software is the most important factor, Gazebo is the best simulator choice. It seamlessly integrates ROS, and this characteristic might save time, even if the overall development process is relative time-consuming. If the aim is to create a realistic simulation with realistic output images, (e.g. for neural network training), it is advised to use environments developed for computer game creation, in our case, Unreal Engine.

References

[1] R. E. Shannon, "Introduction to the art and science of simulation," in *1998 Winter Simulation Conference. Proceedings*, Washington, DC, USA, 1998.

[2] R. Siegwart and I. R. Nourbakhsh, Introduction to Autonomous Mobile Robots, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2004.

[3] E. Rohmer, S. P. N. Singh and M. Freese, "V-REP: a Versatile and Scalable Robot Simulation Framework," in *Proc. of The International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2013.

[4] S. Cousins, "Welcome to ROS Topics [ROS Topics]," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 17, no. 1, pp. 13-14, 2010.

[5] A. C. A. Mól, C. A. F. Jorge and P. M. Couto, "Using a Game Engine for VR Simulations in Evacuation Planning," *IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 28, no. 3,* pp. 6-12, 2008.

[6] L. Nogueira, "Comparative Analysis Between Gazebo and V-REP Robotic Simulators," in *Seminario Interno de Cognicao Artificial-SICA*, 2014.

[7] C. Pepper, S. Balakirsky and C. Scrapper, "Robot simulation physics validation," in *Proceedings of the 2007 Workshop on Performance Metrics for Intelligent Systems*, New York, NY, USA, 2007.

Do human driver based road design parameters fulfil or overfulfil autonomous vehicle's requirements?

Khalil Khaska[1] - Dr. Dániel Miletics[2]

[1]Széchenyi István University
Department of Transport Infrastructure and Water Resources Engineering
e-mail: khalilkhaska1987@gmail.com

[2]Széchenyi István University
Department of Transport Infrastructure and Water Resources Engineering
e-mail: mileticsd@sze.hu

Abstract: The most considerable leaps in the development of road infrastructure have been preceded by significant improvements in the means and performance of transport (e.g. wheel, industrial revolution, internal combustion engine, etc.). One of the most promising improvement in the near future is the spread of autonomous vehicles and it is expected to be accompanied by some changes in the road infrastructure too. Recently vehicles get most of the attention and therefore only limited knowledge is available on the infrastructure. The study focuses on the expected effects of autonomous vehicles on the road infrastructure with a highlight on the geometric design parameters of the future roads.

The most important factors determining current road design parameters are vehicle dynamics, traffic volume, driver physical and mental abilities, drainage, comfort and safety. Some of these determinants are expected to be influenced by the spread of autonomous vehicle.

The most significant difference is expected to be that human driver will be replaced by machine, and the sensors of the new vehicles are not located at the same place than the human sensors (eye, ear) and there will be differences in the performance of data collection and processing too. The goal of the research was to identify road design parameters in which human driver plays the main role and therefore can be changed in order to satisfy the needs of autonomous vehicles or to make road infrastructure simpler and more sustainable.

Keywords: Geometric design, sight distance, autonomous vehicles, horizontal alignment, vertical alignment, lane width, crest curve, sag curve

Introduction

As early as the middle of the 20th century, people and automakers were already figuring out how future cars would soon be without a driver and how people could make better use of their time while driving. Similar to a train ride, they could talk face to face, pass the time reading or playing games or do work while being driven safely and accurately through the country. However, the required technology for this at affordable costs and necessary accuracy has only recently become available.

Despite the expected benefits of automated vehicle technology, it will also bring new problems and challenges especially that the existing road was designed for human driven vehicles.

The question of how to design the road infrastructure in the future to enable highly automated driving is difficult to answer. In this paper, it will be discussed whether the design values of some design parameters are suitable for self-driving vehicles or they need some adjustments, the focus will be in particular on the complete driving level (level 5).

Most of the studies focus on how autonomous cars deal with the current road geometric design with respect to the digital infrastructure. On the other hand, the physical infrastructure is not as intensively researched, ignoring that there are some design values must be adjusted to be more compatible with this generation of vehicles, taking into account that cars will be gradually replaced from the human driving (Level 0) to complete automation driving (Level 5).

Wang & Yu. (2019) studies the impacts on the geometric design of highway from non- autonomous to autonomous vehicles (L1 ~ L4). Through the comparison of the scenarios' results analysis they found the stopping sight distances and horizontal sight line offsets have reductions, these reductions shrink with

higher design speeds, and reduction in the recommended high and low curves lengths, which are promoted with a higher design speed or a difference in grade.
Lu (2018) studied infrastructure Requirements for Automated Driving and answered the question" what are the road infrastructure requirements to allow for SAE Level 4 automated driving?" From the scenario 1 analyzing (scenario 1 starts from 2023 and ends in 2060), Lu found the containing basic infrastructure requirements, high-definition maps, road database, emphasize road signs, and V2I technology. From the results of analyzing scenario 3 (advanced infrastructure) which starts from 2020 and ends in 2050 Lu found the advance requirements includes high-cost requirements such as radar reflectors and smart traffic lights, dedicated lanes and new pavement material.

1. Autonomous Driving Levels

1.1 Level zero:

The human driver does all the driving.

1.2 Level one: Driver Assistance

- The driver is always in control of his vehicle;
- The driver has to keep an eye on the traffic;
- The driver is liable for traffic violations and damage;
- Individual assistance systems support certain driving tasks (LKAS, Lane Keeping Assistant System) Figure 1.

Figure 1. The first level: Driver Assistance [14]

1.3 Level two: Partial Automation

- The driver is always in control of his vehicle;
- The driver has to keep an eye on the traffic;
- The driver is liable for traffic violations and damage under defined conditions, the vehicle stays on track, brakes and accelerates.
- In a level two car is able to keep track, brake and accelerate on the freeway at the same time Figure 2 (overtaking assistant function, automatic cruise control with the emergency braking, and lane-keeping assistant) [14].

Figure 2. The second level: partially automated driving [14]

1.4 Level three: Conditional Automation

- The driver may temporarily turn away from the driving task and traffic;
- In specified applications by the manufacturer, the car drives independently;
- The driver must take over in a short time if requested by the system;
- The driver is only liable if he does not comply with this request Figure 3.

Conditional Automation vehicles (Level 3) can handle certain driving tasks independently and without human intervention, but only for a limited period and under suitable conditions specified by the manufacturer. They overtake, brake, and accelerate - depending on the traffic situation. However, if the system detects a problem and reports a signal, the driver must take control immediately [14].

Figure 3. Third level: Conditional Automation [14]

1.5 Level four: High Automation

- The driver can completely give up the vehicle control and becomes a passenger;
- The vehicle manages journeys on certain routes (e.g. motorway, parking garage) completely independently;

- Passengers can sleep, use their smartphones or read the newspaper;
- The system recognizes its limits so early that it can reach a safe state in accordance with the rules;
- Passengers are not liable for traffic violations or damage during the fully automated journey.

At this level, the technical systems carry out all driving tasks automatically, and the car can cover longer distances without intervention Figure 4. The car could drive onto the highway, get into traffic even at high speeds, follow the lane, blink, overtake, brake, accelerate if necessary and finally leave the highway [14].

Figure 4. Level four: High automation [14]

1.6 Level five: Complete Automation

- There are only passengers without a driving task;
- The technology in the car copes with all traffic situations;
- Passengers are not liable for traffic violations or damage during the autonomous journey Figure 5.

The autonomous car can handle even complex situations - such as crossing an intersection, driving through a roundabout or behaving correctly at a crosswalk.

Figure 5. The fifth level: Complete automation [14]

2. Potential Advantages and Disadvantages of Autonomous Vehicles

2.1 Some of the potential advantages

- Safety: Self-driving cars can work to reduce traffic accidents, and this means fewer deaths and injuries resulting from car accidents, as computers, software, operating mechanisms and sensors will take full lead. With the number of accidents declining, many lives and money will no doubt be saved. Depending on the level of automation, the number of accidents will also continue to decrease, because human error is the cause of at least 90 percent of all crashes
- Multitasking: When you are in a self-driving car, you will be able to perform many tasks during this period. For example, you can sleep, talk on your phone, or even do your office work and many more. Therefore, the time you drive will be more valuable.
- Independence: In some specific circumstances, the elderly cannot drive cars themselves without the need for a driver, but with self-driving cars, they will be able to go where they want without the need for a private driver.
- Reduced traffic congestion: Driving cars will not cope with traffic crises, as these cars have the ability to communicate with each other and with nearby traffic lights, construction equipment and smart roads. Therefore, the car will be aware of what is on its way before it reaches it [14].

2.2 Some of the potential disadvantages

- Additional spare parts: There is no doubt that parts that are designed by humans may break down at some point, so spare parts such as radars, cameras, sensors and the like have been around for some time and were considered reliable technology today, but we cannot expect to work for long distances cut and long periods of time. Time. Therefore, self-driving cars will require proper and proper maintenance, which can be very dangerous if they fail[14].
- Higher cost: Self-driving cars have a higher initial cost than regular cars; high technologies require a lot of money to manufacture, so when companies like Tesla and other auto manufacturers want to manufacture a self-driving car, you should know that their pricing would be accordingly.
- Driving lovers: Some people enjoy sitting behind the wheel, so how will they get the feeling they want when the car is driving itself?

3. Geometric Road Design

Some physical road design parameters can be affected by the spread of the autonomous vehicles especially those parameters where the human driver has the main role in dealing with them such as sight distance, horizontal alignment, vertical alignment, junctions, and cross sectional elements [13].

3.1 Sight distance

The sight distance is the length of the continuous and visible part of the road in front of the driver. It is crucial in the road design to provide sufficient sight distance to ensure safe operation and achieve sufficient visibility distance for stopping which must be provided continuously along the road in proportion to the diversity of drivers' capabilities and experiences. The sight distance includes four aspects: (1) stopping sight distance, which applies to all roads and streets; (2) passing sight distance of overtaken vehicles, only applies to two-lane highways; (3) decision sight distance at complex locations; and (4) the criteria for measuring these sight distances for use in design [13].

3.1.1 Stopping Sight Distance SSD

The sight distance is a driver needs to stop his vehicle before reaching an object in case of existing or unexpected obstacles on the road, Figure (6). The driver needs not only to see the object but also needs to determine if this object is fixed or moving slowly in order to estimate the required time for stopping safely. Some driver capabilities have an influence on stopping sight distance such as visual acuity, driver reaction time, and driver experience.

Stopping sight distance is the sum of two distances. First one is the distance traversed by the vehicle from the moment when the driver realized that there was an object required stop the vehicle to the moment the brakes are applied (brake reaction distance), and second one is the distance required to stop the vehicle from the moment the brakes application begins (braking distance) [13]. (Khoury et al., 2019) assumed the harmony in the dynamic specifications of autonomous vehicles and conventional vehicles, and the road surface conditions and grades are assumed to be the same. Consequently, the braking distance is assumed to remain the same.

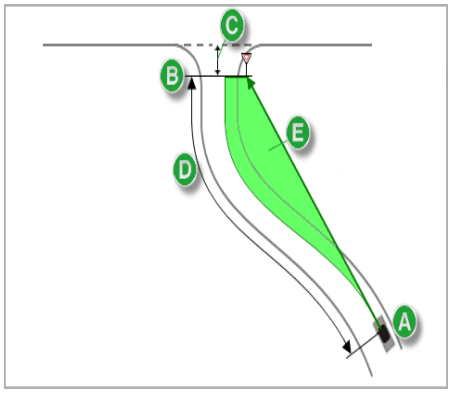


Figure 6. Sketch "Stopping Sight Distance"

- *A. Driver position*
- *B. Stop point*
- *C. Distance to the lane of the major road*
- *D. Stopping sight distance*

The stopping sight distance equations in AASHTO's policy on geometric design is for the human-driven vehicle therefore, the braking reaction time in AASHTO's on geometric design is a constant value of 2.5 seconds.

(1) SSD on Level Roads (In Metric Units)

$$SSD = 0.278Vt + 0.039\left(\frac{V^2}{a}\right) \quad (1)$$

(2) SSD on Grade (In Metric Units)

$$SSD = 0.278Vt + \frac{V^2}{254[(a/9.81) \pm G]} \quad (2)$$

Where:
V (km/h) = design speed
t (2.5 seconds) = driver's brake reaction time
a (3.4 m/s^2) = deceleration rate
G (m/m) = roadway grade

According to the results of comprehensive simulation on autonomous vehicles and computational efforts, the reaction time of an autonomous vehicle (from the moment of recognizing an object to the moment of applying the brakes) is around 0.5 seconds. By assuming, the reaction time of an AV is equal to 0.5 seconds exactly[3]. The new value of AV reaction time will take its place (t) in the equations 1 and 2 from 2.5 to 0.5 seconds.

3.1.2 Passing Sight Distance for Two-Lane Highways

It is the minimum distance required on a highway, generally a two-lane, two-directional one, where the driver have a sufficient distance ahead free of traffic, in order to be able to safely overtake the cars [13]. After that, the passing driver can decide when to start and complete the passing maneuver without interfering with the opposing cars and without being intercepted by any counter vehicle that may appear after the maneuver starts, then return to the right lane easily after completing the maneuver.

3.1.3 Intersection sight distance

It is typically defined as the distance a driver can see approaching vehicles before their line of sight is blocked by an obstruction near the intersection. The sight distance at the intersection is represented by the sight triangle (Figure 8), which should be free from any obstacles that may block the driver's view of the upcoming traffic to the intersection. The dimensions of the triangle depend on the design speed of the intersecting roadways, the type of traffic control at the intersection, as well as the inclination and width of the intersections.

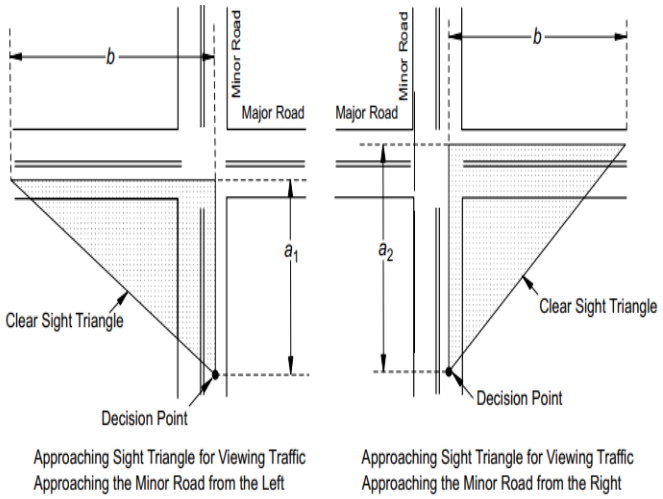


Figure 7. Approach Sight Triangles at Intersections[13]

This triangle can be analyzed mathematically to describe the relationship between distance, time, and speed associated with the minimum of the triangle of vision required to be provided without obstacles. Examples of these obstructions are trees, fences, longitudinal barriers or retaining walls, slopes or lateral inclinations. Vehicles stopping must be prevented within the boundaries of the sight triangles. The sight triangle must also be free of any objects that block or obstruct the vision.

3.1.4 Decision Sight Distance DSD

It is the distance required for a driver to detect an unexpected or otherwise difficult-to-perceive information source, recognize the source, select an appropriate speed and path, and initiate and complete the required maneuver safely and efficiently [13]. In some words, it provides the driver enough time to take the proper decision in a few seconds to bring the vehicle to a complete stop, changing lanes or decreasing speed.

The pre-maneuver and maneuver time has the main influence on the DSD in accordance with the equations of AASHTO's Policy on Geometric Design of Highways and Streets "7th edition, Chapter 3, page 207"which compute the DSD depending on the human driver's capabilities. In case of the autonomous vehicle, the maneuver time will be less than the current maneuver time.

3.1.5 Criteria for Measuring Sight Distance

The sight distance depends on:

- The height of the driver's eye above the road surface, it is considered to (1.08 m) above the road surface.
- The specified object height above the road surface, is considered to be (0.60 m) above the road surface [13].

The height and lateral position of sight obstructions within the driver's line of sight. The road surface at some point on a crest vertical curve could be the obstruction, which limits the driver's sight distance. On horizontal curves, the obstruction be the road surface at some point on a crest vertical curve or it may be some physical feature outside of the traveled way, such as a longitudinal barrier, a tree, a bridge-approach fill slope, or foliage. The computed distances for various speeds at the assumed conditions on level roadways are shown in Table 1.

Table 1. Stopping Sight Distance on Level Roadways [13]

Metric				
Design speed (km/h)	Brake Reaction Distance (m)	Braking Distance on Level (m)	Stopping Sight Distance	
			Calculated (m)	Design (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83.0	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129.0	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285
140	97.3	224.8	322.1	325

4. Horizontal alignment:

The horizontal alignment includes series of straight roadway sections (horizontal tangents) that may or may not be connected by circular horizontal curves Figure (9). There are some design considerations related to the horizontal alignment like normal cross section, maximum superelevation rates for streets and highways, and minimum radius [13].

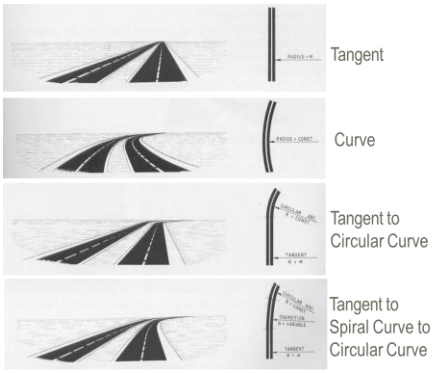


Figure 8. The components of the horizontal alignment

4.1 Maximum superelevation rates for streets and highways

There is no single maximum superelevation rate that can be applied universally but it is desirable using if only on maximum superelevation rate in an area has a similar climate [13]. The maximum superelevation rates, which are used on highways, are controlled by four factors:

- Climate conditions (i.e., the amount and frequency of snow and ice).
- Terrain conditions (i.e., mountains, flat, or rolling).
- Area type (i.e., urban or rural).

4.2 Minimum Radius

The minimum radius is a specific curvature value for a given design speed and is determined from the maximum superelevation rate and the maximum side friction factor selected for the design. Using a more sharp curvature of this design speed requires lifting the superelevation beyond the practical limit or for operation with tire friction and lateral acceleration beyond the comfort of many drivers. The minimum curvature radius is based on the driver's comfort threshold to provide a safe margin against slip and vehicle rollover. The minimum curvature radius is also an important control value for determining superelevation rates of flatter curves.

5. Vertical alignment

The vertical alignment consists of a series of tangents grades connected together with vertical curves. Vertical alignment is controlled by factors of safety, terrain, road grade, design speed, construction cost, vehicle characteristics, and drainage. The visibility in all parts of the road ahead must meet the minimum stopping sight distance according to the design speed corresponding to the grade of the road [13].

5.1 Terrain

The terrain has an obvious influence on the vertical alignment more than its influence on the horizontal alignment.

5.2 Vertical Curves

Vertical curves should be easy to use and provide a safe and comfortable operating design, acceptable in shape, sufficient to drainage, and the most important requirement in the vertical curves is to give sufficient sight distances for the design speed. Vertical curves to effect gradual changes between tangent grades may be any one of the crest or sag types represented in Figure 10. In all cases, there should be a stop sight distance equal to or greater than the minimum stopping sight distance shown in Table 1. Parabolic is used in vertical curves for ease of calculation, constant rate of change of slope, implies equal curve tangents and fulfill the above requirements.

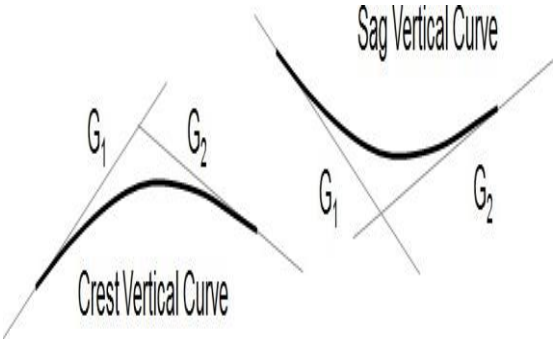


Figure 10. Types of Vertical Curves

G1 and G2 = Tangent Grades in Percent [13]

5.2.1 Crest vertical curves

At the top of a summit, the crest vertical curve is used. There are two factors to determine the length of the curve, stopping sight distance and passenger comfort. in some cases when the curve is too short the cars approaching the summit could become airborne.
From AASHTO green book"7th edition, Chapter 3, page 364", the basic equations to calculate the length of crest vertical curve in two cases are shown as follows:

(1) When S is less than L

$$L = \frac{AS^2}{100\left(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2}\right)^2} \quad (3)$$

(2) When S is greater than L

$$L = 2S - \frac{200\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}{A} \quad (4)$$

Where:
L = length of vertical curve, m
A = algebraic difference in grades, percent
S = sight distance, m
h1= height of eye above roadway surface, m
h2= height of object above roadway surface,m
These equations are for the human driver where the height of the driver's eye and the height of object are 1.08m and 0.6 m. For the autonomous vehicle, the eye height is equal to the height of the LiDAR sensor (the eye of the autonomous vehicle). Based on that, the eye height which is using in the previous equations (3 and 4) to compute the length of crest vertical curve will be replaced by the height of the LiDAR mounted on top of the vehicle (LiDAR height is measured from the roadway surface to the center of the lens).

5.2.2 Sag vertical curves

According to AASHTO 2018, at least four different criteria are known to determine the lengths of sag vertical curves: headlight sight distance, passenger comfort, drainage control, and general appearance.
From AASHTO green book"7th edition, Chapter 3, page 371", the basic equations to calculate the length of sag vertical curve in two cases are shown as follows:

(1) When S is less than L

$$L_{sag} = \frac{AS^2}{200(H + S\,tan\beta)^2} \quad (5)$$

(2) When S is greater than L

$$L_{sag} = 2S - \frac{200(H + S\tan\beta)^2}{A} \quad (6)$$

Where
S = the light beam distance taken to be equal to the SSD (m)
H = the height of headlight above roadway surface (m)
β = the inclined angle of headlight beam
For the conventional vehicles the height of the headlight above roadway surface is 0.6 m and the inclined angle of headlighty beam is 1 degree. The LiDAR sensor in the autonomous vehicles has its height of headlight and inclined angle of headlight beam. From the LiDAR user's manual ''the sensor delivers a 360 degree horizontal Field of View (HFOV) and a 26.8 degree vertical FOV". By assuming all of the LiDARs in the autonomous vehicles will have an identical properties regardless the manufaturer which allows to replace both of LiDAR's parameters (H& β) in the equations 5 & 6 to compute the length of the sag vertical curve for every AV.

6. Cross-Section Elements

6.1 Cross slope

Superelevation is the cross slope provided to counteract the effect of centrifugal force and reduce the slope of the vehicle to center and to slide laterally outwards by raising the pavement outer edge with respect to the inner edge. The minimum rate of cross slope applicable to the traveled way is determined by drainage needs. Depending on the type of roadway and amount of rainfall, snow, and ice, roadway drainage determines the minimum rate of cross slope for the traveled way, the acceptable minimum values for cross slope range from 1.5 percent to 2.0 percent.

6.2 Lane widths

Generally, the lane widths (2.7 to 3.6 m) are used according to AASHTO's policy green book"7th edition, Chapter 4, page 410". The current lanes are designed to account for the human error, on the other hand, the AV travel more accurately than human-driven vehicles. Some studies expect to narrow the lane width by 20 percent [15], another study and based on the AV specifications says: AV could operate within lanes of width 2.3-2.6 meters[11].

Conclusions

- Firstly, the focus has to be on the existing road infrastructure construction, how it is appropriate for the autonomous vehicles and try to determine the critical parameters, which need necessary modifications or even change in the design guidelines for these parameters.
- To achieve useable results we need to do some experiments by driving the autonomous vehicles on different cases of the current roads because the theoretical studies still lack the practical side.
- Some software could help us to make a simulation on the current roads depending on the behavior both of the autonomous vehicles and the other road users.
- Autonomous vehicles are going to be a reality in the near future, which needs more effort that is serious from the stakeholders and decision-makers. The theoretical studies will not improve anything in fact without cooperation between the researchers, stakeholders, and decision-makers.

Acknowledgement: The research presented in this paper was carried out as part of the "Dynamics and Control of Autonomous Vehicles meeting the Synergy Demands of Automated Transport Systems (EFOP-3.6.2-16-2017-00016)" project in the framework of the New Széchenyi Plan. The completion of this project is funded by the European Union and co-financed by the European Social Fund.

References

[1] Anna Carreras, X. D., Erhart, J., & Ruehrup, S. (2018). Road infrastructure support levels for automated driving. 25th ITS World Congress, September, 12–20. https://www.inframix.eu/wp-content/uploads/ITSWC2018-ASF-AAE-Final-paper_v4.pdf

[2] Farah, H. (2019). State of Art on Infrastructure for Automated Vehicles. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

[3] Khoury, J., Amine, K., & Saad, R. A. (2019). An Initial Investigation of the Effects of a Fully Automated Vehicle Fleet on Geometric Design. Journal of Advanced Transportation, 2019. https://doi.org/10.1155/2019/6126408

[4] Kim, K., Yook, D., Ko, Y., & Kim, D. (2015). an Analysis of Expected Effects of the Autonomous Vehicles on Transport and Land Use in Korea. Working Paper, 1–29. http://marroninstitute.nyu.edu/uploads/content/Kim,YookDevelopment_of_Autonomous_Driving_SystemMarron.pdf

[5] Merat, N., & Lee, J. D. (2012). Preface to the special section on human factors and automation in vehicles: Designing highly automated vehicles with the driver in mind. Human Factors, 54(5), 681–686. https://doi.org/10.1177/0018720812461374

[6] Meyer, G., & Beiker, S. (2016). Road Vehicle Automation Lecture Notes in Mobility 3. In Lecture Notes in Mobility Road Vehicle Automation. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40503-2

[7] Norman, D. A. (2015). The Human Side of Automation -jnd The Human Side of Automation. January 2015, 73–79. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19078-5

[8] Paulsen, J. T. (2018). Physical Infrastructure Needs for Autonomous & Connected Trucks-An Exploratory Study. June.

[9] Borsos, A., Birth, S., & Vollpracht, H. J. (2016). The role of human factors in road design. 6th IEEE Conference on Cognitive Infocommunications, CogInfoCom 2015 - Proceedings, October 2015, 363–367. https://doi.org/10.1109/CogInfoCom.2015.7390620

[10] Nitsche, P., Mocanu, I., & Reinthaler, M. (2014). Requirements on tomorrow's road infrastructure for highly automated driving. 2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo, ICCVE 2014 - Proceedings, 939–940. https://doi.org/10.1109/ICCVE.2014.7297694

[11] Acma, L. O., & Mciht, C. (2018). *Ro a d s f or t h e Fu tu re Dedi ca t ed D ri ver l ess S pa ces*. (Acma & Mciht, 2018)

[12] Hcm, I., & Results, A. T. (2000). Highway capacity manual.

[13] American Association of State Highway and Transportation Officials - AASTHO. (2018). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition.

[14] https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/grundlagen/autonomes-fahren-5-stufen/?redirectId=quer.5stufen

[15] http://smarttransport.solutions/2018/08/07/transportation-infrastructure-impacts/

Effects of the autonomous vehicle on road capacity

Dr. Richárd Horváth

Széchenyi István University
telephone: +36 96 613561
e-mail: richard.horvath@sze.hu

Abstract: In the last years more and more cars travel on the roads with different automation levels. Machine drivers or the comfortable systems follow the rules, but human drivers travel by different behaviors. In the next 20-30 years people will probably drive, so they will cause problems in the transportation system with their eclectic driving styles. The article examines the effect of the different behaviors on road capacity. What happens in congestion if mixed traffic tries to run? How will the single road capacity change and what will happen on the network level?

Keywords: autonomous vehicle, road capacity, simulation, driver behavior

Introduction

Nowadays in an urban environment the capacity of roads in peak time is not sufficient. Each road section has its own critical capacity. If the traffic reaches this limit and only a few more cars arrive, the speed of traffic will be reduced and if more cars come, it will stop altogether. This problem is interesting for traffic planners. But what happens if new autonomous cars follow traffic regulations? In the best case scenario nothing will happen because the human drivers will also follow regulations, but usually humans follow the rules flexibly. This article presents a survey about the behavior of human drivers at a 30 km/h speed limitation.

1. Base parameters of traffic flow

In 1934 Greenshields [1] introduced a diagram which presented the relationships between the base parameters of traffic. The road traffic is characterized by the following parameters:

- headway – it is a time which shows how often cars arrive to a road segment
- speed of the car
- maximum speed – speed which is legal on a given road segment. In a city environment it is usually 50 km/h but sometimes reduced to 30 km/h.
- gap – distance between the end of the first car and the front of the next car
- traffic volume
- traffic density

We can count traffic density, when we take an aerial picture about the road and count how many cars there are in a 1-km-long road segment but it is easier if we calculate it. These parameters are measurable but for the maximum capacity of the road we need other parameters:

- the behavior of drivers
- the technical parameters of cars

The traffic flow can be recorded by measuring the parameters of a particular cross-section over a time interval dt by means of so-called local observations or measurements at a given time over a path interval dx, which are so-called momentary observations [2]

The next figure shows the relationships between measured and calculated data. It is the fundamental diagram of traffic.

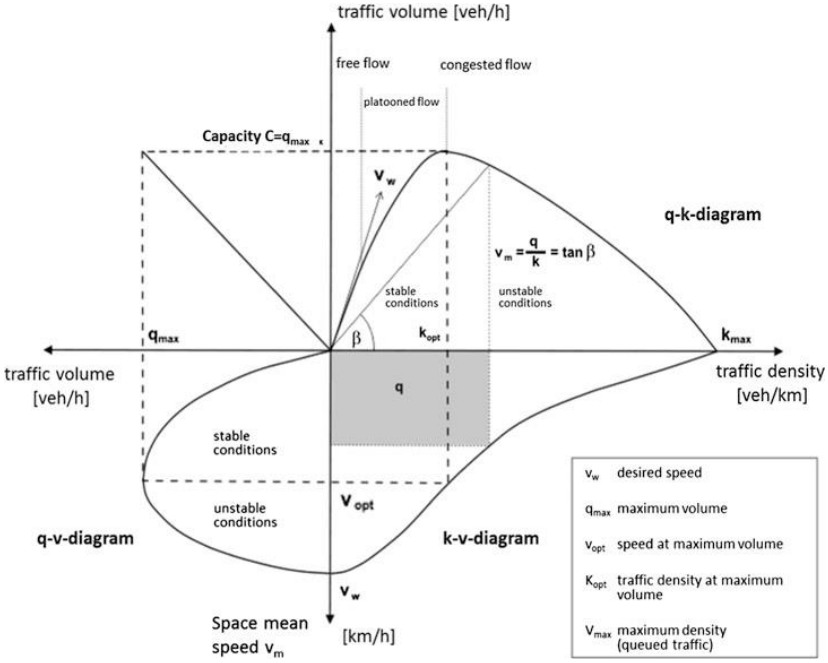


Figure 1. Fundamental diagram of traffic [1]

From Figure 1, we can determine the maximum capacity of a given road. The gray area shows the ideal parameters of traffic.

2. Road capacity and bottleneck on the road

As the last picture shows the capacity of the road depends on the legal speed on the road. If we create a speed limitation on the middle of a road segment, the capacity will be reduced. In an ideal case, in an urban environment cars run on the road with a speed of 50 km/h. At the speed limitation, cars reduce the speed till the end of the limitation and after that increase the speed to 50 km/h. With speed limitations, we reduce the capacity but not only at the segment of limitation but on the whole road section. After the limitation, cars increase their speed but the number of cars is limited by the speed limitation.

This incident causes a bottleneck in simple cases at this road section. In a city environment each road section depends on other roads, so the result of one limitation can cause quite big problems on other parts of the network.

The next picture shows a traffic situation on road 10 in Nyergesújfalu. I think it is not an extreme situation on the Hungarian road networks. Road 10 at this point arrived to Nyergesújfalu. The volume of traffic is 8000 vehicles per day.

Figure 3. Example road segment with different speed limitations (Source: Google Streetview)

In this situation a human driver can decide what the suitable speed is but there are several different limitations:

- Built-up area sign – legal speed limit 50 km/h
- Built-up area sign with speed limitation – legal speed limit 40 km/h
- After 80 m there is a sign with a speed limit of 60 km/h which increases the legal speed limit to 60 km/h
- After another additional 60 m there are traffic lights

In this situation it is quite a big job is to create the optimal traffic mode for autonomous vehicles. Probably the human driver disregards the first two rules and if the traffic lights are green he/she drives through with the speed of 60 km/h.

It is clear when drivers reduce the speed at a speed limitation, there the capacity is also reduced. The main problem comes after the limitation, where the cars can run faster – with the legal speed – but the capacity doesn't increase because the number of cars which drive according to the limitation determines the capacity and on the faster part the same number of cars run as on the slow part.

3. Examination of driver behavior

We examined the effect of speed limitations on the free flow in Szövetség Street in Győr. We made a video about this location as the next picture shows. We designated the time points with this video when the cars arrive to the measuring points.

Figure 2. Picture from the video

The video was made in the morning after 10 a.m. and we examined more than 80 cars which run through on this road. The choice of the reason of this time period was that the traffic wasn't disturbed from congestion. The cars run free and we examined the cars which didn't step on the brakes at the zebra crossing.

We measured the traffic at four points as shown in the next figure.

- Point M1 – zebra crossing which can be easily seen
- Point M2 – the second point is at the middle of the connecting road
- Point M3 – the third point is the middle of the next connecting road
- Point M4 – the fourth point is the last zebra crossing

The locality of the measurement is shown in the next figure.

Figure 2. Measured road segments and measuring points

The four points created three sections in this way:

- Segment 1 – 70 m long with speed limit of 50 km/h
- Segment 2 – 75 m long with speed limit of 30 km/h
- Segment 3 – 60 m long with speed limit of 50 km/h

In this case the cause of the speed limitation is a kindergarten. The importance of the limitation is that children arrive to the kindergarten in the morning. In the other time periods the limitation is not necessary, so we can examine the cause of this limitation very well.

The result of the measurements is shown in the next table. The meaning of the marked cell is the legal speed at the segment. What is interesting is that cars run with a similar speed on each segment without reference to speed limitations.

Table 1. Measured and legal speed at the examined road

	Road segment		
	A	B	C
time with speed of 30 km/h	8,4 sec	9,0 sec	7,2 sec
time with speed of 50 km/h	5,0 sec	5,4 sec	4,3 sec
travel time	5,8 sec	6,4 sec	5,3 sec
mean speed at measurement	43,6 km/h	42,1 km/h	40,4 km/h
travel time of the slowest driver	8,2 sec	8,8 sec	6,7 sec
speed of the slowest driver	30,7 km/h	30,6 km/h	32,2 km/h
length of the segment	70 m	75 m	60 m

In the previous table it is very interesting that the human drivers don't follow the rules. The slowest car drives faster than the minimum speed at the limitation. If we suppose a 10 % measuring error, the result in that case is also bad.

If new cars turn up on the road with an automated speed holding system, the problem will be big. In that case these cars follow the rules, so they reduce the capacity when the limitation is not valid. What is interesting is that for this effect it is enough for only one car to be on the given road.

Conclusions

The paper shows what happens when the use of traffic signs is not logical or the position of the signs is not correct. The solution is a uniform sign cluster system. With this system the operator can filter the problematic situations. The other benefit of this system is that with a uniform map the machines can create an optimal traffic.

The EU has a recommendation [3], which prefers the new uniform map which contains the rules and signs.

The measurement demonstrates that the human driver works in a different mode than the machine so we need other thinking modes for this new era when we plan a traffic possibility and the position of signs.

The other important job is to improve the verifying of the illegal or not relevant signs on the roads.

Acknowledgement:

The research presented in this article was carried out as part of the project in the framework of the New Széchenyi Plan, No. EFOP-3.6.2-16-2017-00016. The completion of this project is funded by the European Union and co-financed by the European Social Fund.

References

[1] FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2001) Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), pp. 3–19
[2] Markus Maurer · J. Christian Gerdes - Barbara Lenz · Hermann Winner: Autonomous Driving Springer Verlag, Berlin 2015 ISBN 978-3-662-48845-4
[3] Communication from the Commission - Action plan for the deployment of Intelligent Transport Systems in Europe https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52008DC0886 (February 2020)
[4] [5]Harsha Vardhan: HD Maps: New age maps powering autonomous vehicles https://www.geospatialworld.net/article/hd-maps-autonomous-vehicles/ (January 2020)

Gyalogosok viselkedésének feltárása az önvezető járművek döntéstámogatása érdekében

Fejes Izabella[1] – Dr. Földes Dávid[2]

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

[1]telefon: 70/4707858
e-mail: izabella11.07.if@gmail.com

[2]telefon: 20/570 4667
e-mail: foldes.david@mail.bme.hu

Kivonat: Az autonóm járművek széleskörű elterjedéséhez a többi közlekedő szándékának és viselkedési mintázatának feltárása szükséges, amelyek felhasználásával a jármű megfelelő reakciót tud adni konfliktus helyzetekben. Kutatásunk során a jármű-gyalogos találkozásra helyeztük a hangsúlyt. Célunk az elütéses balesetek megelőzését elősegítő módszer kidolgozása volt. Csomóponti helyszíni mérések és kérdőíves felmérés segítségével azonosítottunk a jellegzetes gyalogos mozgásokat. A helyszíni mérés alapján kategorizáltuk a gyalogátkelőhely-megközelítési mintázatokat, míg a kérdőíves kikérdezés alapján általános úttestkeresztezéssel kapcsolatos szokásokat és érzéseket tártunk fel. Megállapítottuk, hogy átkelés előtt az átkelőhely jellemző megközelítési szöge 90 fok, továbbá, hogy a gyalogátkelőhely megközelítést erősen befolyásolja a környezet (pl. közforgalmú közlekedési megálló közelsége), míg az átkelési viselkedést a gyalogátkelőhely kiépítettsége és a gyalogosok neme. Az eredmények a gyalogos lelépések előre becsléséhez nyújtanak segítséget, amelyeket az autonóm járművek szoftveres fejlesztésénél lehet felhasználni.

Kulcsszavak: autonóm jármű, közlekedésbiztonság, gyalogosvédelem, gyalogátkelőhely megközelítés, átkelési viselkedés

Bevezetés

Az önvezető közúti járművek sikeres adaptációjához a legvédtelenebb közlekedők, a gyalogosok védelme elengedhetetlen. A megfelelő biztonság megteremtéséhez a gyalogosok szándékának előrejelzése szükséges, amelyeket az autonóm járművek szoftverfejlesztésénél lehet használni. A megjelent tanulmányok [1], [2] a gyalogosok viselkedését többnyire algoritmusok segítségével becsülik meg (a gyalogost mozgó objektumokként tekintik, mozgásának jellemzői - irány, sebesség - alapján vetítik előre a várható jövőbeli helyzetét). A tanulmányok csak érintőlegesen foglalkoznak a kontextuális információk figyelembevételével (pl.: fej helyzete, tekintet [3]), valamint a gyalogosok érzéseinek felmérésével. Ebből kifolyólag kutatásunk során a gyalogátkelőhely megközelítési mintázatok és az átkelés közbeni érzelmek azonosítását és összefüggések feltárását tűztük ki célul. Kutatásunk alapkérdései: hogyan becsülhető előre a gyalogos lelépési szándéka; van-e kapcsolat az átkelőhelytípusa és a gyalogos viselkedése között; milyen érzések jellemzők az úttest keresztezése során, valamint, hogy mindezen feltárt jellemzők hogyan hasznosíthatók az autonóm járművek szoftveres fejlesztésekor. Csomóponti helyszíni mérések és kérdőíves kikérdezés segítségével jellegzetes gyalogos mintázatokat, érzéseket tártunk fel.

A cikk felépítésé a következő: az 1. fejezetben áttekintjük a releváns irodalmak eredményeit. A 2. fejezetben részletezzük az adatgyűjtési módszert (helyszíni mérés, kérdőíves kutatás). A 3. fejezet az adatok feldolgozásával kapott eredményeket és megállapításokat tartalmazza. Végezetül a kutatás során levont következtetéseket és a továbbfejlesztés irányait foglaljuk össze.

1. Irodalomkutatás

A legmagasabb automatizálási szinten lévő járművek fejlesztése során számos kihívás leküzdése szükséges (pl. gyalogosok érzékelése [4], együttműködés a többi gépjárművel [5], energiatöltés [6]) Az egyik legjelentősebb kihívás, hogy veszélyhelyzetben hogyan reagál egy autonóm jármű. Ilyen helyzet

kialakulásakor számos etikai kérdés merül fel (pl. ki meneküljön meg, „kinek ér többet az élete”). A döntések meghozatalában fontos szerepet játszhat a kulturális tényező is, a különböző kultúrában élők eltérő preferenciával rendelkeznek [7], [8]. Az etikai, vitatható felelősségi kérdések elkerülése érdekében törekedni kell a baleset megelőzésre [9]. A megelőzés szempontjából a résztvevők közötti kommunikáció fontos szerepet játszik a közlekedésben.

A jelenlegi hagyományos gyalogos – jármű (vezetője) között lezajló kommunikáció jellemzőiből következtetések levonása lehetséges a gyalogos és a vezető nélküli járművek közötti kommunikációra vonatkozóan. A gyakorlatban a nem verbális kommunikáció fontos szerepet játszik a közlekedésben (pl. szemkontaktus, villogás). Sok esetben ezen kommunikációs formák félreértéshez vezethetnek, azok szabályozatlansága miatt [10]. Fontos felismerni a rossz indulatú viselkedést is (pl. szándékos lelépés) a baleset elkerülése érdekében [11]. Az egyik megoldás erre az ún. „worst-case” szcenárió feltételezése és erre való felkészítése a szoftvernek. Azonban az óvatos vezetés nem feltétlenül csökkentené a balesetek számát; előfordulhat, hogy inkább fokozná azok mennyiségét [12].

Az utazás közbeni döntéshozatalt jelenleg is számos infokommunikációs megoldás támogatja a balesetek elkerülése érdekében; a cél, hogy a biztonságkritikus eseményeknél rendelkezésre álló rövid idő alatt is, a lehető legtöbb információ a résztvevők számára elérhető legyen [13]. A kutatások a V2X (Vehicle-to-Everything) kommunikációs technológia fejlesztésére fókuszálnak, azaz a járművek és környezetük közötti közvetlen kommunikáció fejlesztésére [14] – például: V2V (Vehicle-to-Vehicle, jármű-jármű), V2I (Vehicle-to-Infrastructure, jármű-infrastruktúra). Utóbbi alkalmazása gyakori például a parkolásirányítás területén [15]. Számos V2I fejlesztés a gyalogos biztonság fokozásában is részt vesz (pl. gyalogátkelőhelynél a járdába épített szenzor érzékeli a gyalogost és információt küld a közeli járműnek az átkelési szándékról). Ezen fejlesztések alapvetően ígéretesek, azonban egy üzemzavar a rendszer működésében magas biztonsági kockázatot jelenthet; szükséges a járművek érzékelőinek fejlesztése is, a közvetlen érzékelés finomítása. Emellett az információ megosztása jogi akadályokba is ütközhet [16]. A jármű és a gyalogos közötti kommunikáció a V2P (Vehicle-to-Pedestrian) valósítja meg. A V2P kommunikáció következő típusai különböztethetők meg autonóm jármű esetén:

1. A vezetőülésen egy humanoid robot ül, ami az emberi viselkedést, mimikát utánozva kommunikál a gyalogossal [17].
2. A szélvédő külső része képernyőként működik, így adva információt a gyalogosok számára. A képernyő a gesztusok és a tekintet helyettesítését szolgálja. Például a korábbi járművezetők gesztusainak és tekintetének kivetítése. Ez hasznosnak bizonyulhat és a felhasználót is megnyugtathatja [17].
3. Antropomorf autonóm jármű. Emberszerű autonóm járművek, amelyek képesek kommunikálni a gyalogosokkal, például a jármű bizonyos részei (pl. lámpa) az emberi arcra hasonlítanak. Így elérhető, hogy a jármű megtalálja a szemkontaktust és egyszerű arckifejezéseket mutasson, például a jármű felteszi a „karját” ezzel jelezve, hogy álljon meg a gyalogos [18].
4. Jelzések (pl. a gyalogátkelőhely) kivetítése az úttestre, ezzel jelezve az átkelési lehetőséget.

Nguyen és társai számítógépes modellel gyakori jelzőlámpa beállításokat kombináltak vizuális elemek segítségével (zöld, sárga, piros színek kivetítése a jármű által, ami a szándékára vonatkozik), amelyet virtuális valóság szimulátor segítségével reprezentálták 18 résztvevőnek, 4 különböző átkelési helyzettel. Megállapították, hogy a kiegészítő vizuális megjelenítések támogatják a résztvevők magabiztosságát a döntéshozatalban, akkor is, amikor az önvezető jármű sikertelenül érzékelte a jelenlétüket (pl. piros fény adása, ezzel jelezve, hogy nem áll szándékában a járműnek megállni) [19].

Trivedi és társai helyben elhelyezett kamerák segítségével képfelismerő szoftverrel azonosította a gyalogosokat és követte őket nyomon térképen [1]. Céljuk a gyalogosok számára veszélyesebb zónák felmérése volt. Kooij és társai már megkülönböztették a lassabb és gyorsabb mozgását a gyalogosoknak adott irányban így nyújtva pontosabb előrejelzést [2]. Ugyanakkor a gyalogosok szándékának becslésére kifejlesztett algoritmusok hibája, hogy korlátozottan képesek megjósolni az álló dolgok jövőbeli helyzetét, például amikor a gyalogos eléri az átkelőhelyet és megáll. Szintén problémát okoz a véletlen, ún. atipikus mozgások előre jelzése [3]. A dinamikus modellek csak akkor hatékonyak, ha folyamatos mozgást kell megfigyelniük.

Az irodalomkutatás során megállapítottuk, hogy a gyalogosok érzékelésével ugyan számos tanulmány foglalkozik technológiai szinten, de a mozgások előrejelzésével kevesebben. Továbbá az autonóm jármű és gyalogos közötti konfliktusok elkerülésével foglalkozó irodalmak a jármű-gyalogos közötti kommunikációra helyezik a hangsúlyt.

2. Módszer- gyalogosok viselkedésének feltárása

2.1 Helyszíni mérés

Helyszíni mérési módszertant dolgoztunk ki a különböző gyalogátkelőhelyeket megközelítő gyalogos forgalom átjáróval és úttal bezárt haladási szögének felmérése érdekében. A mérés eredményei alapján az átkelések, lelépések várható valószínűsége számítható, ami az autonóm járművek szoftveres fejlesztéséhez használható fel.

A mérés során a következő személyes jellemzőket különböztettük meg:

- korosztály: gyermek (<18), fiatal felnőtt (18-30), középkorú (31-60), idős (>60),
- nem,
- általános magatartás átkelés közben (szabályos/szabálytalan közlekedés),
- mozgásában korlátozottság.

A mérés során megfigyeltük, hogy az átkelőhelyen a járművek haladási irányához képest milyen szögben lépnek le a gyalogosok az átkelőhelyre, illetve, hogy az átkelőhely felé tartva milyen szöget zárnak be a közúttal. Kategóriákat határoztunk meg és vizsgáltuk, hogy milyen gyakorisággal kezdik meg a gyalogosok az átkelést az adott kategóriában, azaz általában milyen szögben közelítik meg a gyalogátkelőhelyet. A mérés szemrevételezéssel történik, így az eredmények közelítő értékek. A következő kategóriákat különböztettük meg.

- 0°,
- kisebb, mint 45°,
- 45°,
- nagyobb, mint 45°,
- 90°.

A mérés során kiegészítésként a gyalogosok szabálykövető magatartását is vizsgáltuk. Általános következetesek vonhatók le a gyalogátkelőhely kategóriák és a szabálytalankodó gyalogosok személyes jellemzői között. Ezek az autonóm jármű szoftverfejlesztésekor szintén szolgálhatnak bemeneti adatként (mely felhasználói csoporttól várható nagyobb valószínűséggel szabálytalan cselekedet).

A gyalogos viselkedést alapvetően befolyásolja a csomópont kialakítása és egyéb jellemzői, úgy mint, a közforgalmú közlekedés megállóhelyeinek közelsége és kialakítása (pl.: útmenti, középperon), a közúti és gyalogos forgalom nagysága, a közúti sávok száma, az úttest kialakítása (osztott, osztatlan), valamint az átkelőhely környékének kialakítása (pl. parkolójárművek, épületek, építmények takarása). Eltérő viselkedés tapasztalható a különböző átkelőhelytípusoknál is: nem kijelölt (utak kereszteződésénél), kijelölt, jelzőlámpával biztosított. Azonítottuk az önvezető járművek szempontjából leginkább kihívást jelentő gyalogátkelőhely kialakításokat (1. táblázat). Ezen esetekben a közlekedés kevésbé szabályozott jellege, vagy a szabálytalankodásra ösztönző kialakítás következtében az autonóm járműnek érdemes fokozott óvatossággal eljárni. Az átkelőhelyek többségénél a gyalogosoknak elsőbbsége van a járművekkel szemben, azonban a hezitáló magatartás miatt érdemes ezen kialakításokat is megvizsgálni, ugyanis ebben az esetben nem egyértelmű, hogy megkezdik-e az átkelést. A táblázatban dőlt betűkkel szedtük azokat az átkelőhelyeket, ahol a gyalogosoknak nincs elsőbbsége, ezért azok különösen veszélyes helyek, nagy figyelmet igényel a megközelítésük. Az utak mentén, nem kereszteződéseknél történő lehetséges átkeléseket nem vizsgáltuk.

Jelen kutatás keretében A1., A2., C2., C3. átkelőhely kialakításokon megfigyelhető mintázatokat vizsgáltuk. Az A1-es átkelőhelyet az alacsony járműforgalma és a közforgalmú közlekedési eszközök megállója miatt, az A2. helyszínt a középperonos megállóhelye és az alacsony járműforgalma, a C2. helyszínt a nagy forgalma és a középperonos megállóhelye és a C3 helyszínt az alacsony forgalma miatt választottuk. A mérést Budapesten a Móricz Zsigmond körtéren végeztük, ahol számos vizsgálandó átkelőhely kialakítás megtalálható. A vizsgált helyszíneket az 1. ábrán szemléltetjük, a kialakításuk azonosítóját zárójelben tüntettük fel. A mérést 2019. október 16-án 2 óra alatt végeztük, amely időtartam alatt összesen 544 gyalogost figyeltünk meg, közülük 297 volt nő és 247 volt férfi; az egyes helyszínekre bontva (nő/férfi): 1. helyszín: 45/43, 2. helyszín: 91/86, 3. helyszín: 74/63, 4. helyín: 87/55. Korosztályok megoszlása alapján: 37 gyermek, 244 fiatal felnőtt, 211 középkorú és 52 idős. A relatív nagy mintanagyság releváns következtetések levonását teszi lehetővé.

1. táblázat: Önvezető járművek számára kihívást jelentő gyalogátkelőhely kialakítások

Átkelőhelytípus	Kialakítás
A. Nem kijelölt gyalogátkelőhely	A1. Közeli közforgalmú közlekedési megállóhely (forgalmas/alacsony forgalmú) A2. Villamos megállóhely középszigettel fizikai elválasztás (korlát) nélkül (villamos érkezésekor nagy tömeg) A3. Villamos megállóhely középjárdasziget nélkül (villamos érkezésekor nagy tömeg) *A4. Útkereszteződés (fő út): egyenesen haladó járművek (megtévesztés)* *A5. Útkereszteződés (alárendelt út): egyenesen haladó járművek (megtévesztés*) A6. Fő út – alárendelt út: főútról jobbra kis ívben kanyarodás - forgalmas/ alacsony forgalmú A7. Fő út – alárendelt út: főútról balra nagy ívben kanyarodás - forgalmas/ alacsony forgalmú A8. Elkanyarodó főút keresztezése (megtévesztés)
B. Kijelölt gyalogátkelőhely	B1. Közeli közforgalmú közlekedési megállóhely (várható meggondolatlan) B2. Villamos megállóhely középszigettel - alacsony forgalom, nincs korlát (villamos érkezésekor nagy tömeg) B3. Fő út – alárendelt út: főútról jobbra kis ívben kanyarodás B4. Fő út – alárendelt út: főútról balra nagy ívben kanyarodás B5. Útkereszteződés: egyenesen haladó járművek - forgalmas/alacsony forgalmú, egy/több sávos (megtévesztés) B6. Több sávos út, nyílt pálya, egyenesen haladó járművek B7. Több sávos útról nagy ívben balra kanyarodás B8. Több sávos útról kis ívben jobbra kanyarodás B9. Nyílt pályán elhelyezett átkelőhely - egy/több sávos, forgalmas/alacsony forgalmú) B10. Körforgalom ki- és bejáratánál elhelyezett - egy/több sávos (megtévesztés)
C. Jelzőlámpával biztosított kijelölt gyalogátkelőhely	C1. Közeli közforgalmú közlekedési megállóhely (várható meggondolatlan) C2. Villamos megállóhely középszigettel (villamos érkezésekor nagy tömeg) C3. Több sávos útról egy sávos útra jobbra kis ívben kanyarodás - alacsony forgalom C4. Több sávos út, jobbra kis ívben kanyarodás - külön sáv, a járműveknek nincs jelzőlámpa C5. Több sávos út, alacsony forgalom, hosszú lámpa program (szabálytalan, türelmetlen gyalogos) C6. Jelzőgombos átkelőhely, hosszú lámpa program (türelmetlen, kétkedő gyalogos) C7. Kikapcsolt jelzőlámpa, több sávos út, általában éjszaka (nehezen megfigyelhető gyalogos) C8. Kikapcsolt jelzőlámpa, több sávos út, nagy ívben balra kanyarodás (nehezen megfigyelhető) C9. Kikapcsolt jelzőlámpa, jobbra kis ívben kanyarodás C10. Kikapcsolt jelzőlámpa, egy sávos út (nehezen megfigyelhető)

1. ábra: Móricz Zsigmond körtér – mérési helyszínek

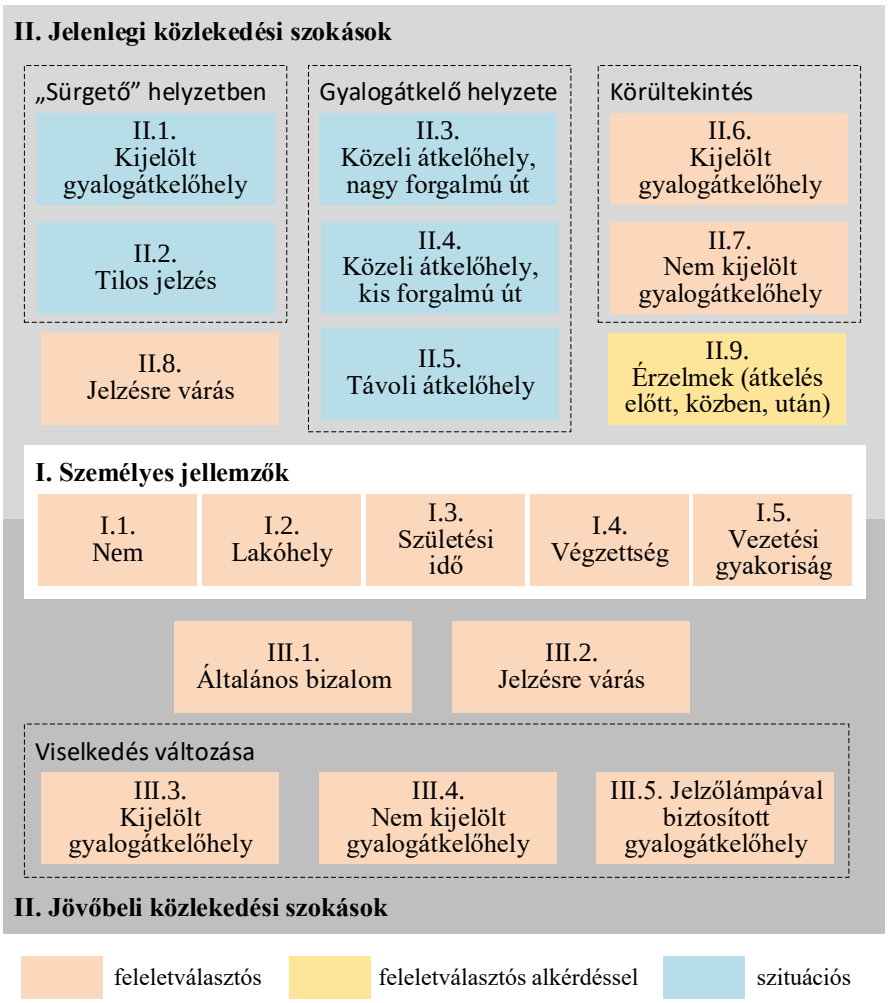
2.2 Kérdőíves felmérés

Kérdőíves felmérés elvégzésével tártuk fel a gyalogosok, mint közlekedési szereplők átkelési szokásait, érzéseit és azok változását az önvezető járművek megjelenésével. A kérdéseket az alábbi kérdéscsoportokba soroltuk:

I. személyes jellemzők,
II. jelenlegi közlekedési szokások,
III. jövőbeli közlekedési szokások (autonóm járművek megjelenését követően)

Olyan kérdéseket fogalmaztunk meg, amelyek alapján összefüggéseket lehet feltárni a gyalogosok személyes jellemzői és átkelési szokásai, érzései között.

A kérdőív szerkezetét a 2. ábrán foglaltuk össze. Egy kérdést egy doboz tartalmaz; a kérdéstípusokhoz eltérő színezés tartozik. A kérdéstípusok: feleletválasztós egy válasz megadásával (narancssárga), feleletválasztós alkérdésekkel, több válaszlehetőség megadásával (citromsárga); szituációt leíró (kék). Az alkérdések az átkelés előtti, közbeni és követő viselkedésre vonatkoznak. A szituációkat leíró kérdések szintén feleletválasztós kérdések, ugyanakkor mivel egy-egy konkrét elképzelt szituációra vonatkozik, emiatt külön típusként különböztettek meg őket; a szituációkat ábrával is szemléltettük.



2. ábra: Kérdőív felépítése

Az összefüggések megállapításakor a válaszok közötti kapcsolatot vizsgáltuk. A kiértékelést nemek szerinti bontás alapján készítettük; a gyalogosok szabálykövető magatartása, illetve a gyalogosokban lezajló érzelmekre helyeztük a hangsúlyt.

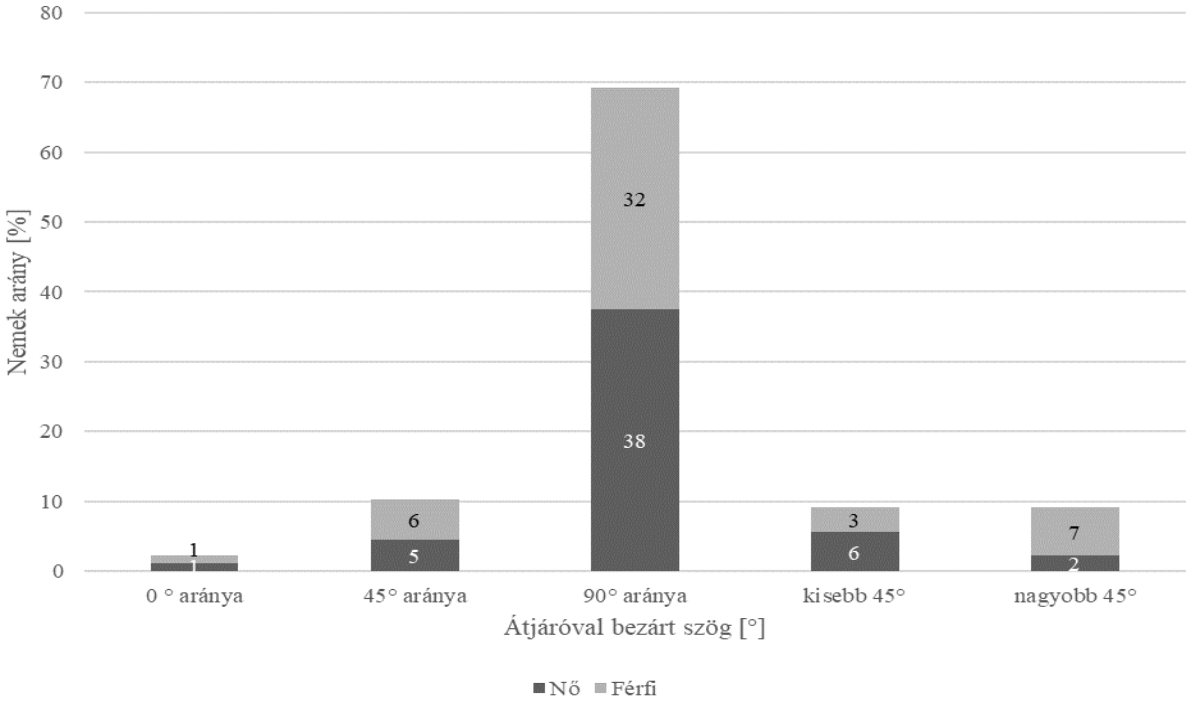
A kérdőív a Google Űrlapok segítségével készült. A felmérést 2019.09.29. - 2019.10.11. között, internetes kikérdezéssel végeztük. Összesen 173 darab válasz érkezett. Statisztikai mintavételes, vagy véletlenszerű mintás kikérdezésére nem volt lehetőségünk. A kérdőív közösségi oldalon, valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatói között került terjesztésre. Az eredmények nem reprezentatívak, azonban kezdeti összefüggések feltárása ezek alapján elvégezhető.

3. Eredmények és következtetések

3.1 Gyalogos átkelőhely megközelítése

Gyalogos haladási iránya – átjáróval bezárt szög

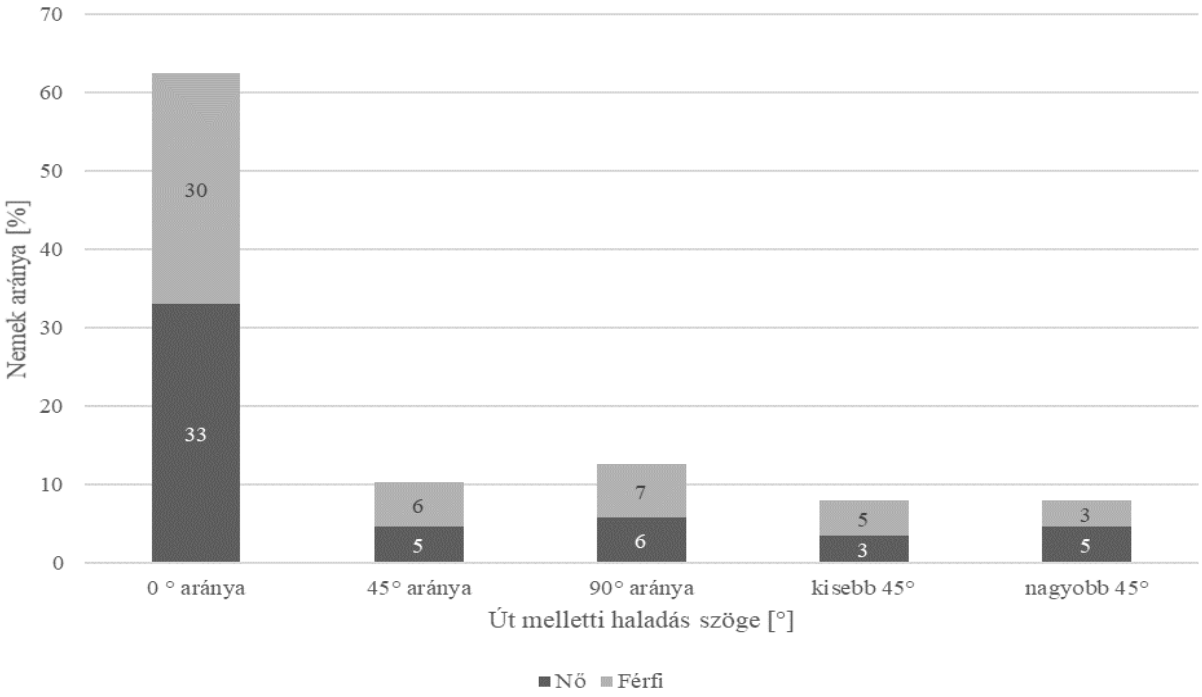
A gyalogos haladási iránya és az átjáróval bezárt szög megoszlását mutatja nemek szerint egy jelzőlámpával biztosított gyalogátkelőhelyen példaként a 3. ábra (1. helyszín, C3. kialakítás). A többi helyszínen mért adatok együttes kiértékelése után megállapítottuk, hogy a nemek alapján nem különül el számottevően, hogy a gyalogosok milyen szögben hagyják el a járdát. Továbbá, a gyalogosok helyszíntől függetlenül közelítik meg az átkelőhelyet és jellemzően 90° szögben lépnek rá.



3. ábra: Gyalogos haladási iránya és az átjáró által bezárt szög megoszlása nemek szerinti bontásban (1. helyszín, C3. kialakítás)

Gyalogosok haladási iránya – közúttal bezárt szög

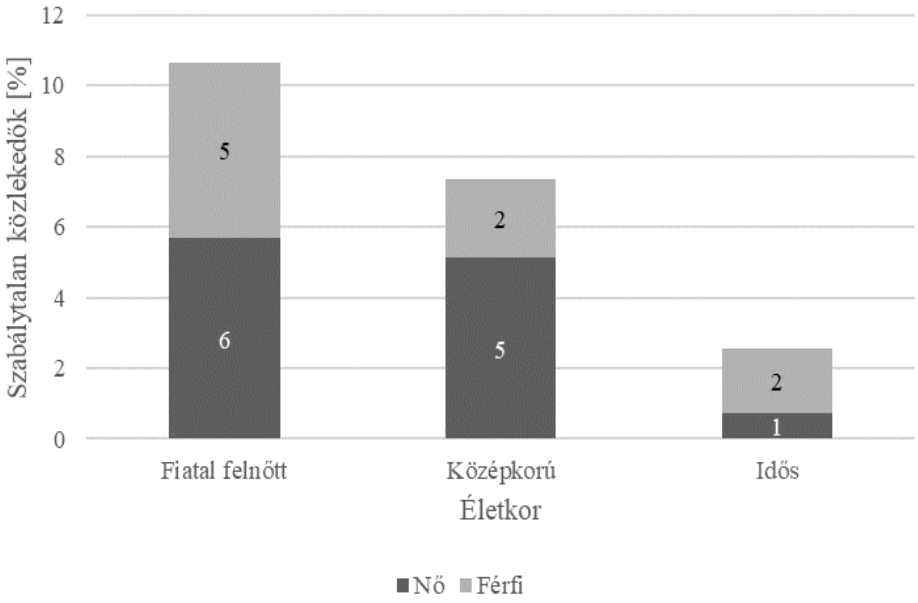
A gyalogosok úttesttel bezárt haladási szögének megoszlását mutatja nemek szerint példaként a 4. ábra (1. helyszín, C3. kialakítás). Az eredmények alapján, mind a négy helyszín esetében, a lelépési szögek nagyjából az átkelőhelyre történő lépésnek az ellentétei. Ez azzal magyarázható, hogy az átkelőhelyek kialakítása többségében merőleges a járdára. Az összes helyszínen mért adat kiértékelésével megállapítottuk, hogy az épületek alakja (például íves), valamint a parkoló helyek kialakítása, a parkoló járművek helyzete erősen befolyásolja a közelben lévő gyalogátkelőhelyek megközelítési módját (pl.: ha a haladás útjába esik egy aluljáró, akkor azt a gyalogosok kikerülik, így megszakad a párhuzamos haladás az úttal). Megállapítottuk továbbá, hogy a nagyobb, csak a gyalogosok számára kialakított területről érkezők a szabad mozgás lehetősége ellenére is az úttal párhuzamos mozgást preferálják. A közforgalmú közlekedési megállóhelyek befolyásoló hatása is jelentős a jármű elhagyását követő gyaloglási fázisnál (pl.: körültekintés nélkül lép az úttestre, hogy elérje a villamost). Éppen ezért érdemes figyelembe venni a megállóhelyek és a legközelebbi átkelőhelyek kialakítását az autonóm járművek szoftveresfejlesztésénél; a jármű a gyalogos haladási irányának, lelépési szögének detektálásával következtethet az átkelési szándékra, ezáltal felkészülhet az időben történő megállásra. A mérés legfőbb eredménye: az úttestre lépés leggyakoribb szöge a 90°, vagyis merőleges, az út mellett haladás szöge pedig a 0°, vagyis a gyalogosok általában párhuzamosan haladnak az úttesttel mielőtt lelépnének a gyalogátkelőhelyre.



4. ábra: Gyalogosok közúttal bezárt haladási szöge nemek szerinti bontásban (1. helyszín, C3. kialakítás)

Szabálytalan magatartás

A mérési helyszíneken összesített szabálytalan magatartás megoszlását mutatja az 5. ábra személyes jellemzők alapján (nem, életkor). A mérés során a gyalogosok megközelítőleg 80%-a szabályosan közlekedett. A mért eredmények alapján megállapítottuk, hogy a férfiak szabálytalanabbak, valamint jellemzően fiatal felnőttek azok, akik a legtöbb szabálytalanságot elkövették (gyermekek körében nem tapasztaltunk szabálytalanságot). A megállapított adatok alapján a fiatal férfiakat és nőket nagy odafigyeléssel érdemes megközelítenie az önvezető járműveknek.



5. ábra: Szabálytalanul közlekedők

3.2 Úttest keresztezési szokások

Körültekintő magatartás

A kérdőíves felmérés válaszainak kiértékelése alapján a gyalogosok általában körültekintően közelítik meg a gyalogátkelőhelyeket. A kitöltők nagy része egy kevésbé biztosított átkelőhelyen sürgető helyzetben (pl.: ha siet a közforgalmú közlekedési eszközhöz) nagyobb körültekintéssel jár el, mint egy jelzőlámpával biztosított kereszteződésnél (II.1., II.2. kérdések). A helyszíni mérés alkalmával azonban ennek az ellenkezőjét tapasztaltuk. Ennek oka lehet, hogy nem a megfigyelt személyek töltötték ki a kérdőívet, továbbá, hogy a kérdőív anonimitása ellenére sem vallják be a kitöltők, ha szabálytalanul közlekednek. Az előző megállapítás alapján is következik, hogy a közforgalmú közlekedés fontos befolyásoló tényező a gyalogosok viselkedésének szempontjából. A helyszíni mérés eredményeit és a kérdőívre érkezett válaszokat összevetve megállapítottuk, hogy a gyalogosok kiszámíthatatlanabb módon viselkednek a közforgalmú közlekedési eszköz érkezésekor és az utascsere időtartama alatt. Ugyanakkor az általánosan körültekintő magatartást erősíti, hogy a kitöltők körében nem fordul elő gyakran, hogy nem néznek körül mielőtt lelépnek a kijelölt gyalogátkelőhelyre (a kitöltők csupán 15%-a tekint csak esetenként körül) (II.6. kérdés). Az autonóm járműveknek célszerű a közforgalmú közlekedési eszközök menetrendi és valós érkezését is figyelembe venni, ha a megálló közelébe érnek; ezen esetekben nagyobb valószínűséggel számíthatnak kilépő, szabálytalankodó gyalogosra.

Szabálytalan magatartás

A nem kijelölt, de szabályos helyen (pl. utak keresztezésénél) történő átkelések gyakoriságát nemek szerinti bontásban a 2. táblázatban foglaltuk össze (II.7. kérdés) Az eredmények alapján a férfiak többször rövidítik le így útjukat, mint a nők.

2. táblázat: Nem kijelölt helyen (szabályos) történő átkelés gyakorisága nemek szerint [%]

Nemek	Mindennap	Rendszeresen	Ritkán	Soha
Nő	12	31,5	52,5	4
Férfi	41	29	30	0

A válaszadók bevallása alapján a tilos jelzésen történő áthaladás gyakoriságának megoszlását nemek szerint a 3. táblázatban mutatjuk be (II.2. kérdés). A férfiak többsége a tilos jelzés ellenére is átkel, ha nem látja értelmét a kihelyezett jelzőlámpának.

3. táblázat: Tilos jelzésen átkelés megoszlása nemek szerint [%]

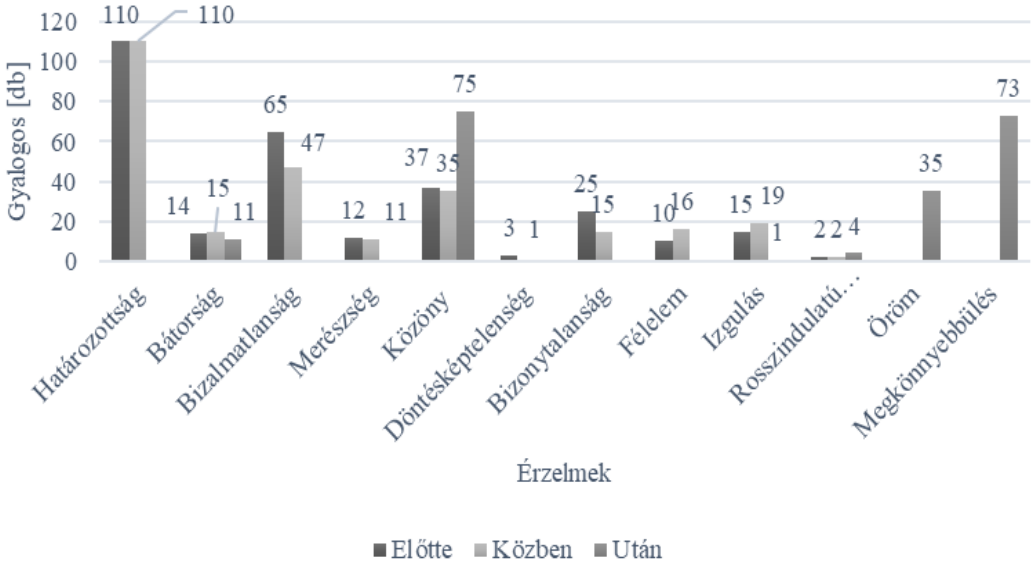
Nemek	Soha	Akkor, ha nem látja értelmét a tilos jelzésnek	Gyakran
Nő	62	37	1,5
Férfi	38	57,5	4

Felmértük a szabálytalan helyen történő átkelés gyakoriságát is. Megállapítottuk, hogy a férfiak többször kelnek át nem átkelőhelyként működő szakaszán az útnak (56%, amelyből 23% rendszeresen rövidíti le az útját).

Összességében megállapítottuk, hogy fontos befolyásoló tényező a gyalogos neme az átkelési viselkedés alakulásában; a férfiak körében gyakrabban előfordul a szabálytalanság, mint a nők körében. Az autonóm járműveknek érdemes detektálni a gyalogos nemét, amelyből következtetés levonása lehetséges a szabálytalanság elkövetésének valószínűségére.

Érzelmek

A kitöltőkben az úttestkeresztezése által kiváltott érzelmeket a 6. ábrán foglaltuk össze, megkülönböztetve a folyamat megkezdése előtti, közbeni és befejezése utáni állapotot (II.9. kérdés). A kitöltők többsége határozott mielőtt lelép és átkelés közben is az. A férfiak általánosságban határozottabbak, mint a nők, ezért várhatóbb, hogy a nők inkább megállnak és megvárják, hogy lassítson a jármű vagy jelezzen nekik. Átkelés közben a kitöltők többsége határozott. Átkelés után pedig sokan megkönnyebbülnek vagy pedig nem táplálnak semmilyen érzelmet. A kitöltők körében nagy számban fordulnak elő bizonytalan közlekedők is átkelés közben, akiknek szükséges lesz az autonóm járművek részéről valamilyen jelzés adása. Érdemes figyelmet fordítani a mimika, testtartás és gesztikulálás detektálására is az autonóm járművek esetében, amelyekből kikövetkeztethető a lelépési szándék.



6. ábra: Átkelés közbeni érzelmek

Kijelölt gyalogátkelőhely távolsága

Az átkelőhely távolsága és a forgalom sűrűsége fontos befolyásoló tényező az átkelési hajlandóság és viselkedés során. Az egy-egy elképzelt szituációra adott (II.3., II.4., II.5. kérdések) válaszok alapján, azon esetekben amikor az átkelőhely közel helyezkedik el az aktuális pozícióhoz a forgalom nagyságának mérlegelésével dönt a gyalogos, hogy szabálytalanul kel-e át, vagy elmegy a kijelölt gyalogátkelőhelyig. A kitöltők nagy forgalom esetén a gyalogátkelőhelyet választanák (95%), ezzel szemben alacsony forgalom esetén a kitöltők 57%-a menne csak el a kijelölt átkelőhelyig. Ez az autonóm járművek fejlesztése szempontjából szintén fontos tényező, ugyanis egy alacsonyabb forgalmú úton nagyobb eséllyel sétál ki egy gyalogos, egy a jármű számára váratlan helyen, mint egy forgalmasabb úton.

Autonóm járművek megjelenése

A gyalogosok átkelőhelytípusok szerint eltérő módon reagálnának az autonóm járművekre; eltérően viselkednek és eltérő „viselkedést” várnak el a járműtől. A válaszadók körében a nők 30%-a negatívan reagálna egy ilyen jármű érkezésére egy jelzőlámpával nem biztosított helyen és valamilyen jelzésre várnának átkelés előtt. A férfiak jobban elfogadják az autonóm járműveket (csupán 22%-a nem örülne, ha ilyen járművek közlekednének az utakon). Jelzőlámpával biztosított helyzetben már kevésbé tartanának az autonóm járművektől a nők is (66%). A kitöltők többsége autonóm járművek közlekedése esetén kevésbé merne átkelni egy nem kijelölt gyalogátkelőhelyen. Közel negyedük, inkább kerülne egy kijelölt gyalogátkelőhelyig. Az autonóm járművekkel – valószínűsíthetően a fejlesztés kezdeti fázisa miatt – nagy a bizalmatlanság. Ugyanakkor a kezdeti fázisban az autonóm járművek megjelenése szabályos viselkedésre sarkallhatja a gyalogosokat. Bizonyos tanulmányok felvetik [16], hogy az autonóm járművek emberi vonásokkal történő felruházása a járókelők bizalmának elnyerését szolgálja. A kérdőívre érkezett válaszok azonban az ellenkezőjét mutatják. A válaszadók jobban preferálták azokat a megoldásokat, ahol a jármű fény- vagy hangjelzés segítségével tudatná, hogy érzékelte a gyalogost és átengedi, esetleg egy felirattal, vagy a kivetített átkelőhely képével (A kitöltők 98%-a választotta a zebra képének kivetítését és valamilyen jelzés adását (pl.: hang)).

Konklúzió

Ahhoz, hogy az autonóm járműveket alkalmazó közlekedési rendszerben javuljon a közlekedésbiztonság, a közlekedők, elsősorban a sérülékeny utazók szándékának előrejelzése szükséges. A kutatás során csomóponti helyszíni mérések és kérdőíves felmérés segítségével azonosítottunk a jellegzetes gyalogos mozgásokat, viselkedési formákat, valamint úttestkeresztezés közbeni érzelmeket. Az eredmények felhasználásával az autonóm járművek szoftveresfejlesztése során szélesebb kép kapható a gyalogosok szándékáról, előre becsülhető a következő lépésük. A kutatás legfőbb megállapításai a következők:

- Nemek szerint nem különül el a járda elhagyásának szöge. Így az egyén neme nem befolyásolja, hogy milyen szögben várható a lelépés. A leggyakoribb lelépési szög a 90°. Az autonóm járműnek számítania kell a gyalogos lelépésére, ha a jármű az átkelőhelynél 90°-os szöget állapít meg a gyalogos mozgási iránya és az átkelőhellyel bezárt szög esetében.
- Az úttal bezárt szögek a mért helyszínek mindegyikénél az átkelőhelyre történő lelépésnek az ellentétei. Amikor a gyalogos 90°-os szögben lépett le, addig az átkelőhely felé az estek nagy részében az úttal párhuzamosan haladt. Az autonóm jármű az útmenti haladás szögéből következtetni tud arra, hogy át fog-e kelni a gyalogos; azonban ezt az átkelőhelytől nagy távolságokra nem célszerű alkalmazni.
- A szabad mozgás lehetősége ellenére is az úttal párhuzamos haladás a jellemző. Ez a gyalogosok szándékának előre becsléséhez fontos paraméter, kikövetkeztethető, hogy hol fog átkelni.
- A közforgalmú közlekedés számára kialakított megállóhelyeknek befolyásoló szerepe jelentős a le- és felszálló gyalogosok útválasztására. A megállóhelyek és átkelőhelyek egymáshoz képesti helyzete alapján a jármű következtetni tud arra, hogy milyen szögben lépnek le elé és hol a gyalogosok, ezáltal felkészülhet az időben történő megállásra.
- Fontos befolyásoló tényező az előre becslésben a gyalogos neme is, a férfiak körében gyakrabban fordul elő szabálytalanság. Valamint a férfiak határozottabbak átkelés során a nőknél.
- A nők bizonytalanabbak az önvezető járművekkel szemben.
- Az autonóm járművek megjelenése szabályos viselkedésre sarkallja a gyalogosokat addig, amíg már megszokott nem lesz a jelenlétük.
- Nem feltétlenül szükséges emberi vonásokkal ellátni az önvezető járműveket, ahhoz, hogy a gyalogos átkelés közbeni biztonságérzete növekedjen.

A tématerület újszerűsége és társadalmi ismeretlensége kihívást jelentett a kérdőív összeállítása során; a kérdéseket úgy kellett összeállítani, hogy kevés háttértudással is megválaszolhatók legyenek, ugyanakkor releváns következtetések levonását is lehetővé tegyék. A területben rejlő kutatási potenciál jelentős, így a jövőben számos irányban fejleszthető a kutatás; az azonosított átkelő kialakítások mindegyikén elvégezzük a méréseket. Továbbá az eredmények felhasználásával olyan alkalmazást fejlesztünk, amely a valószínűség számítás segítségével megjósolja annak a valószínűségét, hogy lelép-e a jármű elé egy gyalogos annak haladási szöge és személyes jellemzői, valamint a terület kialakítása alapján.

Köszönetnyilvánítás

EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén - A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP-MI/FM) tématerületi programja keretében.

Irodalomjegyzék

[1] Trivedi M. - Moeslund T. – Møgelmose A.: Trajectory analysis and prediction for improved pedestrian safety: Integrated framework and evaluations. in Intelligent Vehicles Symposium (IV) 330–335. 2015, DOI 10.1109/IVS.2015.7225707

[2] Kooij J. – Schneider N. – Gavrila D.: Analysis of pedestrian dynamics from a vehicle perspective. in Intelligent Vehicles Symposium, Dearborn, Michigan, USA, 2014,1445–1450.

[3] Rasouli A. – Kotseruba I. – Tsotsos J.: Understanding Pedestrian Behavior in Complex Traffic Scenes. Transactions on Intelligent Vehicles, 3:1-9, 2018, DOI 10.1109/TIV.2017.2788193

[4] Wang H. – Wang B. – Liu B. – Meng X. – Yang G.: Pedestrian recognition and tracking using 3D LiDAR for autonomous vehicle Robotics and Autonomous Systems 88:71-78, 2017 https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.11.014

[5] Ali A. – Jiang L. – Patil S. – Li J. – Heath R.: Vehicle-to-Vehicle Communication for Autonomous Vehicles: Safety and Maneuver Planning 2018, 88th Vehicular Technology Conference, DOI: 10.1109/VTCFall.2018.8690946

[6] Csonka B. – Csiszár Cs.: Determination of Charging Infrastructure Locations for Electric Vehicles. Transportation Research Procedia, 27:768–775, 2017. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.115

[7] Blyth P. – Mladenovic M. - Nardi B. – Su N. – Ekbia H.: Driving the Self-driving Vehicle: Expanding the Technological Design Horizon. Dublin. 2015. International Symposium on Technology and Society, DOI: 10.1109/ISTAS.2015.7439419

[8] Bonnefon J. - Shariff A. - Rahwan I.: The Social Dilemma of Autonomous Vehicles. Science, 352:1573–1576, 2016. DOI: 10.1126/science.aaf2654

[9] Lukovics M. - Udvari B. - Zuti B. - Kézy B.: Az önvezető autók és a felelősségteljes innováció. Közgazdasági Szemle, LXV, 949–974., 2018.

[10] Risser R.: Behavior in traffic conflict situations. Accident Analysis & Prevention, 17: 179–197, 1985

[11] Färber B.: Communication and communication problems between autonomous vehicles and human drivers, in Autonomous Driving, 125–144, 2016 DOI: 10.1007/978-3-662-48847-8_7

[12] Johnston D.: Road accident casuality: A critique of the literature and an illustrative case. Ontario: Grand Rounds. Department of Psychiatry, Hotel Dieu Hospital 1973.

[13] Winkler Á. – Horváth B.: Intelligent decision support technologies in public and individual transport. Intelligent Decision Technologies, 11(4):441-449, 2017. DOI: 10.3233/IDT-170307

[14] Silberg G. – Manassa M. – Everhart K. – Subramanian D. – Corley M. – Fraser H. – Sinha V.: Self-driving car: Are we ready? KPMG, tanulmány, 2013. https://www.kpmg.com/Ca/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/selfdriving-carsnext-revolution.pdf (2019.10.28.)

[15] Sándor Zs. – Csiszár Cs.: Role of Integrated Parking Information System in Traffic Management. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 59(3):327-336, 2015. DOI: 10.3311/PPci.7361

[16] Mirnig N. – Kühnlenz B. – Sosnowski S. – Landsiedel C. – Wollherr D. – Weiss A. – Tscheligi M.: Feedback guidelines for multimodal human-robot interaction: How should a robot give feedback when asking for directions? in Robot and Human Communication (ROMAN), International Workshop, 533–538, 2012, DOI: 10.1109/ROMAN.2012.6343806

[17] Mirnig N. – Perterer N. – Stollnberger G. – Tscheligi M.: Three Strategies for Autonomous Car-to-Pedestrian Communication: A Survival Guide. in the Companion of the International Conference, 209-210, 2017, DOI: 10.1145/3029798.3038402

[18] Kooij J. – Schneider N. – Flohr F. – Gavrila D.: Context-based pedestrian path prediction. in 618–633, 2014.

[19] Nguyen T. – Holländer K. – Hoggenmueller M. – Parker C. – Tomitsch M.: Designing for Projection-based Communication between Autonomous Vehicles and Pedestrians, the 11th International Conference, 2019, DOI: 10.1145/3342197.3344543

New Motion Planner Architecture Utilizing Safety Feedback

Csaba Hajdu[1] – Rudolf Krecht[2] – Áron Ballagi[3]

[1]**Széchenyi István University, Research Center of Vehicle Industry**
telephone: +36306165719
e-mail: hajdu.csba@ga.sze.hu

[2]**Széchenyi István University, Research Center of Vehicle Industry**
telephone: +36706660478
e-mail: krech.rudolf@ga.sze.hu

[3]**Széchenyi István University, Department of Automation**
e-mail: ballagi@ga.sze.hu

Abstract: Autonomous vehicles and autonomous mobile robots have recently become a promising research field. Both areas share common complex problems with typically strict requirements. One of these tasks is motion trajectory planning and execution, which is essential in both areas. On the other hand, current publicly available planner software is usually rigid in realization. Extension with error handling procedures and fault-tolerant measures is a relatively difficult process, although safety is a critical factor in both applications. We propose a planner architecture which is aimed to be highly extendable, focusing on flexible and safe error handling, based on multiple levels of fault analysis. Our architecture outsources error handling to other software components and decomposes the motion planning problem to cyclical processing. Alongside an initial implementation, we offer a temporal monitor which provides error stream to the planner software.

Keywords: motion planning, autonomous vehicles, mobile robots, fault-tolerance, safety-critical software, temporal monitoring

Introduction

Autonomous vehicle and mobile robot research became a prominent field recently. It is a multidisciplinary area combining the results of other fields, like artificial intelligence, automotive engineering, and control theory. It deals with the development of mobile (wheeled and legged) robots and vehicles. Frequently, robots may operate in a safety-critical setup, posing potential threats to property and humans. Motion planning can be considered as a typical example of a safety-critical task, which must provide a motion strategy avoiding collisions and dangerous situations in a reliable way. As related work, popular approaches in motion planning are briefly described in the second section of this article.

The reliability of the software can be achieved through different verification measures. In our solution, we focus on creating a software architecture inspired by runtime monitoring. We identify error-handling as an essential part of the system. Also, we delegate tasks to reactive programs governed by signals generated by monitoring and perception components. We intended to minimize and detach a large portion of the perception and detection tasks processed by the motion planner components. Our goal is to provide an architecture of high extendibility and reusability which corresponds to the manifesto of distributed systems. The components also support error feedback information back to the monitoring components. On the other hand, error handling methods can be classified into different levels of flexibility. The architecture, identified components, and the levels of error handling are described in the third section.

The implemented components are using a widely-used communication middleware (Robot Operating System – ROS [1]) and interface the open-source automotive software framework, *Autoware* [2]. This article can be considered as a vision proposal to a new motion planning framework, identifying the main required components to the system. A working implementation, using the *time-elastic band* approach as the local planner method and simple monitoring is described in the fourth section of this article.

In the final section, we summarize the results of our proposal of a new motion planning architecture capable to be extended with different motion planning and runtime monitoring approaches, planning to combine reflexive feedback with more sophisticated, soft-computing based learning approaches. Our

motion planning architecture targets both mobile robots and autonomous vehicles, but currently, we focus on creating a motion planner software applicable in low-speed automotive use-cases.

1. Problem motivation

We develop a test vehicle with autonomous functionalities tasks at Széchenyi István University since the first semester of 2019. The car is an electronically modified *Nissan Leaf* to suit our requirements and use-cases (depicted in Figure 1). Our plans include to perform and investigate simple automated traffic scenarios, including but not limited to parking, obstacle avoidance, perception, and machine-to-machine collaboration scenarios. Some of the autonomous functionalities have been successfully demonstrated in the opening ceremony of *ZalaZone automotive testing ground*. Our vehicle is currently equipped with the typical sensors related to autonomous vehicles: LIDARs, cameras and the intrinsic sensors (e.g. odometry reading). The sensory data is processed by a high-performance embedded computer (NVIDIA Xavier) capable of performing highly parallelized tasks, like computer vision and machine-learning related tasks. The control interface is based on a reliable real-time device (National Instruments cRIO). To boost the validation process, we created a simulated version of the vehicle and additional test environments.

Figure 1 Nissan Leaf test vehicle performing on the ZalaZone testing ground, and in a simulated environment

2. Related work

Motion planning is an actively studied field with decades of experience and methods suitable for specific use-cases [3]. Typical algorithms (e.g. RRT*[4], A*) have been incorporated into the *Open-Motion planning library* (OMPL) [5]. Mobile robots and vehicles both propose specific requirements, which created specific motion planning implementations. Some specific implementations have been incorporated into robotic and automotive frameworks.

Motion planning methods await a goal pose, the instantaneous and historical state of the system, and provides a trajectory (a list of pose and velocity vectors). The motion planning problem is usually divided into two subtasks. *Global planning* considers the global environment of the system, also referred to as the *global belief state*. It is usually a belief map of the whole operating environment (e.g. a house interior), which can be imagined as a chain of belief state snapshots (e.g. belief state produced by a *simultaneous localization and mapping* – SLAM algorithm). In the case of autonomous vehicles, it is typically the (partial) geographic information used for route planning. On the other hand, *local planning* processes only the instantaneous belief state and may modify the global trajectory according to dynamic changes of the proximate environment (i.e. obstacle avoidance). It is closely related to the *path tracking* problem, which deals with translating the generated trajectory into a control reference to the target system. In contrast, *path tracking* focuses on instantaneously following a generated trajectory. The most simple approach is a pure geometric approach (pure-pursuit, Stanley controller) or optionally considering the dynamic model of the system (e.g. model-predictive control). In summary, *global planning* creates a coarse trajectory providing a trajectory from the initial state of the system to the goal pose, and *local planning* provides the modified trajectory to avoid appearing obstacles. Figure 2 summarizes the motion planning concepts, with inputs and outputs.

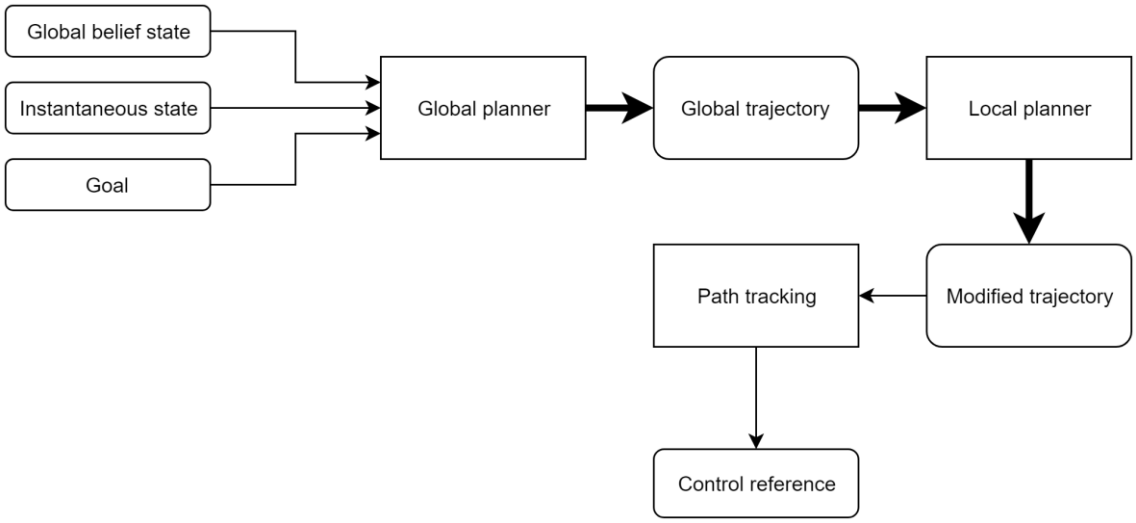


Figure 2 Architectural view of motion planning

In the case of global planning, it is typical to utilize some sort of *search-based* approach (graph search). The current state of the art algorithms are derivatives of the A* algorithm. D* [6] is an incremental heuristic search algorithm that speeds up A* by using experience with historical problems. D* Lite [7] is an extension to D*, utilizing *lifelong planning A** into the original algorithm. Hybrid A* [8] [9] [10] utilizes the non-holonomic constraints typically enforced in automotive settings, thus minimizing the state space. While global planning is not essentially required to provide trajectory, recent implementations are capable to continuously plan trajectory at a 10 Hz rate, therefore allowing their use in a more dynamic environment.

Local planning algorithms are focusing on modifying the trajectory supported by the global planner, according to the dynamic changes of the proximate environment of the system. The requirement is therefore that such algorithms should be computationally efficient while reliably providing an obstacle-free trajectory. A popular method is the *dynamic window approach* [11], which uses a sliding window to check collisions. The *time-elastic band (TEB)* approach [12] utilizes elastic bands to provide a time-optimal solution. Some approaches combine both *global* and *local* planning tasks, into a single task. *Lattice planning* [13] is a popular approach in automotive applications, as its performance can be highly improved by the environment domain of such scenarios (e.g. lane structure, traffic rules).

Many mobile robots utilize ROS and thus utilizes its built-in navigation framework [14], more specifically its motion planning framework **move_base**. For basic application and initial testing purposes, this framework is satisfactory, typical ROS-compatible robots are usually equipped with a working configuration (e.g. ROBOTIS Turtlebot). It is a monolithic software that combines path tracking, local and global trajectory tasks into a sole program. The belief state is represented as an occupancy grid. New algorithms and belief state representations can be integrated through plugins. Its behavior is governed by a hardcoded state machine. Since its appearance, **move_base** is known as an inflexible framework, difficult to debug and extend. For instance, its behavior is hard-coded, limiting its use outside of differential drive robots. This issue is addressed by **move_base_flex** [15] by providing an interface to integrate custom behavior models. Another issue is its monolithic integration of local and global planning tasks, extraordinarily opposed to the distributed model of the Robot Operating System. Also, **move_base** relies on occupancy grids and other grid-based representations of the environment. This enforces algorithms, like TEB and lattice planning to rely on grids, instead of the primitive representation of the environment, thus leading to lower computational performance.

Some automated driving assistance systems (ADAS) have been guaranteed to operate on public roads, which allows their validation. These frameworks intend to reach SAE Level 4 or 5 of automation. A prominent example is the open-source *Autoware* [2], initially developed by Nagoya University, now maintained by the Autoware Foundation. This framework is a collection of widely used state-of-the-art perception, localization and motion planning programs. For example, it incorporates lattice planning and Hybrid A* motion planning, and model-predictive based path following components. Autoware proposes a very flexible architecture, allowing the replacement of specific components with a custom

implementation. Other examples are Baidu Apollo and vendor-specific frameworks (e.g. Tesla, AIMOTIVE).

Runtime monitoring deals with methods that ensure the appropriate operation of a running system, according to a system specification, based on the execution trace. This specification is classically defined in the form of temporal logic. Typically, in automotive and industrial scenarios, there are precise rules given that must be satisfied throughout the operation. The basic form is *linear temporal logic*, which describes rules against discrete events. In real-world applications and typical applications of runtime verification, continuous-valued timed events are more useful to describe specification. A popular specification formalism is *Metric Temporal Logic (MTL)* [16] and *Signal Temporal Logic (STL)* [17]. Current implementations focus on the offline verification of Simulink models, like Breach [18]. Another approach is to use interval logic (*interval temporal logic – ITL* [19]), which has been utilized in real-time monitoring of unmanned vehicles of mission-critical scenarios.

3. Proposed architecture

In this section, we propose the motion planning architecture. Our architecture is inspired by the decomposition of Autoware, and the problems related to **move_base**. We also found some aspects of motion planner components integrated into Autoware problematic to verify and debug. We found out, that in both these approaches, the collision avoidance and trajectory replannning is triggered by discrete events that are generated by the analysis of perception data stream. We also focus on a loosely coupled system allowing the easy integration of algorithms and custom behaviors to govern motion planning. Our motivation to decompose error handling and perception tasks from motion planning is summarized in Figure 3.

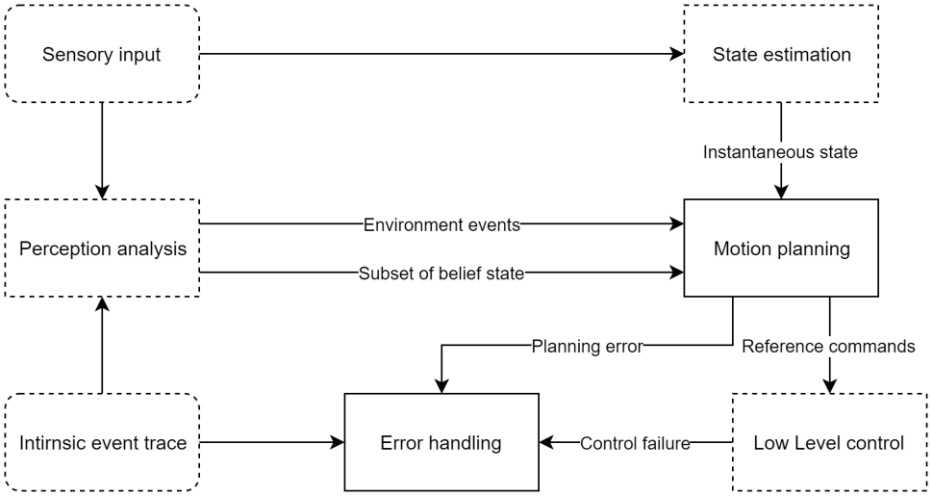


Figure 3 Identified tasks that motivate the decomposition, full-line components depict the components that this article focuses on.

An overview of the architecture is depicted in Figure 4. The motion planning task is decomposed as in the typical approach (local planner, global planner) and awaits the estimated state of the system (i.e robot pose). The runtime monitor provides discrete control events (e.g. re-plan request) and continuous stream (e.g. detected objects), both the result of the analysis of perception task. From the motion planning subsystem, it receives an error event stream that can be further analyzed to induce further control events. The runtime monitor is expected to provide signals and the continuous stream understandable by motion planner components. The motion planner components deal with only a reduced set of perception process: a large portion of the perception tasks are delegated to the runtime monitoring subsystem. A typical example of such a perception task is the detection and identification of obstacles. In general, only a portion of the obstacles surrounding the system can be considered as a potential threat to the system, thus contributing to collision avoidance scenarios. The runtime monitor can select the proper subset of obstacles, analyze them and request collision avoidance based on this set of obstacles. In this setup, a request is a discrete event, while the obstacles of interest can be considered as a continuously supported stream. The motion planner provides the execution trace back to the monitor based on the result of a planning cycle. On failure of the execution or finding a feasible local trajectory, this can mean the

execution of a fallback scenario and the re-plan of the global trajectory. The runtime monitor is initialized with custom temporal logic formulas, allowing the flexible application of these tasks in multiple domains.

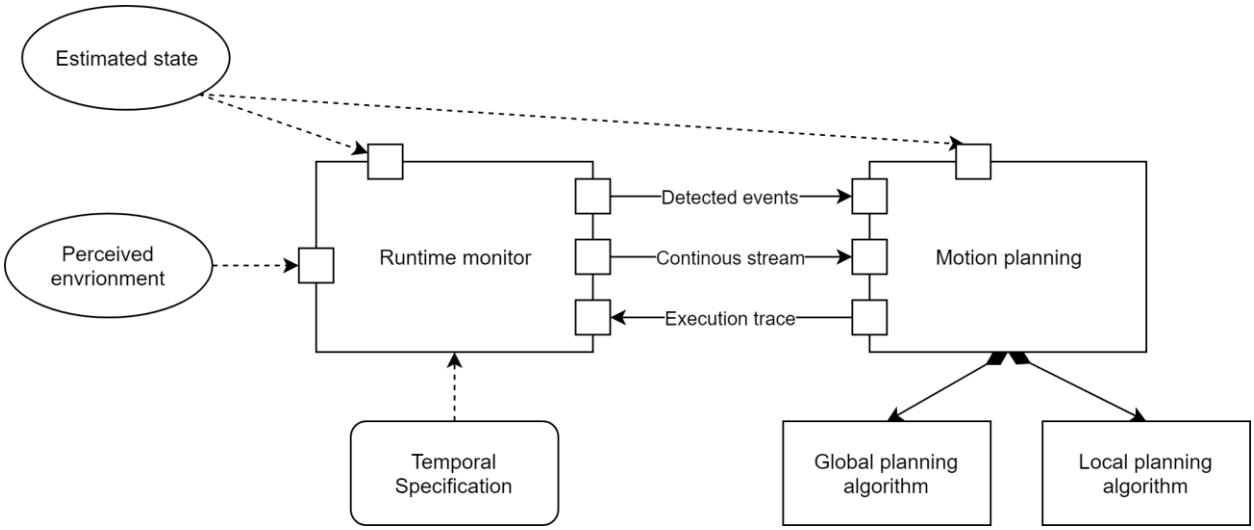


Figure 4 High-level view of the proposed motion planning architecture, identifying the main components. Temporal monitoring requires temporal specification, motion planning is composed of a custom planning algorithm.

From the motion planning viewpoint, all types of planners receive the output of the runtime monitor. Both planners require the estimated pose and velocity of the system. The components required to receive the current closest waypoint of the global waypoint, to minimize the problem space. These assumptions allow further abstraction of the components. The global planner receives a goal, to generate a global plan starting from the current pose. The local planner modifies the global plan according to a request signal generated by the runtime monitor. We present an additional component, which modifies the velocity profile according to dynamic attributes of the situation detected by the monitoring components (e.g. comparing reference trajectory curvature and instantaneous velocity). The motion planning subsystem architecture is depicted in Figure 5.

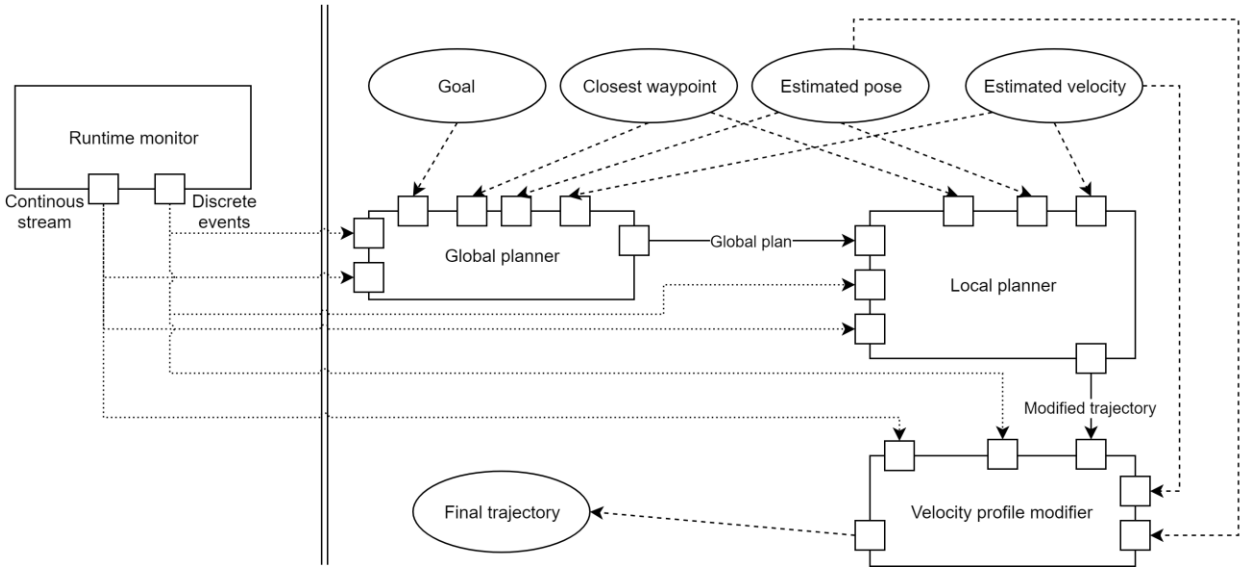


Figure 5 Motion planning components, dotted lines denote input from the runtime monitor, dashed lines denote input/output to external components (ellipses denote external data streams).

While we do not explicitly define the signals and the underlying behavior to handle and generate signals, we envisioned an organization of the error handling process into a layered architecture. Each layer consists of a runtime monitor with a control component counterpart. Runtime monitors propagate commands to this counterpart and the monitors of the adjacent lower layer. The generated event signals are also received of monitors of higher levels. As we reach higher levels, the input data gains higher dimensionality and the temporal rules governing these monitors become more flexible, and the weight of

the control signal dissolves. For example, a runtime monitor investigating motion planning components should process occupancy grids and visual information to extract objects and may generate request signals to intervene in the operation of the motion planning (i.e. request of re-planning). The rules might be a mixture of fixed and learned temporal rules. On the other hand, the runtime monitor that controls path tracking deals with data streams mainly from state estimation and control components. The temporal rules are mostly fixed, but the intervention is more drastic.

This architecture (from a motion planning view, depicted in Figure 6) is somewhat inspired by the elementary results of cognitive sciences, and consists of the following layers:

- **Physical level:** we use a *control runtime monitor* which investigates the execution trace of low-level control (e.g. control components). This level processes signal-like data of low dimensionality with the aim of real-time operation. On this level, components do not intervene in other components of the monitored system. The temporal rules given at this level are the most rigid.
- **Neuroreflexal level:** at the level of reference command generation (i.e. *path-tracking*), and basic perception tasks, the runtime (reflex-like) monitor components process data of higher dimensionalities, aiming of efficient (reflex-like) intervention. Monitors at this level use static (domain-defined) temporal rules. The control signals at this level are radical, may directly force the system to stop or change kinematic behavior (i.e. slow down).
- **Cerebellum level:** at the level of (global- and local) trajectory planning, the runtime monitor processes high-dimensional data (e.g. occupancy grids, visual information). The aim is to not only create reliable control signals but to allow some degree of flexibility in rules: while initial temporal rules exist, additional rules may be learned, from historical event chains.
- **Cognitive level:** at the level of mission planning (which generates mission goal), the runtime monitor processes data of chained high dimensionality. The challenge is to not only process instantaneous data, but even historical patterns.

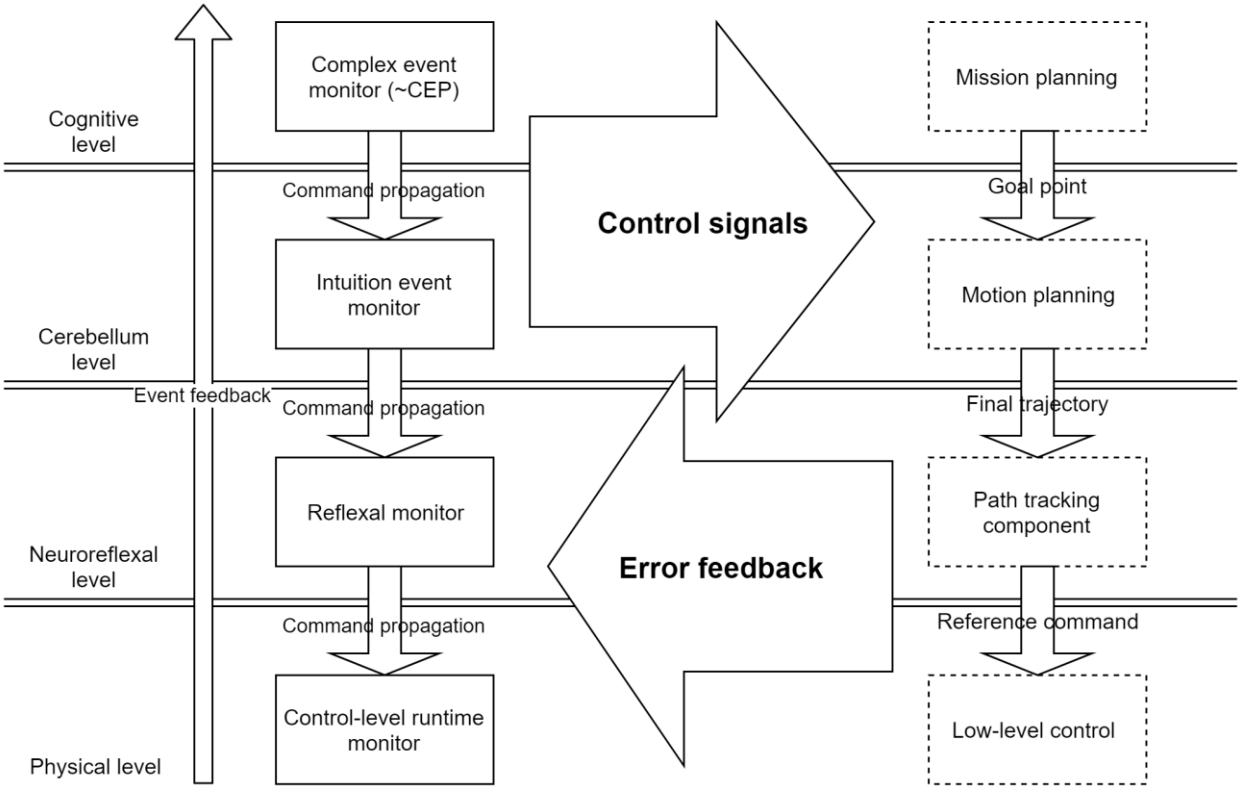


Figure 6 Architecture to correspond runtime monitors with control components

We use this layered architecture as the reference guideline to develop parts of the runtime monitoring subsystem and to implement further signal interfaces to govern motion planning software.

4. Implementation results

We implemented an initial version of our motion planning architecture, which provides control signals from a perception monitor, and generates control signals to the motion planner. Our motion planner uses the *time-elastic-bands (TEB)* approach as the basis of local planning and follows explicitly set waypoints and the output of basic Dijkstra graph-search based global planner. The perception monitor awaits a grid map to analyze and follows a simple temporal rule: it publishes an obstacle at the location, where the grid map has a value higher than a predefined value. The result is depicted in Figure 7, showing the result of obstacle avoidance modification triggered by a detected obstacle on a predefined trajectory. Our local planner can re-plan local trajectory at the rate of 20 Hz, which can be further optimized in further implementations.

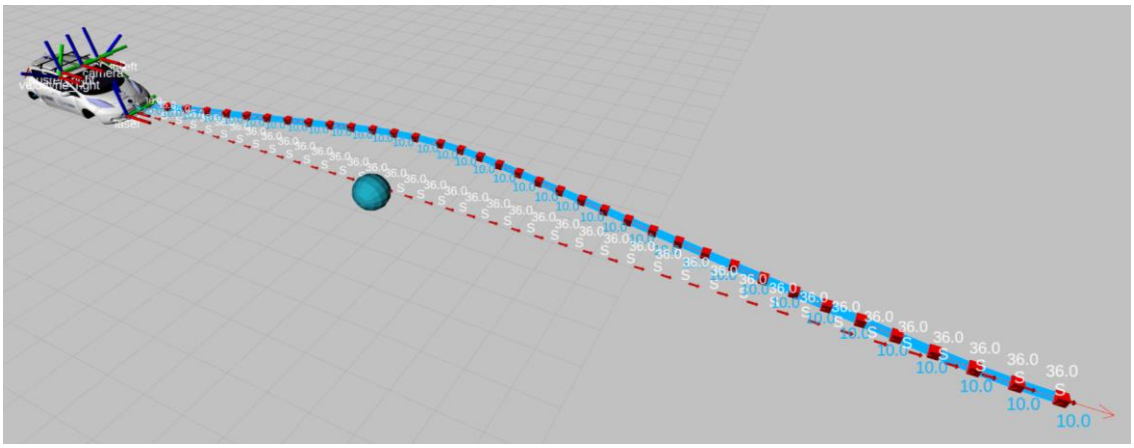


Figure 7 Result of obstacle avoidance trajectory generated by the implemented local planner component

The behavior of this planner is relatively simple at its current state. The perception monitor provides a set of obstacles, which is close to the global trajectory and the system would potentially collide with it. Therefore, we only generate a re-planning request signal, based on the instantaneous perception state of the environment. At the start, the local planner continuously provides the remaining section of the global plan. If a re-plan is requested by the runtime monitor, the local planner modifies the global trajectory according to the subset of obstacles. If the obstacle avoided, it returns to publish the original unmodified trajectory. If the final waypoint is reached on the trajectory, the local planner stops and awaits a new global plan. This behavior is implemented as a state machine (Figure 8).

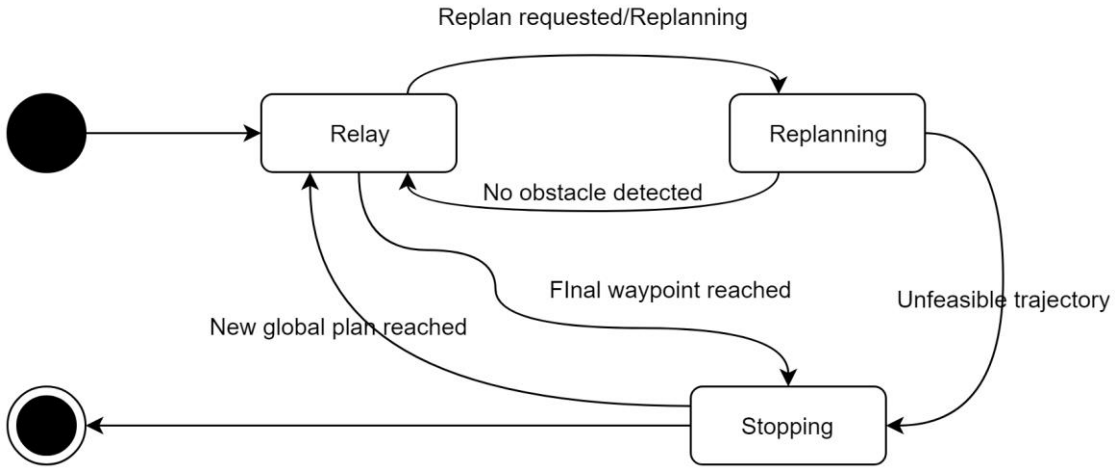


Figure 8 The implemented behavior of the local planner component

5. Future work

We are at the initial phase of our work and many components will be further designed and implemented. The presented runtime verification architecture is initial, and we plan to extend our current implementation. Most of these components are so far hard-coded. The temporal monitor shall be extended

with reading temporal logics, enabling the process of user-defined or domain-specific temporal rules. We intend to use ITL and STL as the basis of temporal specification.

We shall also integrate additional algorithms. We are currently focusing on following preset waypoints or trajectory generated by a Dijkstra graph search implementation. There are many promising or widely used algorithms worth integrating and investigating (e.g. Hybrid A*, D*).

A very promising direction in automotive scenarios is to use geographic information in motion planning applications. Many of recent motion planning algorithms use motion primitives as environment representation instead of grid-based approaches. Traffic representation formats, like Lanelet2 [20] is composed of geometric primitive representation of traffic maps. This property could be used

We also plan to extend our current domain from automotive scenarios to mobile robots. The current implementation uses a local planning algorithm that is suitable for mobile robots (as it was also used in **move_base**). We intend to change the perception monitor to suit the interior environment.

Conclusions

We presented a proposal for a new motion planning architecture that focuses on the decomposition of error-handling and perception tasks from motion planning. Our intention was to make subtasks easily verifiable and extendable, which also corresponds to the philosophy of the manifesto of communication middleware components. Our ROS-based implementation is publicly available at GitHub (https://github.com/kyberszittya/hotaru_planner). Our planner is guaranteed to re-plan local trajectories at a 20 Hz rate in an automotive setup. Our implementation comes with the basic building elements to integrate new algorithms and behaviors.

The research presented in this paper was carried out as part of the EFOP-3.6.2-16-2017-00016 Autonomous Vehicle - Dynamics and - Control in Synergy of the Requirements of Automated Transport Systems project in the framework of the New Széchenyi Plan. The completion of this project is funded by the European Union and co-financed by the European Social Fund.

References

[1] M. Quigley *et al.*, "ROS: an open-source Robot Operating System," 2009.

[2] S. Kato *et al.*, "Autoware on Board: Enabling Autonomous Vehicles with Embedded Systems," in *2018 ACM/IEEE 9th International Conference on Cyber-Physical Systems (ICCPS)*, 2018, pp. 287–296, doi: 10.1109/ICCPS.2018.00035.

[3] S. M. LaValle, *Planning Algorithms*. New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2006.

[4] S. M. Lavalle, "Rapidly-Exploring Random Trees: A New Tool for Path Planning," 1998.

[5] I. A. Şucan, M. Moll, and L. E. Kavraki, "The Open Motion Planning Library," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 19, no. 4, pp. 72–82, Dec. 2012, doi: 10.1109/MRA.2012.2205651.

[6] A. Stentz, "Optimal and efficient path planning for partially-known environments," in *Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1994, pp. 3310–3317 vol.4, doi: 10.1109/ROBOT.1994.351061.

[7] S. Koenig and M. Likhachev, "Fast replanning for navigation in unknown terrain," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 21, no. 3, pp. 354–363, Jun. 2005, doi: 10.1109/TRO.2004.838026.

[8] N. Richards, M. Sharma, and D. Ward, *A Hybrid A*/Automaton Approach to On-Line Path Planning with Obstacle Avoidance*. 2004.

[9] J. Petereit, T. Emter, C. Frey, T. Kopfstedt, and A. Beutel, "Application of Hybrid A* to an Autonomous Mobile Robot for Path Planning in Unstructured Outdoor Environments," in *Proceedings of ROBOTIK 2012; 7th German Conference on Robotics*, 2012.

[10] K. Kurzer, "Path Planning in Unstructured Environments : A Real-time Hybrid A* Implementation for Fast and Deterministic Path Generation for the KTH Research Concept Vehicle," Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, 2016.

[11] D. Fox, W. Burgard, and S. Thrun, "The dynamic window approach to collision avoidance," *IEEE Robotics Automation Magazine*, vol. 4, no. 1, pp. 23–33, Mar. 1997, doi: 10.1109/100.580977.

[12] C. Rösmann, F. Hoffmann, and T. Bertram, "Kinodynamic trajectory optimization and control for car-like robots," in *2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2017, pp. 5681–5686, doi: 10.1109/IROS.2017.8206458.

[13] M. McNaughton, C. Urmson, J. M. Dolan, and J. Lee, "Motion planning for autonomous driving with a conformal spatiotemporal lattice," in *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2011, pp. 4889–4895, doi: 10.1109/ICRA.2011.5980223.

[14] J. Fabro, R. Guimarães, A. Oliveira, T. Becker, and V. Brenner, "ROS Navigation: Concepts and Tutorial," in *Studies in Computational Intelligence*, vol. 625, 2016, pp. 121–160.

[15] S. Pütz, J. S. Simón, and J. Hertzberg, "Move Base Flex: A Highly Flexible Navigation Framework for Mobile Robots," in *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2018.

[16] R. Koymans, "Specifying real-time properties with metric temporal logic," *Real-Time Systems*, vol. 2, no. 4, pp. 255–299, Nov. 1990, doi: 10.1007/BF01995674.

[17] O. Maler and D. Nickovic, "Monitoring Temporal Properties of Continuous Signals," in *Formal Techniques, Modelling and Analysis of Timed and Fault-Tolerant Systems*, Berlin, Heidelberg, 2004, pp. 152–166.

[18] A. Donzé, "Breach, A Toolbox for Verification and Parameter Synthesis of Hybrid Systems," in *Computer Aided Verification*, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 167–170.

[19] J. F. Allen and G. Ferguson, "Actions and Events in Interval Temporal Logic," University of Rochester, USA, 1994.

[20] P. Bender, J. Ziegler, and C. Stiller, "Lanelets: Efficient map representation for autonomous driving," in *2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings*, 2014, pp. 420–425, doi: 10.1109/IVS.2014.6856487.

Önvezető autóbuszok megjelenésének hatása a helyi közforgalmú közlekedés szervezésére

Dr. Horváth Balázs - Nagy Viktor

Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék
telefon: 96/503 494, fax: 96/613 561
e-mail: hbalazs@sze.hu

Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék
telefon: 96/613 561, fax: 96/613 561
e-mail: nagyvi@sze.hu

Kivonat: Igazodva korunk megatrendjeihez, kutatásaink az elmúlt időszakban az önvezetés felé fordultak. Ezt ötvözve korábbi tapasztalatainkkal, melyek jelentős része a közforgalmú közlekedés tervezésében halmozódott fel, megvizsgáltuk mit hozhat az önvezetés a helyi autóbuszos közlekedésben. Fontos kérdés lehet az önvezető járművek közforgalmú közlekedésbeli szerepe, hiszen az önvezető járművek esetében ritkábban gondolunk az önvezető autóbuszokra, pedig az alkalmazásukban rejlő gazdasági potenciál hatalmas. A hazai gyakorlatra jellemző kötött vezénylési módszerek a járműveket a járművezetőkhöz kötik, így a gördülőállomány a személyzet pihenőidejéhez és foglalkoztatási szabályaihoz alkalmazkodik. Korábbi cikkeink alapján ezen alacsony hatékonyságú munkaszervezésen sokat javíthat az önvezető járművek megjelenése. Az így kialakult tartalékoknak köszönhetően kevesebb jármű is elláthatná a személyszállítási feladatokat, futásteljesítményt takaríthatnánk meg, valamint az országosan jellemző létszámhiányt is orvosolni lehetne. A cikk támaszkodva korábbi cikkeink eredményeire három hazai város eredményeit hasonlítja össze. Az elméleti megfontolások során szolgáltatási és üzemszervezési szempontokat is figyelembe veszünk, ennek ellenére feltételezéseink egyelőre csak bizonytalan állítások, melyek megpróbálnak segítséget adni a jövő várható hatásaira való felkészüléshez.

Kulcsszavak: önvezető járművek, közelekedéstervezés, közlekedésmodellezés, közforgalmú közlekedés

Bevezetés

Napjainkban egyre több szó esik az önvezető járművekről. Sok kutatás, vizsgálat tárgyalja e, várhatóan 10-15 éven belül eljövő kor esélyeit, lehetőségeit. Sokat olvashatunk arról, hogy mit hozhatnak az önvezető járművek. Egyesek szerint kisebb forgalmat [1], mások szerint nagyobb forgalmat [2]. Egyesek szerint felszabaduló köztereket, mások szerint további kapacitásigényt. E sok-sok tanulmány, kutatás ellenére meglehetősen kevés szó esik azonban arról, hogy mit hozhatnak az önvezető járművek a menetrendszerinti autóbuszközlekedésben, annak ellenére, hogy ez a technikai megoldás korántsem a jövő, hanem inkább a jelen, hiszen Sionban, Bécsben, Helsinkiben már javában futják teszt útjaikat az önvezető autóbuszok. Cikkünkben, mely egy nagyobb ívű kutatás kis szelete, megpróbálunk válaszokat adni arra a kérdésre, mit hozhat a hazai menetrendszerinti autóbuszközlekedésben az önvezető járművek megjelenése.

E kérdés két szempontból is megvizsgálható, hiszen a rendszert, mint munkaszervezési feladatot is vizsgálhatjuk (erről esik e cikkben szó), de az önvezetés utasokra gyakorolt hatásait is vizsgálhatjuk, hiszen ez akár az utazási preferenciákat is módosíthatja [3], [4], tekintettel arra, hogy a szolgáltatás sokkal pontosabb, megbízhatóbb lesz, azonban elveszíti emberközeliségét. Hasonlatos ez ahhoz a változáshoz, mikor a jegyértékesítés a pénztárakból átkerült az automatákra.

1. Önvezető járművek a helyi menetrendszerinti közlekedésben [5]

A közforgalmú közlekedési rendszereket alapvetően három szempontból szokás vizsgálni: igénybevevő (utas), megrendelő (rendszerint a helyi önkormányzat, vagy annak megbízottja), üzemeltető (közlekedési társaság). Sokszor e két utóbbi szempontot összemossuk, ami megfelelő szerződési keretek mellett nem is nagy hiba, hiszen a rendszer egésze egy szolgáltatás, ahol van egy igénybevevő és egy szolgáltató, annak

minden jogi és pénzügyi hátterével. E gondolatnak megfelelően jelen cikkünkben is két oldalról közelítjük csak meg az önvezető járművek kérdését. [6]

Vajon az utasnak mit hozhat az önvezető jármű? Összehasonlítva egy jelenlegi szolgáltatással az önvezető járműves szolgáltatás esetén az utas várhatóan pontosabb szolgáltatást kap, hiszen az önvezető jármű nem siet haza az utolsó járat után. Másfelől a jelenleginél jóval standardizáltabb lehet a szolgáltatás, hiszen nincsenek különböző vezetési stílusok, jó- és rosszkedvű járművezetők, minden jármű mindig ugyanúgy közlekedik. Az érem másik oldalán azonban ott áll a gép, nem lesz személyes kötődés, nincs ott „A" járművezető, nincs ott, aki felügyeli az utasokat, ez egyes utasokban ellenérzést is kiváltható, még akkor is, ha a járművek távfelügyelete megoldott.

E gondolatsorral áll szemben az üzemeltetői (megrendelői) oldal. Ezen az oldalon kevésbé az érzelmek, sokkal inkább a szolgáltatás megvalósításának költségei dominálnak. Mely költségelemek változnak?

A legfontosabb tényező a járművezetői állomány bérköltsége, mely önvezető járművek alkalmazása esetén gyakorlatilag megszűnik. Azonban nem szűnik meg teljesen, hiszen szükség lehet kisebb telephelyi mozgatásokra, meghibásodás esetén eseti közlekedésre. Ennek aránya azonban töredék, vélhetően a szervízköltségek között fog megjelenni.

További lényeges elem az üzemanyagköltség, mely el nem tűnik, de megváltozik, hiszen a mai trendek szerint az önvezető járművek rendszerint elektromos meghajtással rendelkeznek, ez felveti annak a lehetőségét is, hogy a szolgáltató-megrendelő csoport rendszerben gondolkozva, akár áram termelésbe is fogjon (gondolva a szolgáltatóknál rendszerint megjelenő hatalmas tetőfelületekre, mint napelem elhelyezési felület).

A harmadik fontos kérdés az amortizáció. Az önvezető járművek ára vélhetően jóval magasabb lesz, mint a jelenleg alkalmazott hagyományos járművek ára, emellett pedig e járművek (kifinomultabb megoldásai miatt) várhatóan rendszeresebb, tudatosabb karbantartást igényelnek majd.

További fontos kérdés a munkaszervezés, vagyis megszabadulva a jármű-járművezető adta kötöttségtől (mely a hazai gyakorlatban igen szoros), megtakarítást vetít előre a járművek hatékonyabb kihasználása. Cikkünkben az önvezető járművek megjelenésének ezen aspektusára koncentrálunk.

2. Munkaszervezés (fordaszervezés) korlátai a jelenlegi hazai gyakorlatban [5]

A közlekedési rendszer (egyik) legdrágább eleme a jármű, mégis a hazai gyakorlat szerint a jármű és a járművezető a legtöbb szolgáltatási helyen együtt mozog, így ha a járművezető pihen, a jármű is pihen, ami luxus, hiszen az előbb említettek szerint ez a rendszer legdrágább eleme. A járművek hatékony kihasználása azt kívánná meg, hogy a járművek mindig hasznos tevékenységet végezzenek, ám ez nem valósul meg, településenként eltérő arányban, de a fordakihasználás, rendszerin nem haladja meg a 70 %-ot (egyes esetekben a 60%-ot sem), ami azt jelenti, hogy a jármű munkaidejének harmadában nem termel bevételt, csak azért, mert a járművezető kötelező pihenőidejét tölti.

Ha felidézzük a fordaszervezés definícióját [7]: „egy jármű egy napi programja", itt szó nem esik járművezetőről, vagyis elméletileg akár külön-külön is megszervezhető a járművek és a járművezetők beosztása, ami a járművek jelenleginél hatékonyabb felhasználását jelenti. Természetesen nem arra kell gondolni, hogy 100%-os fordakihasználását kell célul kitűzni, hiszen technológia és forgalmi okokból továbbra is szükséges tartalékidőket alkalmazni, de ez akkor is jóval nagyobb hatékonyságot jelent, mint a mai gyakorlat.

A fordatervezés alapelveit szem előtt tartva megalkotható járművezető nélküli forda is, ahol mindössze a technológiai időkre, és a forgalmi okokból létrejövő késések kiegyenlítésére kell figyelmet fordítani.

3. Önvezető járművek hatása a fordára – három példa

Vizsgálataink során az elvi megközelítés mellett gyakorlati eseteket is feldolgoztunk. Korábbi cikkeinkben Eger városát vettük górcső alá [5]. Az azóta eltelt időben sikerült további két hazai város (Dunaújváros, Győr) menetrendi és üzemszervezési adatait is feldolgozni.

3.1 Eger

Eger városában 2011-ben került sor a helyi közforgalmú közlekedési rendszer felülvizsgálatára, így ebből az időből rendelkezésünkre állt az autóbuszok közlekedési rendje és a menetrend is. [9]

Ez időtájt a városban üzemelő menetrendszerinti autóbuszos hálózaton összesen 40 különböző számmal ellátott forda volt, vagyis 40 autóbusz teljesítette a közlekedést. Bizonyos időbeli átfedések, részmunkaidők miatt azonban fizikailag 37 darab autóbusz is elegendő volt a szolgáltatás biztosításához. (A tartalékok kérdését itt nem tárgyaljuk) E 37 db jármű 5005 hasznos km mellett 130 km rezsifutást teljesít.

A korábbiak szerint [5], vizsgálataink során arra voltunk kíváncsiak, hogy üzemszervezési szempontból mit jelentene ezen a hálózaton az önvezető autóbuszok megjelenése. Az önvezető autóbuszokra úgy tekintettünk, melyek nem igényelnek munkaközi szüneteket, és munkakezdéstől az üzem végéig bevethetők. Ez a jelenlegi hazai gyakorlatban nem jelenik meg, hiszen a járművezető munkaközi szünete esetén jellemzően a jármű is félreállításra kerül.

Számításainkat a PTV VISUM rendszerével végeztük el, mely alkalmas arra, hogy megadott feltételek mellett fordarendszert és járműbeosztást készítsen [8].

Feltételezve, hogy az önvezető autóbusz folyamatosan üzemkész, számításaink során 35 jármű elegendőnek bizonyult a szolgáltatás ellátáshoz.

E beavatkozás amellett, hogy a humánerőforrásfelhasználásban jelentős megtakarítást mutat (mintegy 90 járművezető), kettő járművet is megspórol, ami jelentős tőkebefektetés és üzemeltetési költségcsökkenést eredményez. Ezzel szemben az azonos hasznos km (5005) mellett jelentősen megnövekedett a rezsifutások mennyisége (1590 km).

Tovább vizsgálva a menetrendet arra a megállapításra jutottunk, hogy a jelenlegi elvi minimum (33 db jármű) is csökkenthető a menetrend apróbb módosításaival. Egyes járatok néhány perces (legfeljebb 5 perces) eltolásával a szükséges járműszám 32-re csökkenthető, vagyis a jelenlegi elvi minimum alá. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy ehhez a menetrendet is módosítani kell, viszont az előző változathoz képest a rezsifutások mennyisége csökkent (1323 km).

3.2 Dunaújváros

Dunaújvárosban 2008-ban került sor a közforgalmú közlekedési rendszer felülvizsgálatára. Ebből az időből állnak rendelkezésünkre üzemi adatok, melyek alapján a 40 ezer lélekszámú várost 89 megállóhelyen keresztül 43 vonal szolgálta ki. A szolgáltatás ellátásához 27 autóbuszra volt szükség, melyek naponta (munkanapokon) 5466 km hasznos futást teljesítettek.

A korábban definiált önvezetést feltételezve a szolgáltatást 17 autóbusz is el tudja látni, igaz ekkor az eredeti 172 km-es rezsifutás drasztikusan 1519 km-re emelkedik. E változás összemérhető az Egernél tapasztalt változással, azonban itt sokkal nagyobb lett a járműszám csökkenése.

Hasonlóképpen Egerhez, itt is megvizsgáltuk a menetrend kisebb-nagyobb mértékű módosításának hatását is. Ebben az esetben további egy jármű spórolható meg, vagyis 16 db jármű is elegendő. E változat érdekessége, hogy a rezsifutás 1340 km-re csökkent az előző 1519 km-ről.

3.3 Győr

Harmadik városként Győrt vizsgáltuk meg, mely teljesen más nagyságrend, a közforgalmú közlekedés sokkal tömegszerűbb, és rendszeresebb. Győrben 2012-ből állnak rendelkezésünkre üzemi adatok. Akkor a városban közel 130 ezer fő élt, vagyis a város az előző példákhoz képest háromszoros méretet jelent.

2012-ben a várost 46 vonal szolgálta ki, összesen 451 megállót érintve. Ehhez 87 autóbuszra volt szükség.

E 87 autóbusz naponta 14.787 km-t teljesített. Itt is visszaköszön a közel háromszoros méretkülönbség az előző városokhoz képest. Vélhetően a tömegszerűbb kiszolgálás miatt, itt a rezsifutások aránya jóval alacsonyabb, mindössze 353 km naponta.

Ez előzőekhez hasonló gondolat mentén vizsgálva az önvezető autóbuszokat a szükséges járműszám 78 darabra csökken, és a rezsifutás sem növekszik drasztikusan, mindössze 405 km lesz a korábbi 353 km helyett.

Az előző példákhoz hasonlóan itt is megvizsgáltuk a menetrend kisebb mértékű módosításának a hatását, mely további 3 jármű megtakarítását eredményezte, így e változatban 75 darab jármű is elegendő lenne, 471 km rezsifutás mellett.

4. A rendszer finanszírozhatósága

Az üzemi oldal változásának hatása önmagában nem jelent semmit, míg nem fordítjuk le az anyagi források nyelvére. A gazdasági számítások elvégzéséhez az alábbi feltevésekből indultunk ki:

- Futással arányos teljes költség jelenleg: 600 Ft/km*
  - járművezető: 250 Ft/km (vetített költség)
  - üzemanyag: 110 Ft/km
  - egyéb (közvetlen és közvetett): 240 Ft/km
- Futással arányos teljes költség jövőben: 305 Ft/km*
  - járművezető: 0 Ft/km (önvezető jármű)
  - üzemanyag: 65 Ft/km
  - egyéb (közvetlen és közvetett): 240 Ft/km

*tekintettel az önvezető járművek magas beszerzési költségére, az amortizációval külön számolunk

Egy autóbusz beszerzési költsége jelenleg hozzávetőlegesen 60 millió Ft, önvezető jármű esetén becslésünk 100 millió Ft. Számításaink során 10 éves amortizációs leírást vettünk alapul.

Az alábbiakban összefoglaltuk a három város jelenlegi, önvezetős és önvezetés menetrend módosítással változatait.

1. táblázat: Az egyes változatok költségei Eger esetében [5]

	jelenlegi rendszer	önvezető járművek (jelenlegi menetrend)	önvezető járművek (optimalizált menetrend)
járműszám [db]	37	35	32
járműbeszerzés [Ft]	2 220 000 000	3 500 000 000	3 200 000 000
hasznos futás [km/nap]	5 004,9	5 004,9	5 004,9
rezsifutás [km/nap]	129,8	1 589,2	1 322,7
futással arányos költség [Ft/km]	600	305	305
napi üzemeltetési költség [Ft/nap]	3 080 820	2 011 201	1 929 918
éves üzemeltetési költség [Ft/év]	924 246 000	603 360 150	578 975 400
éves üzemeltetési költség különbség [Ft/év]		320 885 850	345 270 600
amortizáció különbözet [Ft/év]		128 000 000	98 000 000
éves költségkülönbség [Ft/év]		192 885 850	247 270 600

2. táblázat: Az egyes változatok költségei Dunaújváros esetében

	jelenlegi rendszer	önvezető járművek (jelenlegi menetrend)	önvezető járművek (optimalizált menetrend)
járműszám [db]	27	17	16
járműbeszerzés [Ft]	1 620 000 000	1 700 000 000	1 600 000 000
hasznos futás [km/nap]	5466,1	5466,1	5466,1
rezsifutás [km/nap]	172,1	1519,0	1339,7
futással arányos költség [Ft/km]	600	305	305
napi üzemeltetési költség [Ft/nap]	3 382 920	2 130 456	2 075 769
éves üzemeltetési költség [Ft/év]	1 014 876 000	639 136 650	622 730 700
éves üzemeltetési költség különbség [Ft/év]		375 739 350	392 145 300
amortizáció különbözet [Ft/év]		8 000 000	***-2 000 000***
éves költségkülönbség [Ft/év]		367 739 350	394 145 300

3. táblázat: Az egyes változatok költségei Győr esetében

	jelenlegi rendszer	önvezető járművek (jelenlegi menetrend)	önvezető járművek (optimalizált menetrend)
járműszám [db]	87	78	75
járműbeszerzés [Ft]	5 220 000 000	7 800 000 000	7 500 000 000
hasznos futás [km/nap]	14 787,1	14787,1	14787,1
rezsifutás [km/nap]	352,6	405,1	470,8
futással arányos költség [Ft/km]	600	305	305
napi üzemeltetési költség [Ft/nap]	9 083 820	4 633 621	4 653 660
éves üzemeltetési költség [Ft/év]	2 725 146 000	1 390 086 300	1 396 097 850
éves üzemeltetési költség különbség [Ft/év]		1 335 059 700	1 329 048 150
amortizáció különbözet [Ft/év]		258 000 000	228 000 000
éves költségkülönbség [Ft/év]		1 077 059 700	1 101 048 150

Az amortizációs többlet és a többletfutások figyelembevétele mellett az önvezetőjárműves rendszer megtakarítást produkál, hiszen kiesik a járművezetők költsége, valamint az üzemanyagköltség is alacsonyabb.

Fontos azonban megjegyeznünk, hogy számításaink becsült költségmutatókon nyugszanak, egyszerűsítéseket tartalmaznak, így például nem veszi figyelembe a töltési infrastruktúra kialakítását, a speciális szervízállomás és szerelőszemélyzet költségtöbbletét.

Mindezek mellett is úgy gondoljuk, hogy a jelenlegi üzemeltetési költség 20,9% (Eger), 36,2% (Dunaújváros) és 39,5%(Győr) mértékét kitevő megtakarítás látványos, még akkor is, ha tudjuk, hogy az előzőekben említett tényezők miatt ez a gyakorlatban kisebb lenne. Feltételezve, hogy a becslésünk többé-kevésbé jó adatokból indult ki, a rendszer kezdeti többlet forrásigénye 3-5 év alatt megtérülhet.

Konklúzió

Az önvezető járművek megjelenése várhatóan nagy hatással lesz nemcsak az egyéni, de a közforgalmú közlekedésre is. Cikkünkben rámutattunk arra, hogy a hazai közlekedésszervezési gyakorlattal szemben az önvezető autóbuszok alkalmazása konkrét megtakarításokat is hozhat, hiszen mind járműszámban, mind járművezetői létszámban megtakarítás érhető el, amint azt három hazai példán keresztül érzékeltettük. Célunk, hogy további hazai városok példáját is megvizsgáljuk, és általánosabb érvényű következtetéseket tudjunk levonni az önvezető autóbuszok bevezetésével kapcsolatosan.

Cikkünk megírásához támogatást nyújtott a Széchenyi István Egyetemen futó EFOP-3.6.2-16-2017-00016 „Autonóm járművek dinamikája és irányítása” című kutatási projekt.

Irodalomjegyzék

[1] Dr. Tettamanti Tamás: Az autonóm járművek városi közlekedésének kihívásai, „50 éves a BKV és a XVIII. Városi közlekedés aktuális kérdései”, Balatonfenyves, 2018. október 16-17.
[2] Luis M. Martinez, José Manuel Viegas: Assessing the impacts of deploying a shared self-driving urban mobility system: An agent-based model applied to the city of Lisbon, Portugal (International Journal of Transportation Science and Technology 6 (2017) 13–27)
[3] Winkler Ágoston: A New “On-the-spot” Method to Discover Passenger Preferences in Public Transport, Transport Research Arena 2010 : Greener, Safer and Smarter Road Transport for Europe Brussels, Belgium (2010) pp. 1-8. , 8 p.
[4] Winkler Ágoston: Collecting public transport passenger preference data online POLLACK PERIODICA: AN INTERNATIONAL JOURNAL FOR ENGINEERING AND INFORMATION SCIENCES 5 : 2 pp. 119-126. , 8 p. (2010)
[5] Nagy Viktor – dr. Horváth Balázs: Önvezető járművek fordatervezésre gyakorolt hatása, IX. Közlekedéstudományi Konferencia, Győr 2019. március 21.22.

[6] dr. Horváth Balázs – dr. Horváth Richárd – Nagy Viktor: Önvezető járművek hatása a közforgalmú közlekedés szervezésére, II. Magyar Közlekedési Konferencia (43. Útügyi Napok, IX. Nemzeti Közlekedési Napok), Eger, 2018. november 13-15.
[7] dr. Fülöp Gábor – dr. Prileszky István – László György: Közúti üzemtan II., Universitas-Győr Kht. Győr, 2006.
[8] PTV AG: PTV VISUM 17 Manual, Karlsruhe, 2018
[9] dr. Horváth Balázs és társai: Eger megyei jogú város helyi közforgalmú közlekedési vonalhálózatának és menetrendjének megújítása, Universitas-Győr Nonprofit Kft. 2011.

Önvezető járművek közlekedésbiztonsági hatásai

Dr. Henézi Diána[1] – Dr. Horváth Balázs[2]

[1]Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék
telefon: 96/503 494
e-mail: kdiana@sze.hu

[2]Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék
telefon: 96/503 494
e-mail: hbalazs@sze.hu

Kivonat: A XXI. század közlekedési forradalma az önvezető járművek megjelenése és várható elterjedése lesz. Az autonóm járművek előfordulásának gyakorisága számos kérdést von maga után, többek között parkolási igény módosulása, és jogi kérdések. A társadalom által elvárt "legnagyobb haszon" a közlekedési balesetek számának szignifikáns csökkenése. Cikkünkben azt vizsgáltuk, hogy az emberi tényezőt és így a reakcióidőt kivonva a közlekedésből a balesetek mekkora hányadát lehetne elkerülni. Vizsgálatainkba többféle társadalmi réteg, többféle vezetési tapasztalatú tagját vontuk be, hogy képet alkothassunk az emberi tényező szerepéről.

Kulcsszavak: önvezető jármű, közlekedésbiztonság, emberi tényező

Bevezetés

Az önvezető járművek elterjedésével és központba kerülésével számos tulajdonságuk körvonalazódik, melyek a közlekedésbiztonság javát szolgálják. [1] Három fő vetületét sorolhatjuk fel, amelyek a közlekedési balesetek számát és kimenetelét is csökkenthetik, így javítva a társadalom életminőségét:

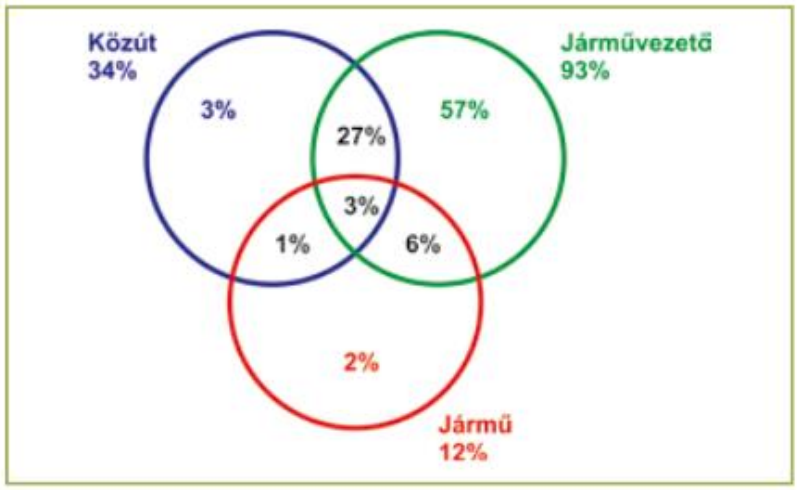
- az önvezető jármű mindig ideális állapotban megy: legyen szó akár károsanyag kibocsátásról, vagy a reakcióidőről. A jármű/gép nem fárad, nem hatnak rá érzelmek, a környezetre való reagálása nem függ belső tényezőktől,
- a reakcióidő szignifikáns csökkenése miatt a járművek közötti követési távolság csökkenhet, így a kapacitás kihasználása javul (tovább gondolva connected car jelenségével is foglalkozhatunk),
- az emberi tényező kivonásával a balesetek száma várhatóan csökkeni fog, és a balesetek kimenetele/súlyossága is kedvezőbben alakul majd.

1. Közlekedési balesetek-az emberi tényező

Az Európai Unió által meghatározott irányelvek szerint a közúti közlekedési balesetben meghaltak számát 2020-ra a felére kell csökkenteni a 2010-es adatokhoz képest (Magyarországon 2010-ben 740-en, míg 2018-ban 633-an vesztették életüket közlekedési balesetben). Cél az, hogy 2050-re lehetőleg senki se haljon meg az utakon (ez nem egyenértékű azzal, hogy nem történik személyi sérüléses közlekedési baleset).

A cél elérése egyre nehezebb lesz, hiszen a közlekedésbiztonság három területén a kihasználható erőforrások végesek. A közúti közlekedési balesetek túlnyomó része közvetlenül az emberi hibázás miatt következik be. Gyakran tévesen feltételezik azt, hogy az esetek ~90%-ban csak (!) az emberi hiba miatt következik be közlekedési baleset.

Azok a balesetek, amelyekben csak az emberi hiba miatt következik be, „mindössze” 57%-a az összes balesetnek, a 90%-ban már más tényezők (jármű, út-, és környezete) szerepet játszanak.



1. ábra: Közúti balesetek okai rendszerszemléletű közelítés alapján [2]

2018-ban a Központi Statisztikai Hivatal szerint 16951 személyi sérüléses közlekedési baleset történt. Ha bevezetnénk az önvezető járműveket (5. szinten, csak önvezető jármű közlekedne), akkor a diagram alapján 9662 baleset lett volna megelőzhető. Amennyiben a járművezető okozta halálos sérüléseket nézzük, az 2018-ban 567 áldozatot jelent.

A járművezető hibájából bekövetkezett halálos közúti közlekedési balesetek a legfőbb okok szerint (2019. II. negyedév):

- sebesség helytelen megválasztása
- irányváltoztatás, haladás és bekanyarodás szabályainak meg nem tartása
- elsőbbség meg nem adása
- szabálytalan előzés
- egyéb járművezetői hiba.

Amennyiben a bevezetőben felsorolt állításokat megvizsgáljuk, és fókuszba helyezzük az utoléréses baleseteket (azonos irányba haladó járművek ütközése), 2018-ban 2294 ilyen baleset történt, amelyből 66 végződött halálos sérüléssel, 500 súlyos sérüléssel és 1728 könnyű sérüléssel. [3] Ezeket a baleseteket a alacsony követési távolság és/vagy a lassú reakcióidő okozza. A statisztika szerint a connected car és a V2V kommunikációval ezen balesetek megelőzhetőek lesznek.

De vajon a való életben ez megvalósulna-e?

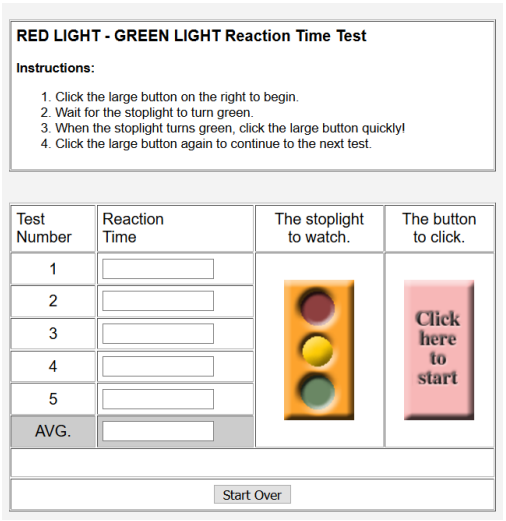
2. Módszertan

Igazolandó, hogy a statisztika a mindennapokban is érvényes, vizsgálatot végeztünk. Hipotézisünk, mely szerint az emberi reakcióidőt kivéve a közlekedésből számos balesetet elkerülhetünk, reakcióidő-teszt elvégzésével támasztottuk alá.

A kutatás során számos reakcióidő tesztet kipróbáltunk. Math is Fun oldalán található teszt során a képernyő közepén lévő kör színváltoztatására kell a lehető leghamarabb kattintani. A vizsgálat maga csupán 5 alkalommal méri meg a reakcióidőnket, és ebből átlagol. [4]

Human Benchmark tesztje is hasonló, akkor kell kattintani, amikor a képernyő színe zöldre vált, és szintén öt próbálkozás után kapunk eredményt.

A Washington Egyetem tesztje szintén 5 próbálkozásból ismerteti az átlagos reakcióidőnket.



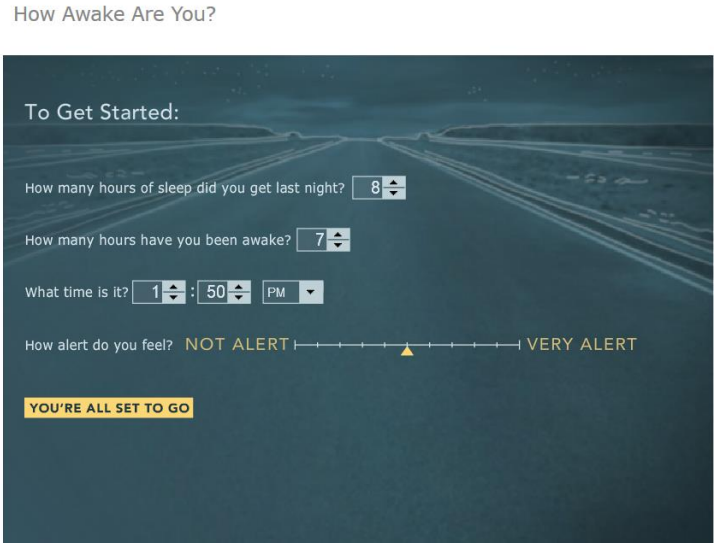
2. ábra: Washington Egyetem tesztje

Az eddig ismertetett teszteket nem tartottuk megfelelőnek, mivel a teszt ideje nagyon rövid, ezalatt a koncentráció nem csökken (járművezetés során viszont igen).

A valósághoz legközelebbi eredményeket a Harvard Egyetem tesztjével kaptuk, melyen a szimulációban résztvevő személyek 5 percig egy monoton előre haladó járműben találták magukat. A teszt során 50 akadály került véletlenszerűen a képernyő elé, melyre a „space” gomb megnyomásával kellett reagálni.

A kísérlet elvégzése előtt a résztvevőknek a következő adatokat kellet megadniuk:

- mennyit aludt előző éjjel,
- mióta van ébren,
- mennyi most az idő,
- milyen figyelmesnek érzi magát.



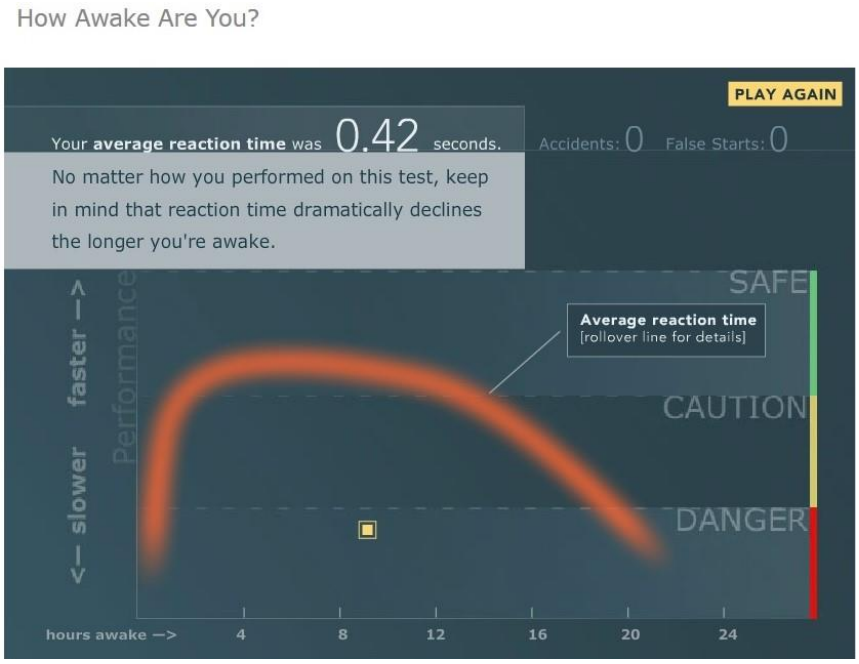
3. ábra: Harvard Egyetem tesztje

Ezen felül a következő adatokat jegyeztük fel a kitöltőkről:

- neme,
- életkora,
- vezetési gyakorisága,
- átlagosan mennyit vezet évente.

A kísérlet során a teszt figyelembe vette azt is, hogy a kitöltők a számítanak az akadályok megjelenésére, így jelentősen jobb a reakció idejük, mint a valós közlekedés során (átlagos reakcióidő a közlekedés során 1 másodperc). A 4. ábrán láthatjuk a figyelmet és a reakcióidőt. Az x tengelyen található az ébren töltött

órák száma, míg az y tengelyen a reakcióidő, melyet három kategóriába sorolhatunk: biztonságos, átlagos és veszélyes. Az ábrán bemutatott végeredményben az átlagos reakcióidő 0,42 másodperc, amely 9 óra ébrenlét után a „veszélyes" kategóriába esik. A piros görbe mutatja be az átlagos reakcióidő „várt" alakulását. A veszélyes reakcióidő ellenére sem volt elütése kísérletben résztvevőnek.



4. ábra: Harvard Egyetem tesztjének eredménye

3. Eredmények

A felmérésben 50 fő vett részt. A tesztet kitöltőket két nagy csoportra osztottuk: 50 év alatt (26 fő) és 5 felettiekre (24 fő). A résztvevők átlagértékei:

1. táblázat: Kísérletben résztvevők átlagértékei

	50 év alatt	**50 felett**
Életkor	34 év	65 év
Levezett járműkilométer	16712 km	13467 km
Alvásidő	7,46 óra	6,79 óra
Ébrenlét	7,07 óra	6,75 óra
Reakcióidő	0,35 mp	0,38 mp
Elütés	0,58	2,46

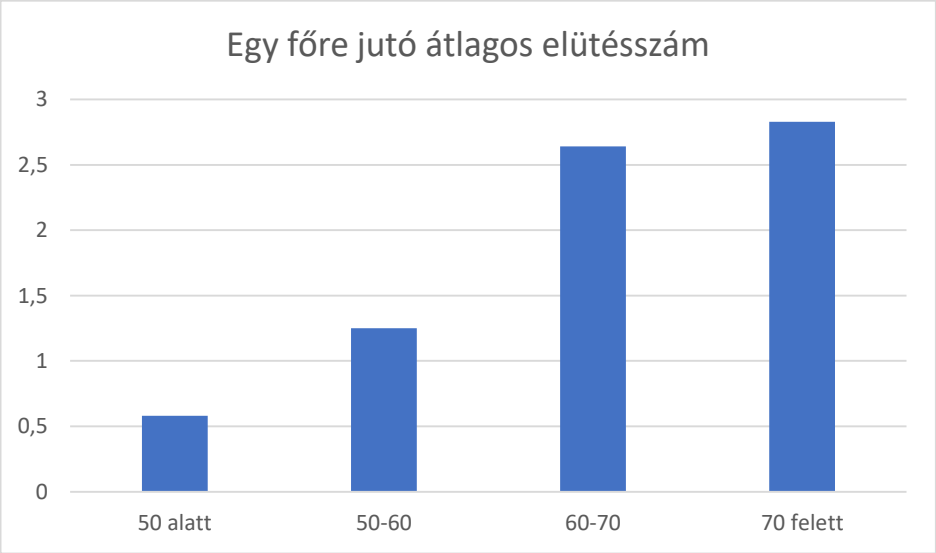
A táblázat értékeiben láthatjuk, hogy szignifikáns különbség a két csoport között mindössze az elütött akadályok számában van. Az alvásidőben és a reakcióidőben mutatkozó eltérés vélhetően életkori sajátosság. Mivel a két csoportban szinte azonos számú (24 és 26 fő) alany vett részt a vizsgálatban, és az alanyok jellemzői hasonlóak, a nagy elütésbeli különbség nagy baleseti kockázatot jelent a valódi közlekedésben. Felfoghatjuk úgy is, hogy minden idősebb korcsoportba átlépő 1,88 elütést behoz a rendszerbe (5 percenként!). Az átlagok helyett a szélsőértékeket vizsgálva (minimum, maximum) igencsak hasonló képet kapunk. Az alanyokra vonatkozó jellemzők hasonlóak a két korcsoportban, de az elütések maximuma kiugróan eltérő (még a második legnagyobbakat vizsgálva is igaz e megállapítás, 2 és 5 db).

2. táblázat: Kísérletben résztvevők minimum és maximum értékei

	50 év alatt		**50 felett**	
	min.	max.	min.	max.
Életkor	13 év	47 év	51 év	77 év
Levezett járműkilométer	0 km	150000 km	0 km	125000 km
Alvásidő	2 óra	12 óra	3 óra	9 óra
Ébrenlét	2 óra	18 óra	2 óra	11 óra
Reakcióidő	0,28 mp	0,43 mp	0,31 mp	0,42 mp
Elütés	0	3	0	11

A teszt eredményeit vizsgálva nem állapítható meg szoros összefüggés a reakcióidő/elütések száma és az életkor, alvásidő illetve az ébren töltött órák száma között. A reakcióidőt ezen felül egyéb tényezők is befolyásolják, amelyekre ebben a vizsgálatban nem tértünk ki (stressz, éhség, betegség, fizikális állapot, lelki állapot, stb.)

Jelentős különbség fedezhető fel a két korcsoport között az elütések összesített számát vizsgálva, hiszen az 50 év alatti korcsoport 26 tagja összesen 15 elütéssel zárta a felmérést, míg az 50 év felettiek mindössze 24 főből álló csoportja 59 elütést produkált. Az ötven év felettiek csoportját tovább bontva, jól látható, hogy az 50-60 korcsoport nem sokkal rosszabb, mint az 50 év alattiak, viszont 60 év felett ugrásszerűen megnőtt az elütések száma.)



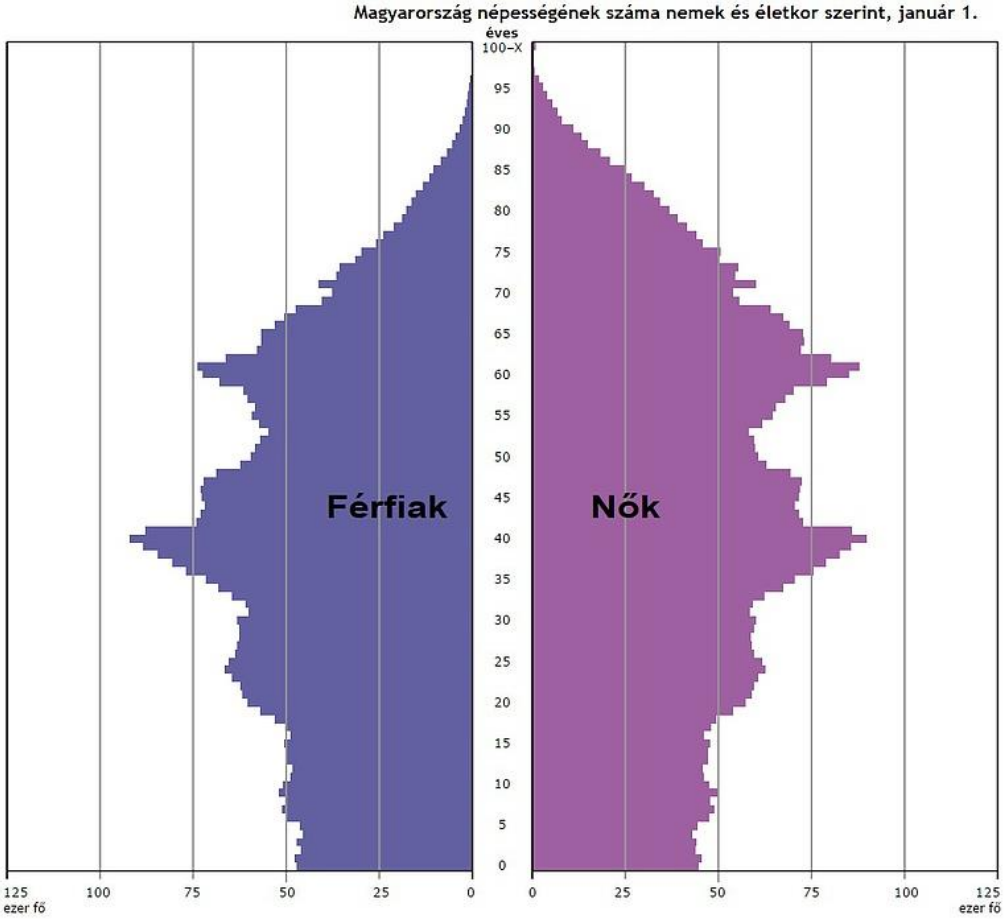
5. ábra: Egy főre jutó átlagos elütésszám korcsoportos bontásban

A vizsgálat kezdetekor hipotézisünk az volt, hogy egyértelmű összefüggés várható a tapasztalat, vezetési gyakoriság és az életkor bemeneti adatai, valamint a reakcióidő és az elütések száma, mint válasz között. Ezt a vizsgálat nem igazolta vissza. Mi lehet ennek az oka? Egyik feltételezésünk szerint 50 fő megkérdezése nem adott kellő mintát. Másik feltételezésünk szerint nincs ilyen összefüggés, hiszen a koncentrációkészséget, éberséget a korábbiakban leírtak szerint számos (adott esetben) itt nem vizsgált tényező is befolyásolja. Ez persze intő jel is lehet a közlekedésbiztonság terén, hogy nincs abszolút biztos vezető, ezért fontos a képzés/nevelés, hogy ezzel tisztában legyenek a járművezetők. Mindenkinek tudnia kell, hogy ő sem tévedhetetlen.

4. Önvezető járművek hatásai

Az előzőekben bemutatott vizsgálat mennyiben kapcsolódik az önvezetéshez? Két igen fontos pont fedezhető fel. Egyfelől a korábbi megállapításunk szerint bárki lehet figyelmetlen, így az önvezetés, illetve a vezetéstámogató rendszerek igen nagy közlekedésbiztonsági hatásúak. Másfelől társadalmunk, más hasonló társadalmakkal együtt az elöregedés fázisában van, ami azt jelenti, hogy minden egyes évvel

nő az 50 és 60 és 70 év feletti járművezetők száma, ami a vizsgálat szerint növekvő kockázatot jelent. Ez nem hosszú táv, hanem a jelen hiszen az alábbi ábrán is jól látható, hogy milyen nagy az idősebb korosztályba lépők aránya a teljes népességben.



6. ábra: Magyarország népességének száma [3]

Nem előretekintve, csak a jelen adataiból kiindulva, a 2018-ban történt 2294 "ráfutásos" baleset, amelyből 66 végződött halálos sérüléssel, 500 súlyos sérüléssel, és 1728 könnyű sérüléssel mind-mind elkerülhető lett volna megfelelően működő önvezető rendszer alkalmazásával (vezetéstámogató rendszerek esetén a képlet nem ilyen egyszerű, mert a gép biztonsági irányultságát rontja a humán járművezető gépbe vetett hite okozta felelősségcsökkenés, és a rizikókompenzáció). Feltételezve egy teljes önvezető rendszert, az előbb említett belesetek elkerülésével évente megközelítőleg **60 milliárd Ft** társadalmi kár lenne elkerülhető [5]. E számítás nem tér ki a csak anyagi káros esetekre, melyekről nem készül statisztika, de ezek is számtalan veszteséget okoznak, elég, ha csak a baleset miatt bekövetkező torlódásra, az ott késedelmet szenvedett többi utazóra gondolunk.

Konklúzió

Összességében megállapítható, hogy az önvezető járművek megjelenése és elterjedése várhatóan csökkenteni fogja az emberi tényező okozta közúti közlekedési balesetek számát. A végzett kísérlet alapján 2018. évben legalább 2294 balesetet tudtunk volna elkerülni, ha az emberi reakcióidőt, mint hibalehetőséget, kivesszük a közlekedésből. A balesetek megelőzése a társadalom minden tagjának érdeke, így érdekcélunk, hogy az önvezető autók elterjedésére minél hamarabb sor kerüljön.

Cikkünk megírásához támogatást nyújtott a Széchenyi István Egyetemen futó EFOP-3.6.2-16-2017-00016 „Autonóm járművek dinamikája és irányítása” című kutatási projekt.

Irodalomjegyzék

[1] Majó-Petri Z. – Huszár S.: Autonóm járművek, önvezető autók: mit gondol a közösség? Közlekedéstudományi Szemle 2020. LXX/1. p66-75 (DOI 10.24228/KTSZ.2020.1.2)

[2] Holló P.: Gondolatok az emberi tényező közlekedésbiztonsági szerepéről. Közúti és mélyépítési szemle, 25-26. (2007. december, 12. szám).
[3] Központi Statisztikai Hivatal
[4] https://eduline.hu/felnottkepzes/Reakcioido_teszt_N6PWYX (2020.02.13.)
[5] Prileszky I.: Válogatott fejezetek a közlekedésgazdaságtanból (egyetemi előadás) http://www.sze.hu/~prile/Levelez%C5%91%202017%20%C5%91sz/4Szem%C3%A9lyk%C3%B6zleked%C3%A9s_gazd_jell_egy%C3%A9b%20k%C3%B6lts%C3%A9gek4.pdf (2020. 02. 13.)

Territorial integration of autonomus vehicles, with cross-border and international support

Dr. Szakonyi Petra[1] – Frank Ágnes[2]

[1]Széchenyi István University Faculty of Architecture, Civil Engineering and Transport Sciences,
telefon: +36 20 937-2704
e-mail: szakonyi.petra@sze.hu

[2]Széchenyi István University, Doctoral School of Regional and Economic Sciences
telefon: +36 70 673-3637
e-mail: frank.agnes@sze.hu

Abstract: Automated vehicles (AVs) will completely change urban mobility behavior and the structure of cities in the following years. Although the AVs development is one of the hottest topic nowadays, stakeholders are not as much engaged either in developing high-tech roads and designing new breed urban structures, or in issues deriving from different regulatory and infrastructural frameworks in the EU countries. On the one hand „low-tech" roads and traditional city structures must be changed in order to serve AVs, on the other hand AVs can help to reduce the number of conflicts and externalities caused by traditional cars in urban spaces. Thus several attempts have been made to harmonize the physical, digital and legal environment serving the development of autonomous vehicles between nations, but the frameworks for co-operation are still quite ad-hoc. The aim of this paper is to present in detail the challenges faces by urban planners and car factories and to outline the current situation of the European cooperation programmes, that focus on the development of AVs sector. We will also examine the cross-border cooperation possibilities and challenges through a case study that relates to ZalaZone test track, located in Zalaegerszeg, Hungary and representing a potential beneficiary in two INTERREG V A programmes (Slovenia-Hungary and Austria-Hungary).

Keywords: automated vehicles, urban planning, cross-border transport cooperation, regional development

1. Autonomous vehicle R & D

According to the Innovation and Networks Executive Agency (INEA), Europe is one of the leaders of the field of R&D investment in the automotive sector, though this sector has a manufacturing output of close to 20 million vehicles and a contribution to the European GDP of 6.8%, employing over 13 million people and with a leading role in research and industrial innovation.

The Horizon 2020 research and innovation program provides great opportunity to develop automated and connected driving systems. With the rapid development of automated and connected driving systems and road infrastructure higher road safety and less pollution might be guaranteed in urban areas (*1*).

1.1 Expected advantages of AVs from the sustainability point of view

The goal of sustainable transportation is to ensure that environment, social and economic considerations are factored into decisions affecting transportation activity (2).

Problems caused by urban mobility within cities is becoming increasingly difficult, while urban mobility greatly still relies on private cars (with diesel and gasoline) and there is only a slow shift towards more sustainable modes of urban mobility. Urban mobility accounts for 40 % of all CO2 emissions of road transport and up to 70 % of other pollutants from transport. Congestion in the EU is costs nearly EUR 100 billion, or 1 % of the EU's GDP (3).

Road traffic accidents in the Member States of the European Union claim about 25.600 lives and leave more than 1,4million people injured in 2016 (4).

The external effects of transport are continuously growing. Air pollution, the emissions of carbon oxides, smog, expropriation of areas for transport infrastructure needs, negative impact on the society, such as changes in land use and separation of residential units/built-up areas, accidents, delays are just some of the negative external effects of transport.

The new innovations of car industries and the continuously developing technology are full of promises. In the very close future autonomous vehicles will able to help drivers to avoid crashes, provides new opportunities for disabled people, will help to reduce the time spent commuting and will optimize vehicle consumption and reduce environmental pollution.

- Accidents

Traffic safety and security optimists argue that, because human error contributes to 90% of crashes, autonomous vehicles will reduce crash rates and insurance costs by 90% (5).

- Health effects

According to T. Litman (2019) autonomous vehicles can reduce also driver stress and boredom.

- Social effects

Populations of the EU are aging, but a growing number of people living well into their 80s and maintaining active lives, this age group has specific requirements. AVs are more closely on understanding their mobility and accessibility needs (6). Autonomous vehicles can provide independent mobility also for non-drivers, including people with disabilities, adolescents, and others or who for any reason cannot or should not drive. This directly benefits those travelers, reduces chauffeuring burdens on their family members and friends, and improves their access to education and employment opportunities, increasing their economic productivity (5).

- Environmental effects

Autonomous vehicles will affect travel and land use development patterns; road, parking and public transit demands; traffic problems. On the one hand autonomous vehicle car-parks can decrease the need for parking space by an average of 62% and a maximum of 87%. The revitalization of space that was previously used for parking can be socially beneficial if car-parks are converted into commercial and residential land-uses (7). Hayeri et al. (2015) indicate that since lane keeping systems will guarantee that vehicles stay within their lanes, it would be possible to reduce the width standards of lanes, shoulders, clear zones, and medians. On the other hand autonomous vehicles may require higher roadway maintenance standards, such as clearer line painting and special traffic signals, than traditional vehicles, that might causes higher environmental and cost effects (8).

- The value of travel time

Travel time is one of the largest costs of transportation, and travel time savings are often the primary justification for transportation infrastructure improvements. it is argued that riding in an AV will be more pleasurable than a normal car or a normal bus. During travel people will be able to work or just enjoy their time.

- External Cost

Some studies stated that autonomous driving will reduce external costs including traffic congestion, energy consumption, pollution emissions, roadway and parking facility costs (9).

According to T. Litman (2019) autonomous vehicles might reduce pollution only if they will be all electric and mostly shared. If many users choose personal autonomous vehicles instead of public vehicles energy consumption and pollution emissions will increase.

The following table summarizes the expected external effects of AVs compare to traditional cars as it can be seen on Table 1.

Table 1. The expected external effects of AVs compare to traditional cars

External effects	AVs (shared autonomous vehicles)	AVp (personal autonomous vehicles)	Traditional car
Accidents	less	less	more
Noise	same	same	same
Health effects	less	less	more
Social effects	less	less	more
Building damage	same	same	same
Climate impact	less	same	same
Environmental effects	less	same	same
Nature and landscape effects	less	same	same
Time value	less	less	more
Cost effects	less	less	more

1.2 Towards on AVs sustainable development

According to T. Litman (2006) conventional planning tends to assume that transport progress is linear, consisting of newer, faster modes that displace older, slower modes as it can be seen on Figure 1. This model assumes that the older modes, such as walking, bicycle, train, bus are unimportant and automobile travel has priority over other modes of transport (10). In this case autonomous cars will have priority over all other transport modes, but then autonomous cars could not be sustainable.

Linear transport progress: Walk → Bicycle → Train → Bus →

Automobile → Improved (autonomous) automobiles

Figure 1 Conventional transport planning model

In order to stay sustainable, during AVs development a parallel model must be applied, which assumes that each mode is useful, and strives to create balanced transport systems that use each mode for what it does best In this case AVs might have priority over traditional vehicles but each mode of transport still must have a relevance in city development as it can be seen on Figure 2.

AVs Parallel model: Walk → Improved walking conditions

Bicycle → Improved cycling conditions

Train/Bus → Improved public transit service /Autonomous public transport

Automobile → Improved automobile travel conditions / Autonomous private transport

Figure 2 Sustainable transport planning model of AVs

2. EU-Perspective on AVs

Europe accounts for 23% of global motor vehicle production. Our vision is for Europe to be a world leader for fully autonomous safe mobility. This will lead to new jobs, economic growth, less traffic congestion and new mobility solutions for the elderly and physically impaired. With the third Mobility Package, the European Commission is proposing a strategy aiming to make Europe a world leader for fully automated and connected mobility systems. The strategy looks at a new level of cooperation between road users, which could potentially bring enormous benefits for the mobility system as a whole. Transport will be safer, cleaner, cheaper and more accessible to the elderly and to people with reduced mobility. In addition, the Commission is proposing to establish a fully digital environment for information exchange in freight transport. This will cut red tape and facilitate digital information flows for logistic operations. (*11*) The

European Commission supports the introduction and deployment of Connected and Automated Mobility (CAM) on various levels:

- Policy initiatives: developing policies, communications, roadmaps, strategies in close collaboration with stakeholders. DG CONNECT's role is to bring together stakeholders and countries to foster exchanges of experience, ideas and proposals;
- Development of standards at the European level;
- Co-funding of research & innovation projects (H2020), support actions and of infrastructure pilots;
- Legislation at the European level when needed. (*12*)

3. Running pilot projects

Horizon 2020 EU Research and Innovation program, with its funding over 7 years (2014 to 2020) supports many projects related to autonomous vehicle development (13). Large scale of project deals with the testing of the traffic rules on open roads as well as with the technology for automated vehicles, to develop relevant rules, to increase public acceptance and to develop co-operation between the different actors. Selected examples are as follows:

- ICT Infrastructure for Connected and Automated Road Transport - ICT4CART aims to bring together, adapt and improve technological advances from the telecommunication, automotive and IT industries to provide the ICT infrastructure to enable the transition towards road transport automation. To achieve its objectives ICT4CART, instead of working on generic solutions with questionable impact, builds on four specific high-value use cases, which will be tested under real-life conditions at project sites in Austria, Germany, Italy and at the Italian-Austrian border. (*14*);
- Inframix aims at preparing the road infrastructure with specific affordable adaptations and supporting it with new models and tools, to accommodate for the step-wise introduction of automated vehicles. (*15*);
- interACT project will be working towards the safe integration of AVs into mixed traffic environments. In order to do so, interACT will analyse todays' human-human interaction strategies, and implement and evaluate solutions for safe, cooperative, and intuitive interactions between AVs and both their on-board driver and other traffic participants. (*16*);
- L3Pilot tests the viability of automated driving as a safe and efficient means of transportation on public roads. It will focus on large-scale piloting of SAE Level 3 functions, with additional assessment of some Level 4 functions. The functionality of the systems will be exposed to variable conditions with 1,000 drivers and 100 cars across ten European countries, including cross-border routes. (*17*);
- TransAID develops and demonstrates traffic management procedures and protocols to enable smooth coexistence of automated, connected, and conventional vehicles, especially at Transition Areas. A hierarchical approach is followed where control actions are implemented at different layers including centralised traffic management, infrastructure, and vehicles. (*18*).

4. Cross-border corridors

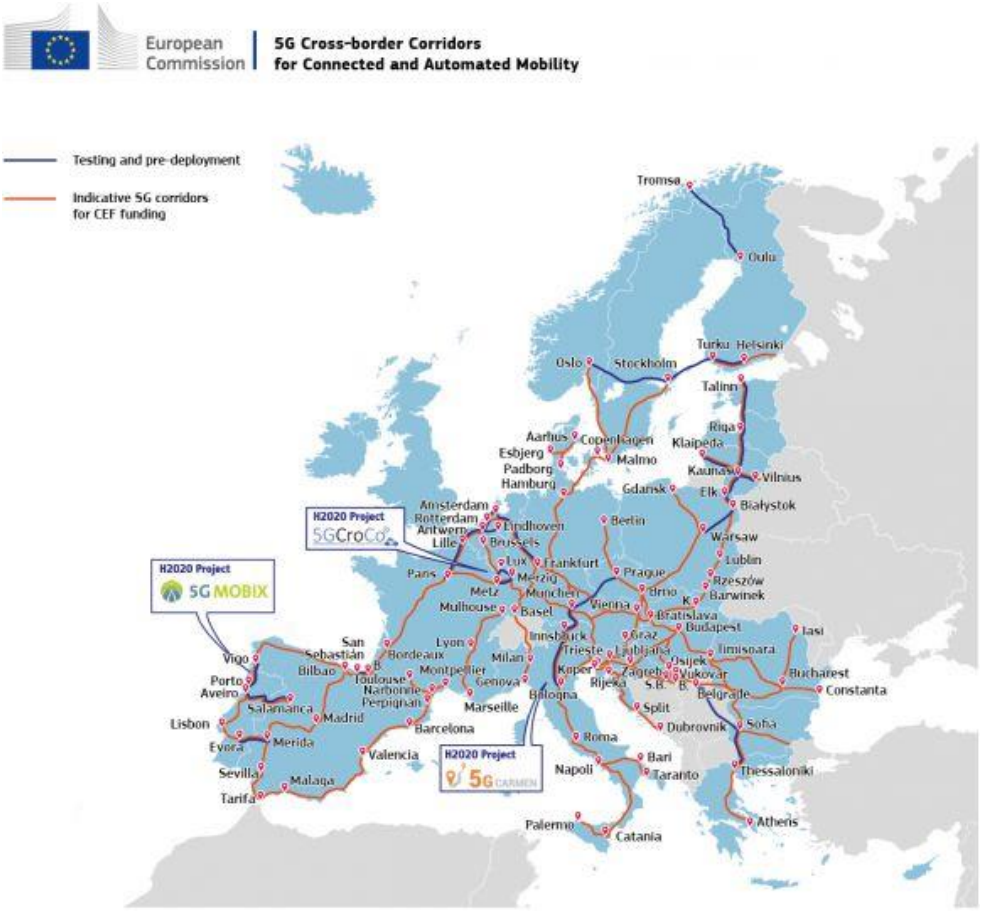
The goal of the cross-border projects, which are funded by the EU is to support EU-member states in common transportation planning [].

On 23 March 2017, 27 Member States plus Norway and Switzerland upon invitation of the EU Commission signed a Letter of Intent committing to work together on large scale testing and demonstrations in the area of connected and automated driving. This Letter of Intent addresses the digital aspects, such as connectivity, spectrum, data, cybersecurity, artificial intelligence etc.

The 29 signatory countries agreed to designate 5G cross-border corridors, where vehicles can physically move across borders and where the cross-border road safety, data access, data quality and liability, connectivity and digital technologies can be tested and demonstrated. The European Commission's ambition is to focus on these corridors in future EU automated driving projects in the area of digital policies, with links to cybersecurity, privacy, 5G, internet of things, data economy, free flow of data, etc. (*19*)

The EU supports 3 projects (running as part of the European Commission's 5G Public Private Partnership) which will set up 5G trials over more than 1000km of highway including four cross-border corridors, which will be used to help connected and automated mobility become a reality in Europe:

- 5GCroco will trial 5G technologies over highways between Metz, Merzig and Luxembourg, crossing the borders of France, Germany and Luxembourg. It will test and refine advanced 5G network technologies such as mobile edge computing and network slicing, and will test tele-operated driving, high definition maps for autonomous vehicles, and Anticipated Cooperative Collision Avoidance (ACCA).
- 5G-Carmen will conduct extensive trials across an important north-south corridor from Bologna to Munich via the Brenner Pass, spanning 600 km of roads, connecting three European regions, Bavaria (Germany), Tirol (Austria) and Trentino/South-Tyrol (Italy). It will focus on vehicle manoeuvre negotiation, infotainment, and emissions control in sensitive areas.
- 5G-Mobix will test connected and automated mobility applications along two cross-border corridors between Spain and Portugal, a short corridor between Greece and Turkey, and six national urban sites in Versailles (France), Berlin and Stuttgart (Germany), Eindhoven-Helmond (Netherlands) and Espoo (Finland). In addition to technical validation and advanced use cases, the trials will make it possible to define cooperation models and include cost/benefit analysis. They will explore new business opportunities for 5G-enabled connected and automated mobility services and provide recommendations and options for deployment. (*20*)



Map 1: 5G Cross border corridors (21)

5. Uban planning development tools in the service of autonomous vehicles

In order to influence the spread of the autonomous vehicles in urban areas the use of large scale of urban planning tools are advised. These urban planning tools might be physical, legal or fiscal.

City planning tools such as planning of city structure, regulation of land-use, brown-field rehabilitation, assignment of development areas, planning of transport network or parking management can be done by

supporting autonomous vehicles, with positive discrimination of AVs. New development areas might be accessible only by autonomous vehicles or dedicated lanes or transport networks could only use by autonomous vehicles.

Proper use of other tools such as traffic control, admission regulation, roads and bridge tolls and the favorable charges for AVs can also contribute the widespread adoption of AVs.

Public parking priorities and different vehicle taxes for AVs might be also effective in the case of increase of number of AVs in urban areas.

6. AVs and smart cities

According to the actual term our cities will become smart cities on the next decade, so the autonomous vehicles will run in those cities (*22*). In the smart city's framework, there is a much stronger focus on modern technologies compared to urban sustainability frameworks. The general goal of smart city is to improve sustainability with the help of technology (*23*).

Several test tracks have been built around the world for modeling and analyzing self-driving cars and smart city systems. These test tracks allow to perform different levels and types of analysis as it can be seen on Figure 3. Hungary has built-up a multi-level testing environment called ZalaZone, which was designed on the demand of industrial companies (e.g.: AImotive, AVL, BME GJT, Bosch, Commsignia, Knorr-Bremse, Continental, EVOPRO, NKH, NI, SZTAKI, ThyssenKrupp Presta, TÜV Rheinland, ZF).

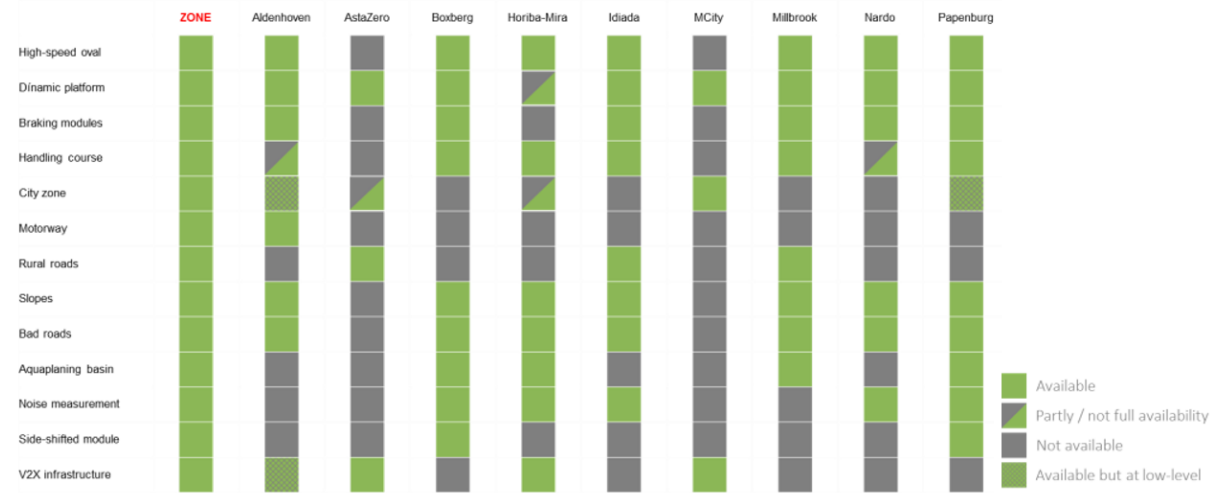


Figure 3 Comparison of different test track modules world-wide (22)

In the ZalaZone test track a Smart city zone is also planned as it can be seen on Figure 4. The Smart city zone is expected to be ready by 2020, which will provide an opportunity to make many tests such as AD vehicle test services, low-speed platooning at various junctions and lane layout; emergency braking in city environment with different barriers (static, moving) on high and low friction surface; crossings with low to medium friction surfaces for interactions with optional vehicle number with ABS, ATC, ESP activity; cooperative tests with vehicles, pedestrians, bikers etc.; different parking situations, parking house, valet parking, park assistant, different layouts, smart parking; intelligent logistic yard; different road construction zone scenarios in city environment, different road side objects: buildings, trees, parking cars, used road signs, fences, dust-bin etc.; changing weather conditions (*24*).

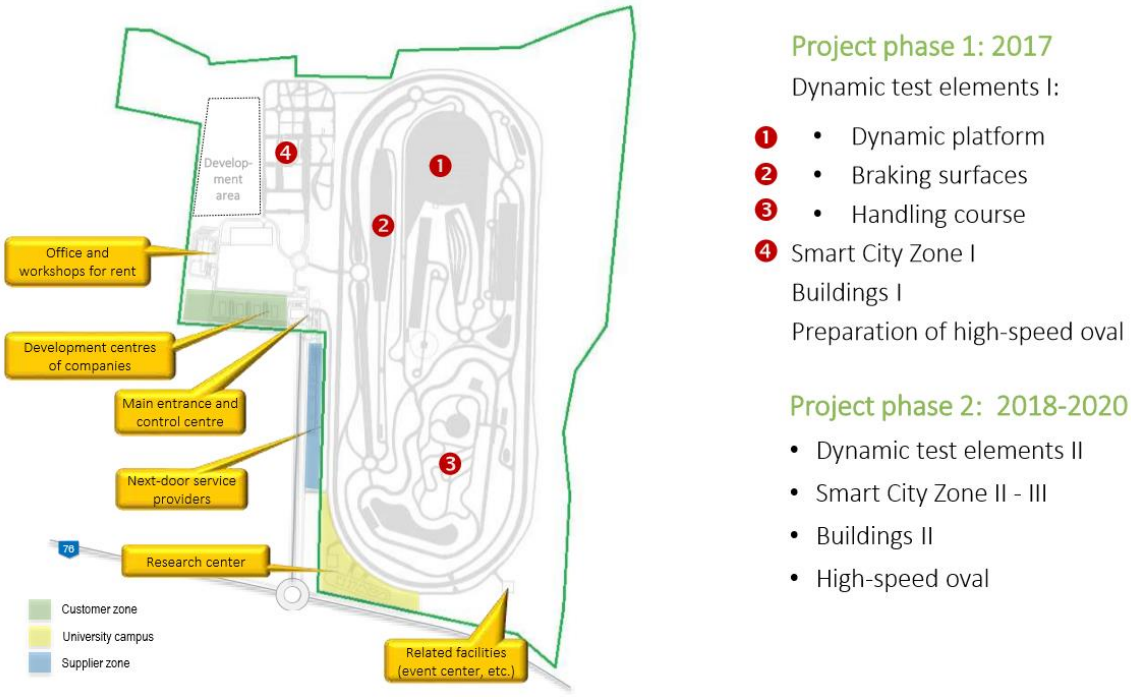


Figure 4 Comparison of different test track modules world-wide (22)

7. Cross-border cooperation perspectivves of ZALAZONE

ZalaZone test track is located in Zalaegerszeg, in County Zala which is part of the programme area of two INTERREG V A Cross-border Cooperation Programmes: between Hungary and Austria, and between Hungary and Slovenia. The three countries have signed a memorandum of understanding on cross-border cooperation in developing and testing electric, integrated and autonomous vehicles in 2018, that advocates creating conditions to establish an Austrian-Hungarian-Slovenian driverless region, which facilitates the expansion of new mobile technologies and vehicles. (*25)* Nonetheless, the cooperation programmes do not foresee any priorities in this direction. The INTERREG V A Cross-border Cooperation Programme Austria-Hungary has a priority axes set on " Promoting sustainable transport and removing bottlenecks in key network infrastructures" and funds six projects: Smart Pannonia, CrossBorder Rail, CrossBorder Road, Rajka – Deutsch Jahrndorf, St.Margarethen-Fertőrákos, Várbalog-Halbturn. The selected operations will contribute to development of the rail and road infrastructure across the border, and to the enhancement of sustainable mobility in general, but non of them is dedicated to autonomous driving or connected issues. (*26*)

The INTERREG V A Cross-border Cooperation Programme Slovenia-Hungary also allows also projects related to cross-border accessibility and interoperability under the priority axis 2 "Cooperative Region", nonetheless no approved projects tackle any issues related to transport and/or connectivity. (*27*)

Conclusion

Car factories are considerably engaged to the innovation and development of autonomous vehicles for a relatively long time. However, more and more researchers deal also with the development of the urban structure and road infrastructure there is still a lot of open questions about that how AVs could be adopted in urban areas in the most effective and most sustainable way. Fortunately, the Research and Innovation program of the EU provides significant financial support for the implementation of these researches. These international projects help to harmonize the physical, digital and legal environment serving the development of autonomous vehicles between nations. On the other hand, cross-border programmes should follow the lead and set a focus on connected and automated mobility.

References

[1] European Comission (2019) Automated Road Transport- On the way to connected and automated vehicles Horizon 2020 *https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/art_brochure-2019.pdf*
[2] Moving on Sustainable Transportation (MOST), *Transport Canada, 1999.*
[3] European Comission (2019) – Clean transport, Urban transport - Urban Mobility *https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility_en*
[4] European Comission Annual Accident Report 2018.
[5] T. Litman (2019) Autonomous Vehicle Implementation- *Predictions Implications for Transport Planning Victoria Transport Policy Institute*
[6] Alsnih R., Hensher D. A. (2003) The mobility and accessibility expectations of seniors in an aging population. *Transportation Research Part A 37 (2003) Pages 903–916*
[7] Nourinejad M., Bahrami S., Roorda M. J. (2018) Designing parking facilities for autonomous vehicles. *Transportation Research Part B: Methodological, Volume 109, March 2018, Pages 110-127*
[8] Hayeri YM, Hendrickson CT, Biehler AD (2015) Potential impacts of vehicle automation on design, infrastructure and investment decisions—a state dot perspective. *Transportation Research Board 94th annual meeting*
[9] Kulmala R., Jääskeläinen J., Pakarinen S. (2019) The impact of automated transport on the role, operations and costs of road operators and authorities in Finland - *Traficom Research Reports 6/2019* https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/EU_EIP_Impact_of_Automated_Transport_Finland_Traficom_6_2019.pdf
[10] T. Litman (2006) Issues in sustainable transportation- *Int. J. Global Environmental Issues, Vol. 6, No. 4, 2006. p.:335*
[11] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_3708
[12] https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connected-and-automated-mobility-europe
[13] https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en
[14] https://www.ict4cart.eu/
[15] https://www.inframix.eu/
[16] https://www.interact-roadautomation.eu/
[17] https://www.l3pilot.eu/
[18] https://www.transaid.eu/
[19] https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connected-and-automated-mobility-europe
[20] https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/connected-and-automated-mobility-three-5g-corridor-trial-projects-be-launched-ict-2018-event
[21] https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/cross-border-corridors-connected-and-automated-mobility-cam
[22] Lados M., Tóth M. (2019) Autonomous vehicles in smart cities. *Tér Gazdaság Ember, 2019/1,7, 159-173.*
[23] Ahvenniemi H., Huovila A., Pinto-Seppä I., Airaksinen M., (2016) What are the differences between sustainable and smart cities? *Science Direct Cities 60 (2017) 234–245 journal* homepage:www.elsevier.com/locate/cities
[24] Palkovics L. (2019) Hungary is on the hubs for automated and connected driving
[25] http://www.sloveniatimes.com/slovenia-austria-hungary-to-create-driverless-region
[26] https://interreg-athu.eu/en/current-projects/
[27] http://www.si-hu.eu/en2/programme/priority-axes/
[28] Horváth, B., Horváth, R., Koren, Cs., Miletics, D., 2014, Ausztria-Magyarország határon átnyúló közlekedési modell készítése, In: Horváth, B.; Horváth, G.; Gaál, B. (szerk.) Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2014 : Hazai és nemzetközi projektek a közlekedésben, Győr, Magyarország : Universitas-Győr Nonprofit Kft., (2014) pp. 27-33. , 7 p.

Vehicle automation and safe road infrastructure

Dr. Attila Borsos[1] – Dr. Csaba Koren[1] – Dr. Emese Makó[1] – Dr. Dániel Miletics[1] – Richárd Nagy[1] – Zsófia Magyari[1]

[1]**Széchenyi István University,**
Department of Transport Infrastructure and Water Resources Engineering
telephone: 96/503 452
e-mail: borsosa@sze.hu

Abstract: The development of automated vehicles showed a rapid pace in the recent past, however less attention has been paid to the implications of vehicle automation on safe infrastructure design. This paper gives an introduction to a project addressing this gap. The project entitled "Autonomous vehicles and safe road infrastructure" started recently and will last for five years (June 2019 – May 2024). As a result of several brainstorming sessions five topic areas have been formed as follows: 1) Road design (certain design aspects related to intersections, cross-section and road sections); 2) Detection and perception (road work zones, traffic calming devices, road edges, road markings, and traffic signs); 3) Pavement design (implications of AVs on pavement design); 4) Vulnerable road users (communication and behavioral adaptation); 5) Miscellaneous topics (e.g. traffic conflict analysis, certain aspects of the digital infrastructure). These broad areas have been broken down into specific research tasks. This paper gives an introduction of these research topics.

Keywords: vehicle automation, safe infrastructure, physical, digital

Introduction

Vehicle automation has shown a rapid development in the past few years. While the vehicle industry seems to be well advanced in automation, the formulation of requirements in relation to the road infrastructure supporting Automated Vehicles (AV) as well as the effects of AVs in the civil and transportation engineering domains have been investigated to a much lesser extent.

In the past few years researchers have started to fill this gap, recently Farah et al. presented a state of the art on this topic considering both the digital and the physical infrastructure. They also concluded that a considerable research effort exists with respect to the digital infrastructure, while for the physical infrastructure it is scarce. Based on the state of the art, and a brainstorming workshop involving experts from different disciplines in the Netherlands, a detailed mind map was presented and recommendations for future research directions were suggested [1].

For Hungarian conditions, Egyházy recommended the integration of two fields: on one hand the rapidly evolving IT solutions and on the other hand the “low tech” road design guidelines having many decades of experience [2].

A project addressing the connection in between autonomous vehicles and road infrastructure has been recently launched at our department. In the past few months several brainstorming events were held and a mind-map of possible research topics has been laid out. These topics were clustered into five groups: road design, detection and perception, pavement design, vulnerable road users and miscellaneous topics. The aim of this paper is to give an introduction of these project ideas.

1. Road design

A lot of rules and parameters of road design guidelines (e.g. curvature, superelevation and sight distances) are based either on vehicle dynamics and/or on human capabilities (e.g. reaction time). Autonomous vehicles are coming soon to our roads. Even though they will coexist with traditional ones for a longer period, thinking about potential savings in road space, required sight distances etc. has started. This section tries to give an overview of potential changes in geometric design rules due to automated vehicles.

1.1 Review of design parameters

The most important factors determining current road design parameters are the physical characteristics of vehicles, vehicle dynamics, traffic volume, physical and mental abilities of the driver, drainage, comfort and safety. With the spread of automated vehicles some of these determinants will change, others will not, or only slightly. Vehicles of the future may also set new requirements for the transport infrastructure.

The most significant difference is expected to be that the sensors replacing the human vision are not located in the same place (inside or outside of the vehicle) and the accuracy of the human eye and the sensors are also different. There are many design parameters that can be explained by the functioning of the human brain and by psychological reasons. No significant change is expected in vehicles or vehicle dynamics, however due to the increasingly stringent environmental regulations and the range requirements for electric vehicles, passenger cars are expected to be smaller and lighter. The research topic focuses on how the aspects listed above will affect the way roads are designed and operated. The goal is to identify design parameters that need to be changed (e.g.: sight distances).

1.2 Intersections

Intersections are a dangerous part of the road network because the paths of different vehicles can cross each other here. Approaching intersections human drivers must collect information about the traffic regulation, positions of other vehicles and decide quickly about entering the junction or not. Intersections represent a special task for AVs, too.

1.2.1 Visibility at intersections

Current visibility requirements at unsignalized intersections are based on speeds on the major road and on accepted gaps by human drivers entering or crossing from the minor road. Autonomous vehicles survey their environment with sensors which are different from the human vision in terms of identifying objects, estimating distances or velocities of other vehicles [3].

This section will compare current international visibility requirements based on conventional vehicles and those required for autonomous vehicles [4], [5], [6], [7]. Visibility requirements are defined by three vision indicators: distance, angle of view and resolution abilities of autonomous cars and human drivers. These indicators are calculated separately for autonomous vehicles and human drivers for various speeds on the main road and in case of rectangular and 60-degree connection angle.

The aim of this part of the research is to clarify the visibility requirements necessary for AVs at unsignalized crossings. The following four topics will be covered: 1. Requirements for AVs' sensors (distance and speed measurement, angular resolution). 2. Identifying the required sight distances for AVs (level 4). 3. Testing the theoretical parameters. 4. Impacts of the improved parameters on traffic flow. Field measurements and traffic simulations will be used.

1.2.2 Capacity calculation of roundabouts

Besides geometric design it is generally accepted that the presence of pedestrians and bicycles affect the capacity of roundabouts. The capacity calculation of urban roundabouts varies from country to country, some consider crossing pedestrians and/or bicycles, and some do not. The range of conflicting situations to be considered is also a question as they can come in several forms: the effect of crossing bicycle or pedestrian traffic at entry, the effect of crossing bicycle or pedestrian traffic at exit that might result in a spillback, as well as the so-called pseudo conflict caused by the uncertain behavior of the circulating traffic.

Researchers have already investigated how the introduction of AVs could change the operational and safety parameters at roundabouts [8], however less or little attention has been paid to how the above detailed interactions with AVs will exert an influence on capacity.

The capacity calculation prescribed in the current Hungarian guideline [9] already has several limitations. The aim of this research topic is therefore 1) to update the already existing capacity calculation methods of roundabouts considering all road users and 2) to simulate how this improved method would be effected by AVs at various penetration rates.

1.2.3 Changes in the design of signal-controlled intersections

Geometric design and capacity calculation of signalized intersections, among others the placement of signal heads and stop lines, or headways are based on driver's capabilities [10]. Some design parameters are

expected to change with the spread of autonomous vehicles thanks to their improved sensing and communication performance [11]. Potential changes are smaller intersection cores (replacement of stop lines), fewer traffic lanes, increased capacity (shorter headways), improved level of service for pedestrians and cyclists (longer green times, pedestrian scrambles), V2I communication, etc. The goal of this part of the research project is the identification of possible changes and analysis of signalized intersections at different penetration levels of AVs.

1.3 Cross section

Cross-sectional design is a very important characteristic of road categories, it has a significant influence on the capacity of road sections and on the effective speed of vehicles. Sufficient capacity is basically achieved through the number of traffic lanes; speed depends on the traffic volume itself, on the road alignment and on lane widths.

1.3.1 Review of traffic lane widths

Current lane widths are determined taking into account the driver's lane keeping capability, vehicle width, and speed. Autonomous vehicles – and any other vehicles equipped with a lane keeping assistant system – are able to follow the axis of the traffic lane much more precisely, so the width of the vehicles is expected to be the most important determining factor of the lane width in the future. The width of the lane however cannot be reduced as long as conventional and automated vehicles share the traffic lane. A reduction in the total width of the road pavement is however questionable [12] because of the expected growth in the mobility demand (young and elderly people, disabled road users, etc.) The project aims to identify (or define) roads and AV traffic volumes where the road and the traffic can be operated economically with a reduced width of traffic lanes.

1.3.2 Review of level of service (LOS)

Autonomous vehicles are able to move closer to each other (shorter headways, higher density), at a more homogeneous speed, resulting in fewer shockwaves and congestion at higher traffic volumes, and a reduction in delay which is a determining factor of LOS.

Measurement of delays is currently not or only indirectly solved, so traffic design thresholds are linked to specific traffic volumes, which come from traffic counts and – in many cases – estimations. In the future, travel time data of autonomous vehicles may be available in larger quantities and of a better quality because of the improved communication between AVs and the road infrastructure. These data could be directly used for traffic design.

Tracking AVs over time and automatic (not human based) route choice algorithms can make traffic prediction more accurate, privacy questions however can be a barrier in gathering info about specific vehicles. By adding traffic density data (from the distance measured in front of and behind the vehicle) the current GPS and speed-based congestion info (google map, waze, etc.) can be refined.

The space requirements of vehicles and changes in their movement characteristics will affect the currently used passenger car units (PCU) and the fundamental diagrams. The more precise prediction also makes the planning and scheduling of road construction projects easier.

1.4 Road sections

Under this subsection a selected number of project ideas in relation to the design of road sections are described.

1.4.1 Tidal lanes

Tidal lanes (or reversible traffic lanes) make a more efficient use of the cross-sectional space of the road possible, especially on suburban roads with significant commuter traffic. Their economical operation needs a number of factors to be considered at present: location of the junctions (section lengths between them), permissible/required traffic directions of the junction, signal coordination, traffic volumes, change and indication of directions. Some of these factors can be changed in the future: indication can be simpler (V2I communication), multiple lanes may be reversible, etc. This research topic focuses on the potential of tidal lanes in a “smart” environment, trying to answer the question: What conditions have to be provided for wider application of tidal lanes in the presence of AVs?

1.4.2 Speed profiles and speed advice

Speed plays a crucial role in road safety [13]. The design speed of the road, the posted speed limit, the actual speed and the speed considering vehicle dynamics are not equal in many cases. How can we guarantee that autonomous vehicles choose safe speeds? Often, safe speeds on a particular road section are not indicated by local speed limits. Neither does the image provided by the sensors provide sufficient information. The research focuses on where and what type of information should be provided for autonomous vehicles about safe speeds.

1.4.3 Overtaking sections

On 2x1 lane roads sections suitable for safe overtaking shall be provided as a percentage of the length of the road. The required percentages are specified in the design guidelines [14]. The length of overtaking sections also plays a role in the capacity and the level of service of a given road, but it is also one of the major sources of accident risk on our highways. Overtaking sections (to be designated in the prescribed proportions) often do not provide safe passing possibility and may even deceive the driver (overtaking in large radius curves). The need for overtaking possibilities is explained by the inhomogeneous distribution of vehicle speeds. Automated vehicles however are expected to choose much more homogeneous speeds: they will aim to reach the speed limit and not to exceed it. The vehicles of the future will travel efficiently even in longer platoons, and the need for overtaking is expected to decrease (but not completely eliminated by slower vehicles on the road e.g.). The research focuses on the possible reduction of the length of designated overtaking sections (especially in hazardous areas) and on specifying the conditions under which a “no overtaking” road category may be defined.

2. Detection, perception

Autonomous vehicles collect a lot of information helping them to prepare decisions in different situations. These cars survey their environment with sensors which are different from the human vision in terms of identifying objects, estimating distances or velocity of other vehicles.

2.1. Road work zones

Due to the large variety of the arrangement of temporary road work zones, their identification is a complicated task for humans, and it can be assumed that it is difficult for AVs too. The goal of this research is to identify the information given by various arrangements of temporary closures to drivers and automated vehicles. A further goal is to find appropriate measures to help AVs to safely recognize these situations and to identify the appropriate actions. In some cases, the right action could be that the human driver takes over control of the situation and at the end of the work zone, the human driver can give back control to the vehicle.

Preliminary research has shown that the use of continuous row of traffic cones, large panels of traffic signs and lighting arrows are very effective to inform the driver about the traffic situation. In these situations, signs with many texts and contradictory messages should be avoided.

The research method will be to collect many pictures and videos of various situations and to analyze them by humans and by picture recognition software. Good and bed solutions will be identified.

2.2. Traffic calming devices

In urban areas, a number of various traffic calming devices are used, like chicanes, middle islands, curb extensions, speed humps etc. Some of them, especially speed humps are difficult to recognize for humans, and it can be assumed that it is difficult for AVs, too. Figure 1 shows an example of a moderately complex situation. The goal of this research is to identify the information given by various arrangements of traffic calming devices to drivers and AVs. A further goal is to find appropriate measures to help AVs to recognize these situations and to identify the right actions, including the appropriate speed at each of these devices.

The research method will be to collect many pictures and videos of various situations and to analyze them by humans and by picture recognition software in terms of recognizability. Speed measurements and acceleration measurements will be taken to select the right speed. Good and bed solutions will be identified.

Figure 1. A sophisticated traffic calming device

2.3. Road edges

In built-up areas, road or traffic lane edges have layouts which are different from usual continuous painted lane markings, like raised or dropped curbs, or pavements of different material (e.g. cobblestone) or color etc. Usually these devices cause no difficulty for humans to be recognized, but they might be difficult for AVs (Figure 2). The goal of this research is to identify the information given by various arrangements of road edges to AVs. A further goal is to find appropriate measures to help AVs to recognize these situations and to identify the right actions, including the appropriate distance from these devices.

Figure 2. Where is the edge of the traffic lane?

The research method will be to collect many pictures and videos of various situations and to analyze them by humans and by picture recognition software in terms of recognizability. Measurements will be taken to assess the distance kept by vehicles from various types of road edges. Good and bed solutions will be identified. Virtual reality situations will be tested.

2.4. Road markings and traffic signs

As it is highlighted in Lu's master thesis [15] at the beginning of the transition period (it may be considered that it has already started and lasts until no conventional vehicles are on the roads) the operation of AVs requires reliable recognition and understanding of road markings and traffic signs. The signage system should be unambiguous and homogeneous and tailored to AVs. These principles are declared also in the Vienna Convention on Road Signs and Signals of 1968 [16] and in the 2019/1936 EU Directive [17].

AVs encounter difficulties in harsh weather conditions (extreme rainfall, snow, fog) [11] due to restricted recognizability of pavement marking and traffic signs.

Traffic sign recognition is already one of the assistant systems offered by some car manufacturers and recent researches show improving results in terms of accuracy (99%<) of such systems [18], however processing complex, multiple-sign situations are poorly discussed (Figure 3).

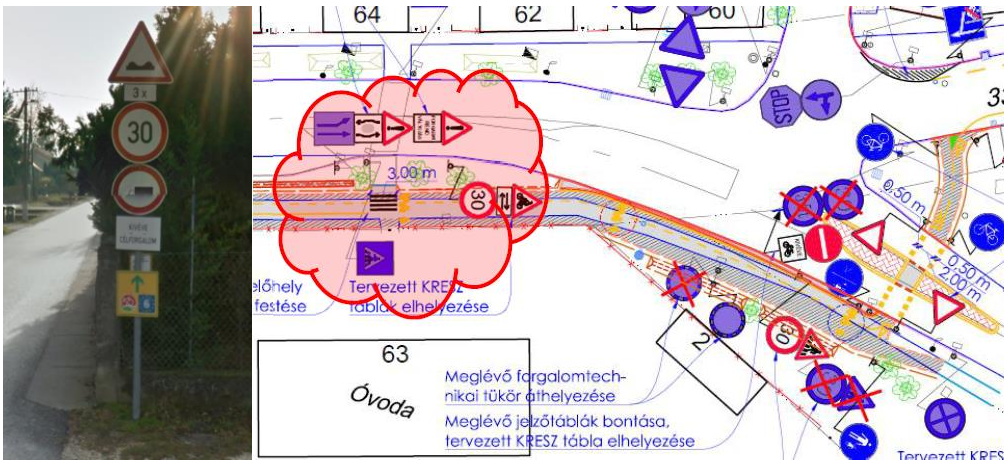


Figure 3. Examples of complex siutations with multiple traffic signs

2.4.1. Extra information at dangerous locations

In terms of road markings, the research focuses on how additional information placed in the continuously monitored pavement markings can help the safe operation of autonomous vehicles. For instance, the implementation (length, frequency, etc.) of dashed lines, the width of the lines and the ending/shape of the lines may give additional information to the self-driving vehicle. This additional information can be such as indication of the traffic lane in which the AV is located, indication of the correct direction (e.g. dashed lines ending in an arrow to avoid wrong-way driving) and speed advice. These "codes" hidden in the pavement markings could be read by advanced sensors of self-driving vehicles, but some solutions can be useful for conventional drivers, as well.

The research also aims to analyze the possibility of using traffic signs developed specifically for AVs. As a first step QR-code based traffic signs will be tested.

2.4.2. Visibility under various weather conditions

Adverse weather conditions (heavy rain, snowfall, snow/ice covered pavement, fog) impair the visibility of road markings and traffic signs. This research topic focuses on the extent to which different weather conditions influence the visibility of pavement markings and the means by which the adverse effects can be reduced.

3. Pavement design

Extending the lifetime of road pavement and service level sustainability over time depends on several factors. Our current design process takes into account, among other parameters, the number of unit axes passed, cross-sectional design, local weather conditions, pavement structure and properties of the road pavement materials. Pavement design will be significantly affected by the arrival of autonomous vehicles on the roads. This effect is clearly dependent on the level of automation and it is increasing as it grows, some of the input parameters will probably change, weights may shift, and other new parameters need to be addressed.

3.1. Effect of axle lateral wandering

The first question that several authors have addressed [19], [20] is the axle lateral wandering with the appearance of autonomous vehicles. Because the autonomous vehicles wheel path is expected to be much more accurate than that of human-driven vehicles, load distribution may be more concentrated.

A study [19] deals with the effect of channeled traffic, which, in the framework of the accelerated pavement testing procedure, has 25-45% greater rutting on sections where vehicles follow the same track compared to those where lateral wandering had a normal distribution (Figure 4).

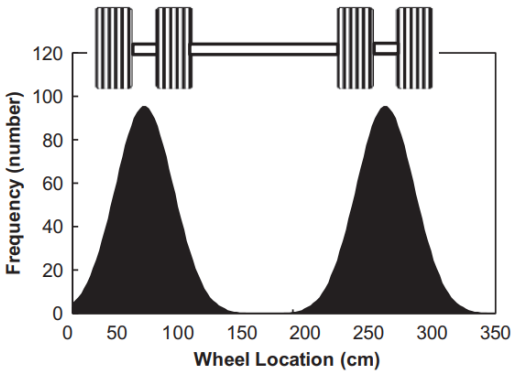


Figure 4. Probability distributions of normally distributed non-autonomous trucks. [19]

A possible scenario with the emergence of AVs is much narrower roads and less pavement, where reinforcing the track structure will become necessary. The additional destructive effect of the increase in load should be examined in the Hungarian environment, paying special attention to the difference between straight and curved sections.

Another possible effect of AVs on pavement design is the operating speed and the clearance between vehicles [21]. Vehicle speed affects the contact time between the wheel and the road surface. Thus, the process can be designed and optimized for specific load frequency sensitivity. Load frequency significantly affects which deformation occurs, elastic or permanent, therefore, this topic is also very important if we have the ability to influence the flow of traffic. It follows from the above that autonomous vehicles are capable of accelerating and decelerating at predetermined parameters under controlled conditions. In this way, the surface stresses transmitted to the road pavement can be optimized.

One can also expect that there will be fewer stops at intersections. AVs have a better control mechanism in urban areas, combined with advanced traffic lights that can be used to reduce the frequency of vehicle stops at intersections. As a result, the occurrence of longitudinal stress is reduced leading to a smaller likelihood of permanent deformation.

3.2. Effect of 2D and 3D sensors

The input parameters of our current design processes are provided by expert assessment and are not based on real-time information. Conversely, if we can design a roadway structure in which the sensors provide up-to-date road status, it will significantly influence our design process. Yang [22] and Xu et al. [23] provide a very good basis for these effects. The research focuses on two main issues, one of which is the best positioning of the sensors for accurate communication. Another aspect is the effect of sensors on the road pavement.

This research aims to provide answers to the following questions:

- What physical parameters must the sensors have to be built into the road pavement?
- What physical parameters are detected by the built-in sensor that can be used to help road pavement design?
- At what installation density can the road pavement provide the expected load-bearing capacity and satisfy other performance measures?
- Does the shape and size of the sensor affect the low and high temperature behavior of the track structure?

3.3. Wheel spray effect

Several studies [24], [25] point to the importance of examining wheel spray formation. It is an important issue not only because of the tire-pavement interaction but also has an impact on the reliability of in-vehicle sensors. We have to test the confidence limits of in-vehicle sensors as a function of the degree of water fog formation taking into account the vehicle's tire and asphalt type.

4. Vulnerable road users

Automated vehicle technology has mainly focused on the detection and recognition of pedestrians and cyclists by the vehicle and even though good progress has been made, many difficulties are yet to be overcome (e.g. reliable operation in adverse weather conditions) [26].

Behavior of pedestrians and cyclists is also crucial for safe interactions between automated vehicles and pedestrians/cyclists. According to some studies [27], [28] pedestrians and cyclists were found to appreciate messages and/or signals from the car indicating whether the car has detected them and what it intends to do. However, which exact messages need to be brought about and the method of communicating them are not yet settled and this requires further study.

One of the questions concerns the safe interaction of automated cars with pedestrians and cyclists, and in particular how pedestrians and cyclists react to automated vehicles and whether this would affect their expectations and their behavior.

4.1. AV and pedestrian communication

A few studies looked into the effects of different communication cues on the interaction between pedestrians, cyclists and motorized vehicles. Several studies have demonstrated the effect of eye contact between a pedestrian who wants to cross and an approaching car driver.

Will there be new communication needs to warrant safe interactions with automated vehicles?

In this research, we would like to investigate how pedestrians are willing to cross the street at designated crossings when the driver of the approaching car is not communicating with the pedestrians (inattentive or showing uncommon driver behavior). An automated vehicle (or a dummy vehicle that pretends it is an AV) is going to inform the pedestrian about its mode and intentions using a LED-surface on the car hood displaying different communication patterns. Pedestrians will be notified by lights and in some cases even by auditory signals when they are seen by the approaching ‘automated vehicle’. Several LED communicating patterns with and without auditory signals will be set individually as cases of the trial on public roads.

Will those communication tools help pedestrians understand the intentions of the automated vehicles? Which combination of the tools is the most adequate for this purpose? Those questions will be answered under this research topic

4.2. AV and bicycle communication

Cyclists may have incorrect expectations of the behavior of automated vehicles in interactions with them, which could bring extra risks in traffic.

Cyclists communicate with car drivers very similarly to pedestrians at crossings. Eye contact, hand gestures, non-verbal communication have significant role for cyclists, as well. Nevertheless, their speed is much higher than pedestrian’s even in urban environment. Moreover, the priority rules at designated bicycle crossings differ, in some cases the cyclists have to yield in other cases the motor vehicles have to yield to cyclists. It creates some uncertainty at designated bicycle crossings compared to designated pedestrian crossings.

In this research the LED-display and the auditory signal introduced under the previous section will be applied for investigating the communication between the driver of an automated vehicle and the cyclists at designated bicycle crossings.

4.3. Effect of pedestrians’ behavioral adaption on road capacity

Autonomous vehicles will prioritize the safety of pedestrians (and other vulnerable road users) over traffic flow. As a result, pedestrians would receive all of the benefits of automated vehicles and would interrupt traffic flow, while the technology is rendered increasingly unattractive to drivers [29].

To what extent will the capacity of the different road categories be affected by the interactions of pedestrians and automated vehicles? Would pedestrians’ crossing maneuvers be restricted to designated pedestrian crossings?

In this research topic we are going to examine the effects of pedestrian - automated vehicle interactions by means of traffic simulations.

5. Miscellaneous topics

Under this section a selection of miscellaneous project ideas is given.

5.1. Dynamic road data and RSUs

Roadside units (RSU) can serve as a communication device for vehicular networks providing vehicle-to-infrastructure (V2I) connectivity to nearby vehicles. These devices can provide a detailed coverage of the road environment and offer a wide range of use-cases (some of the latest are control loss warning, emergency vehicle alert, forward collision warning, intersection movement assist, tailgating advisory, slow vehicle warning [30]).

From the side of the infrastructure the question is what criteria determine the localization of RSUs as well as what kind of information they need to provide. As for the latter, the provision of dynamic road data is crucial, especially when it gets to temporary conditions such as road works, pavement condition, weather circumstances etc.

5.2. Traffic conflict analysis using AV data

This research topic is specifically traffic safety oriented. It originates from the idea of using so-called surrogate measures of safety instead of historic crash data for traffic safety analyses. The use of non-crash events have gained a great deal of attention especially due to the rapid improvement of sensing technologies facilitating the collection of trajectory data. Over the years, a vast number of indicators of surrogate safety have been developed to investigate traffic safety [31], these indicators mostly express the proximity to a crash either in time or space. This research topic aims to use such data extracted from AVs that have already driven in actual traffic conditions. By analyzing this dataset it would be possible to analyze specific surrogate indicators for interactions between conventional and automated vehicles.

5.3. Standardized road and traffic base map

A correct, detailed and up-to-date traffic map is needed to help AVs on public roads. The traffic map has to contain road geometry and objects regulating traffic, like traffic signs and signals, pedestrian crossings, etc.

The Hungarian national road authority has a uniform data collection system, however, for municipal roads there is no uniform data base. Mapping responsibility is based on a decree [32] which regulates the elements to be registered but does not contain the mapping methods. Therefore, the basic data which would be necessary for AVs vary by municipalities. Differences between countries can also cause difficulties for AV developers.

The research question in this section is: what kind of road and traffic data are needed to assist AVs? It will be investigated how the available road and traffic registries can be standardized.

5.4. Laser scanning of ZalaZone Proving Ground

ZalaZone Proving Ground is a recently developed test field for AVs in Hungary (Figure 5). A detailed 3D model could support the further construction of the test site as well as to design specific tests to be performed.

The result of a laser scanner survey is a detailed point cloud, the benefit of which is the provision of a three-dimensional data set with a precision of 1-3 cm. Using this point cloud, it would be possible to model, plan and set up traffic situations to be investigated, but also to propose changes in the environment.

Figure 5. Visualization model of ZalaZone [33]

5.5. Converting 3D point clouds of ZalaZone Proving Ground to a VR space

Ideally automotive development has to implement five stages of tests before real-life tests can be conducted. These are the simulation, laboratory tests, proving ground tests, limited public road tests and public road tests. [34]

As for the first step, simulations are required in a special 3D virtual space, which is a suitable model of the investigated environment and conditions. The result of this project idea is an OpenDRIVE database based on the point cloud of Zalazone, which describes the 3D environment, road geometry, lanes, and traffic control features.

"Today OpenDRIVE has become an international standard that contains the logical description of the road network. It has an own file format, the OXDR with a hierarchical structure and is available in XML format, which helps the data exchange between different data types. … Road data may be manually created from road network editors, conversion of map data, or originate from converted scans of real-world roads" [34]

5.6. Defining traffic situations to be investigated

This topic collects recommendations for various traffic situations for ZalaZone Proving Ground to be investigated. These situations will be based on the research topics detailed in this paper in relation to the road infrastructure. A possible traffic situation to be investigated is shown in Figure 6.

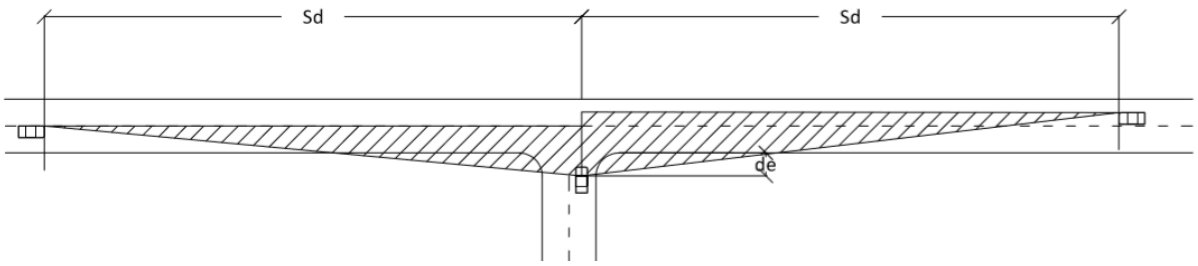


Figure 6. Example of a simple traffic situation to be investigated

Conclusions

This paper summarized the research proposals coming from several brainstorming sessions that were held as part of a project on autonomous vehicles and safe road infrastructure. These sessions were attended by infrastructure researchers, infrastructure operators, autonomous vehicle developers and IT technologists. A selection of the research proposals in this paper are already in an initial phase or will be launched in the near future. Several MSc and PhD research topics were defined for present and future students. A workshop will be held this spring in Győr with the participation of PhD students and staff from TU Delft and of Széchenyi University.

Acknowledgement: The research presented in this paper was carried out as part of the "Dynamics and Control of Autonomous Vehicles meeting the Synergy Demands of Automated Transport Systems (EFOP-3.6.2-16-2017-00016)" project in the framework of the New Széchenyi Plan. The completion of this project is funded by the European Union and co-financed by the European Social Fund.

References

[1] Farah, H., Erkens, S., Alkim, T., van Arem, B.: Infrastructure for Automated and Connected Driving: State of the Art and Future Research Directions. in: G. Meyer and S. Beiker (eds.), Road Vehicle Automation 4, Lecture Notes in Mobility. Springer International Publishing AG 2018, DOI 10.1007/978-3-319-60934-8_16

[2] Egyházy Z.: Smart roads and the road infrastructure environment needed for using autonomous vehicles. Final thesis for the MSc degree in Transportation Engineering. Széchenyi István University, 2019. (in Hungarian)

[3] Magyari, Zs., Koren, Cs.: Visibility requirements at intersections: A comparison of capabilities of human drivers and autonomous vehicles. POLLACK PERIODICA DOI: 10.1556/606.2019.14.3.7 Vol. 14, No. 3, pp. 63–74, 2019. www.akademiai.com

[4] Harwood, D. W., Fambro, D.B.; Fishburn, B., Joubert, H., Lamm, R., Psarianos, B.: International sight distance design practices. 1995. http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec003/ch32.pdf
[5] Hungarian Road and Rail Society: Design of Intersections (in Hungarian), 2004. e-UT 03.03.21:2004
[6] The Highways Agency: Geometric Design of Major/Minor Priority Junctions Volume 6 Section 2, Part 6 TD 42/95, UK, 1995.
[7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Straßenentwurf: Richtlinien für die Anlage von Landstraßen RAL Köln, 2012.
[8] Deluka Tibljaš, A., Giuffrè, T., Surdonja, S., Trubia, S. Introduction of Autonomous Vehicles: Roundabouts Design and Safety Performance Evaluation. Sustainability 2018, 10, 1060.
[9] Hungarian Road and Rail Society: Design of Roundabouts (in Hungarian), 2010. e-UT 03.03.11:2010
[10] Hungarian Road and Rail Society: Planning, Placing and Operating of Traffic Signal Control (in Hungarian), 2009. e-UT 03.03.31:2009
[11] Sohrweide T.: Driverless Vehicles Set to Change the Way We Design Our Roadways, 2018. http://www.sehinc.com/news/future-what-do-driverless-cars-mean-road-design
[12] Snyder R., 2018, Street design implications of autonomous vehicles, Public Square a CNU journal, https://www.cnu.org/publicsquare/2018/03/12/street-design-implications-autonomous-vehicles
[13] Mocsári, T., Effect of vehicle speeds on traffic safety (in Hungarian) 145 p., PhD dissertation, Széchenyi István University, 2012.
[14] Hungarian Road and Rail Society: Road planning (in Hungarian), 2008. e-UT 03.03.31:2008
[15] Lu X., Infrastructure requirements for Automated Driving, Master Thesis at Delft University of Technology, 2018.
[16] United Nations Economic Commission for Europe, Vienna Convention on Road Signs and Signals, UNITED NATIONS PUBLICATION, ISBN: 978-92-1-116973-7, 1968.
[17] European Commission, Directive (EU) 2019/1936 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2019 amending Directive 2008/96/EC on road infrastructure safety management, Official Journal of the European Union L 305/1
[18] Aziz, S., Mohamed, E. A., Youssef, F. Traffic Sign Recognition Based On Multi-feature Fusion and ELM Classifier, Procedia Computer Science 127, pp. 146–153, 2018.
[19] Noorvand, H., Karnati, G., and Underwood, B. S. Autonomous vehicles: Assessment of the implications of truck positioning on flexible pavement performance and design, Transp. Res. Rec., vol. 2640, no. January, pp. 21–28, 2017, doi: 10.3141/2640-03.
[20] Chen, F., Song, M., Ma, X., and Zhu, X. Assess the impacts of different autonomous trucks' lateral control modes on asphalt pavement performance, Transp. Res. Part C Emerg. Technol., vol. 103, no. March, pp. 17–29, 2019, doi: 10.1016/j.trc.2019.04.001.
[21] Harvey, J., Roesler, J., Coetzee, N., and Monismith, C, CALTRANS Accelerated Pavement Test (CAL/APT) Program: Summary Report: Six Year Period: 1994-2000, no. June 2000, pp. 1994–2000, 2000.
[22] Yang, S. Health monitoring of pavement systems using smart sensing technologies, 2014. Iowa State University, Graduate Theses and Dissertations. Paper 14247
[23] Xu, P., Sun, Q., Liu, R., Souleyrette, R. R., and Wang, F. Optimizing the Alignment of Inspection Data from Track Geometry Cars, Comput. Civ. Infrastruct. Eng., vol. 30, no. 1, pp. 19–35, 2015, doi: 10.1111/mice.12067.
[24] Kabanovs, A., Garmory, A., Passmore, M., and Gaylard, A. Investigation into the dynamics of wheel spray released from a rotating tyre of a simplified vehicle model, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., vol. 184, no. November 2018, pp. 228–246, 2019, doi: 10.1016/j.jweia.2018.11.024.
[25] Kumar, S. S., Anupam, K., Scarpas, T., and Kasbergen, C. Study of Hydroplaning Risk on Rolling and Sliding Passenger Car, Procedia - Soc. Behav. Sci., vol. 53, pp. 1019–1027, 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.951.
[26] Vissers, L., Kint, S., Schagen, I., Hagenzieker, M., Safe interaction between cyclists, pedestrians and automated vehicles, The Hague, 2016, SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands
[27] Lagström, T., Malmstem Lundgren, V.: Autonomous vehicles' interaction with pedestrians. An investigation of pedestrian-driver communication and development of a vehicle external interface. MSc Thesis. Chalmers University of Technology. Gothenburg. Sweden. 2015.
[28] Lundgren V.M. et al. Will There Be New Communication Needs When Introducing Automated Vehicles to the Urban Context?. In: Stanton N., Landry S., Di Bucchianico G., Vallicelli A. (eds) Advances in Human Aspects of Transportation. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 484. Springer, Cham, 2017.

[29] Botello, B., Buehler, R., Hankey, S., Mondschein, A., Jiang, Z.: Planning for walking and cycling in an autonomous-vehicle future. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 2019, Volume 1, 100012
[30] Commsignia: Commsignia introduces new dual-radio roadside unit, Accessed February 10, 2020, https://www.commsignia.com/news/commsignia-introduces-new-dual-radio-roadside-unit/
[31] Mahmud, S. S., Ferreira, L., Hoque, M. S., and Tavassoli, A.: Application of proximal surrogate indicators for safety evaluation: A review of recent developments and research needs. IATSS Research, 2017. 41:153–163
[32] 5/2004. (I. 28.) GKM Decree on the Management of Public Roads (in Hungarian), https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400005.gkm
[33] http://image.storeinsider.hu/580x326/646307.jpg
[34] Potó, V., Krausz, N., Lógó, J., M., Barsi, Á. OpenDRIVE Standard for Road Description. AIS 2019: 14th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas. Óbuda University Székesfehérvár, 2019, pp. 134-138., 5 p.

A Budaörs - Zsámbék kistérség közlekedése és a budapesti útdíj kölcsönhatásai

Orosz Csaba (PhD)[1] – Balog Zoltán Gábor[2]

[1]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Építőmérnöki Kar, Út és Vasútépítési Tanszék
okl. építőmérnök, egyetemi docens
telefon: +36 1 463-3805, + 36 30 900-1725
e-mail: orosz.csaba@epito.bme.hu, orosz@uvt.bme.hu

[2]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Építőmérnöki Kar, Út és Vasútépítési Tanszék
okl. építőmérnök, doktorandusz
telefon: +36 1 463-3805
e-mail: balog.zoltan@epito.bme.hu

Kivonat: Budapest és a környező települések közötti kapcsolatok rendkívül fontosak az agglomeráció közlekedési rendszerében. A települések szimbiotikus kapcsolatban állnak; mégis sok a torlódás, kiszámíthatatlan események fordulnak elő. Jelentős a környezetszennyezés. Az M1-M7 autópálya környezete a fővárosi agglomeráció leginkább motorizált része. A közlekedés jobbítása érdekében három lehetőségünk van: a közúti kapacitás növelése; a közösségi közlekedési kínálat javítása; a forgalom szabályozása. Az elméleti modellek üzenete: A végső, a leghatásosabb forgalomszabályozó eszközt, az útdíjat [dugódíjat, behajtási díjat] is be kell vezetni. Az útdíjak, (dugódíjak) parkolási díjak növelik az egyéni gépjármű használat általánosított költségét. Megfelelő intézkedéscsomagokkal a közösségi közlekedés versenyképessé válhat. Nemzetközi tapasztalatok és hazai forgalmi adatok, forgalomfejlődési trendek alapján becsüljük előre a különböző fejlesztések és díjfizetési intézkedések lehetséges hatásait a közlekedési folyosó mentén.

Kulcsszavak: Városi útdíj, Pigou-modell, dugódíj, Budapest és agglomerációjának közlekedése

Bevezetés

Nagyon gyakori, hogy európai nagyvárosok nyugati-, északnyugati agglomerációja fejlett, drága és túlnépesedett. Ilyen az Újbuda, Budaörs, Érd, Martonvásár, Tárnok, Bicske, Páty, Zsámbék, Budakeszi poligon is. **A kulcsjellemzők: Urban sprawl – városi szétterülés. Magas gépjárműtulajdonlás. Erős „autó-függőség".**

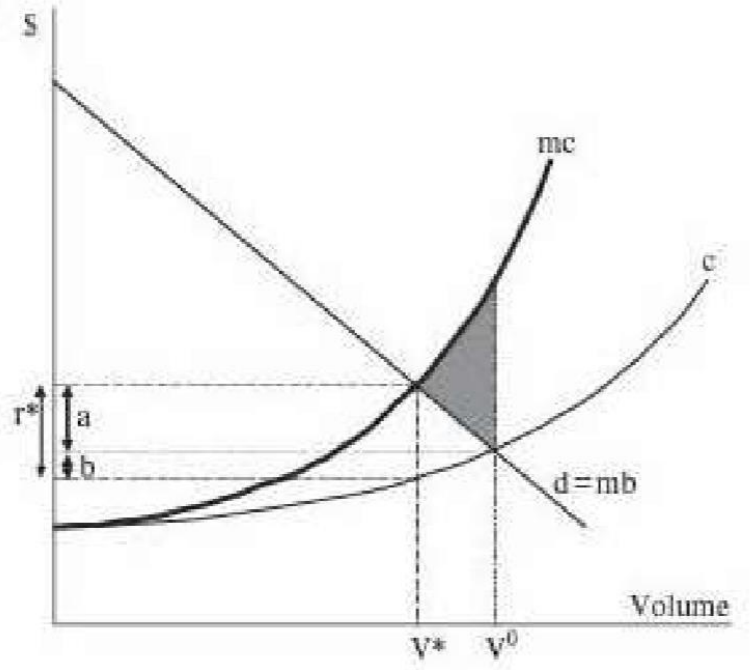
Az agglomerációs közlekedés fejlesztésének főbb változatai az alábbiak: Kis mértékű autóbuszos fejlesztés. Autóbuszfolyosó létesítése. Villamos/metró összeköttetés kiépítése. Vasúti fejlesztés – lehetőség szerint különböző szolgáltatók versenyével. [Regiojet, Arriva, GySEV, MÁV, Westbahn és akár Budakeszi - Zsámbék HÉV. Szinte bizonyos, hogy **szükség lenne direkt útdíjak és direkt dugódíjak alkalmazására a külsőségi útszakaszokon, a gyorsforgalmi útszakaszokon és a nagyvárosi- városi területeken is.** Elméletileg tökéletes esetben a díjak a hely és az idő függvényében változnak.

Amennyiben a külsőségi szakaszokon maradnia kell a 2019-ben érvényes matricás – átalánydíj rendszernek **akkor csak „second best = második legjobb helyettesítő megoldások kerülhetnek szóba.**

A forgalmi kereslet ma már mintegy negyven pénzügyi- közlekedéstervezési- és jogi- eszközzel befolyásolják. [Orosz (1994)] A negyvenegyedik eszköz, az útdíj-dugódíj rendkívül hatékony lehet a forgalmi torlódások kezelésében, megelőzésében. Arthur **Pigou már 1920-ban a „túlzsúfolt út" példájával magyarázta meg az externális hatások elméletét.** Miként lehet korrekciós adót kivetni a hatékonyság helyreállítására, ha egyes áruk ára ésszerűtlenül alakul. Ebben az esetben az útdíj fontos gazdasági eszköz a közúti infrastruktúra eredményes működéséhez. Útdíj alkalmazásakor a „keletkező haszon" döntően a felhasználók utazási időnyeresége. [Fontos, de kisebb érték a javuló helyi környezeti állapot.] A növekvő forgalmi torlódások nyomán az automatikus járműazonosítási rendszerek [ANPR – Automatic Number Plate Recognition systems] gyors fejlődése az útdíjat a modern városi közlekedéspolitika reális eszközévé változtatta.

1. Az útdíjfizetés elmélete

Az 1. ábra Pigou elméletét szemlélteti.



1. ábra: Az útdíj gazdasági indokoltsága. Az átlagköltség és a marginális (differenciális) költség vizsgálata. Forrás: [1] Quinet et al (2011)

A vízszintes tengely a forgalom mennyiségét (V – Volume, traffic volume), míg a függőleges tengely a költségeket illetve az árakat mutatja. A monoton csökkenő egyenes (d) ábrázolja a keresleti függvényt. A növekvő görbe (c) az átlagos költséget, fölötte (mc) a marginális, differenciális társadalmi költséget jelenti. Az átlagos költség növekszik, mivel a nagyobb forgalom alacsonyabb sebességet és növekvő utazási időt okoz. A határköltség rendre meghaladja az átlagköltségeket.

$$mc = \frac{\partial(V*c)}{\partial V} = c + V * \partial c/\partial V \qquad (1)$$

A második kifejezés a határköltség: az a többletköltség, amelyet egy hozzáadott felhasználó okoz az összes többi érintett felhasználónak, amikor az utat igénybe veszi. Az útdíjakból származó bevételek megfelelő és átlátható elosztása fontos feltétele az útdíjak társadalmi támogatásának. [Példaként: Goodwin, Ph (1991) The Rule of Three és Stockholm Congestion Charge Rules. (2006)] Vickrey (1969) és Arnott et al. (1993) bemutatja, hogy a forgalom dinamikáját analitikusan kezelhető egyensúlyi modellben is megrajzolhatjuk

A fentiekben ismertetett útdíj elméleteket két különálló okból lehet „első legjobb" megoldásoknak tekinteni. Az egyik, hogy az árpolitikára nincs korlátozás. Például az úthasználati díjat úgy optimalizálták, hogy az megfeleljen az adott út forgalmi feltételeinek, tehát nincsenek olyan korlátok, mint például az, hogy az út egy hálózat részét képezi. A második ok az, hogy hallgatólagosan feltételezik, hogy a teljes gazdaságban nincs olyan torzítás, amely igazolná a beavatkozást: az árak megegyeznek a marginális költségekkel minden más piacon. Azokat az útdíjakat, amelyeket úgy állítottak be, hogy maximalizálják a társadalmi hasznot, olyan körülmények között, amikor e feltételezések egyikét vagy mindkettőt megszegjük, „második legjobb" megoldásoknak nevezzük. [Second best solutions] Míg az első legjobb útdíj olyan referenciaérték, amely elősegíti a torlódásos útdíj megvalósításának alapvető gazdasági motivációjának megértését, a második legjobb útdíj gyakorlatiasabbnak tűnik. Ezek a megoldások az elmúlt évtized során jelentős figyelmet kaptak.

2. Útdíjrendszerek a gyakorlatban

1975 júniusában Szingapúrban bevezették az első útdíj rendszert. A rendszer papír alapú területalapú engedélyezési rendszer (ALS) volt. A járműveknek engedélyt kellett vásárolniuk, és a szélvédőre ki kellett

tenniük, mielőtt beléptek volna a korlátozás alá vont zónába, bár a díj napi volt, nem pedig belépés alapú, vagyis a nap folyamán korlátlan számú alkalommal léphettek be a zónába, és hagyhatták el azt. A mentességek magukban foglalják a rendőrségi és mentőautókat, a tűzoltóautókat és a tömegközlekedési autóbuszokat. A motorkerékpárok, tehergépjárművek és „carpool" rendszerben közlekedők kezdetben mentességet élveztek, de 1989-től kezdődően nekik is engedélyt kellett vásárolniuk. Nem adtak kedvezményt vagy mentességet a korlátozott övezetben lakó lakosok számára, bár a zónán belül - a határ átlépése nélkül - ingyenesen haladhattak.

Noha engedélyezési rendszernek hívták, a rendszer valójában kordonként működött, nem pedig területi behajtási engedélyként. A díjak mértéke az évek során változott. Hétfőtől szombatig a reggeli csúcsokkal kezdtek, de később díjat érvényesítettek a csúcsok közötti időszakokban is: délelőttől az esti csúcsig. A forgalomra gyakorolt hatás drasztikus volt: az „ALS" [Area Licensing Scheme] bevezetése az átlagos sebességet 19-ről 36 km/h-ra megnövelte, meghaladva a kormány eredeti célját. [20-30 km/h] A forgalomnagyság a reggeli csúcsidőben 45 százalékkal esett vissza, jóval meghaladva a várt 25-30 százalékos csökkenést.

A stockholmi torlódási díjat a kormány adóként határozta meg. Ezt 2007. augusztus 1-jén hajtották végre azzal a céllal, hogy csökkentsék a forgalmi torlódásokat és a kibocsátásokat. Ez egy kordon autópályadíj-rendszer, egy kordonnal, amely körülveszi egész Stockholm városát, amelynek teljes területe körülbelül 35,5 km2. Mint Londonban, a végrehajtást az automatikus rendszámfelismeréssel hajtják végre, a kamerák mind a 18 bejáratnál és kijáratnál megtalálhatók. A torlódási adó visszamenőleges hatállyal fizetendő. A kifizetésnek a kordon átlépésétől számított 14 napon belül meg kell érkeznie a Svéd Közúti Igazgatósághoz.

Az állandó felhasználók beállíthatják a közvetlen fizetési módot. Egyéb fizetési módok lehetnek készpénz vagy hitelkártya a kisboltokban, hitel- vagy bankkártyák a torlódási adó webhelyén, vagy közvetlenül a Közúti Igazgatóság számlájára. Azon járművezetők számára, akik nem fizetik meg az adót 14 napon belül, bírságot szabnak ki. Végül, ha a járműtulajdonos továbbra is megtagadja a fizetést, nevét bejegyzik a végrehajtási nyilvántartásba. A torlódási adó bevezetése előtt hét hónapos próbaidőszak volt, 2006. január és július között. Nem kötelező érvényű népszavazást tartottak Stockholm városában, 2006 szeptemberében, miután a próbaidőszak befejeződött. Stockholmban összesen 51 százalék szavazott az adó mellett. A torlódási adóból származó nettó bevételeket új utak építésre szánják Stockholmban és annak környékén. Mint Londonban, a tranzit forgalom várost elkerülő rendszerét kifejlesztették, mielőtt a rendszert bevezették.

Stockholm és Szingapúr mellett több más városban is bevezetésre kerültek útdíjfizetési rendszerek. A következő táblázat a néhány bevezetett rendszer hatásait foglalja össze:

1. táblázat: Dugódíjak, útdíjak hatásai. Három nemzetközi példa áttekintése

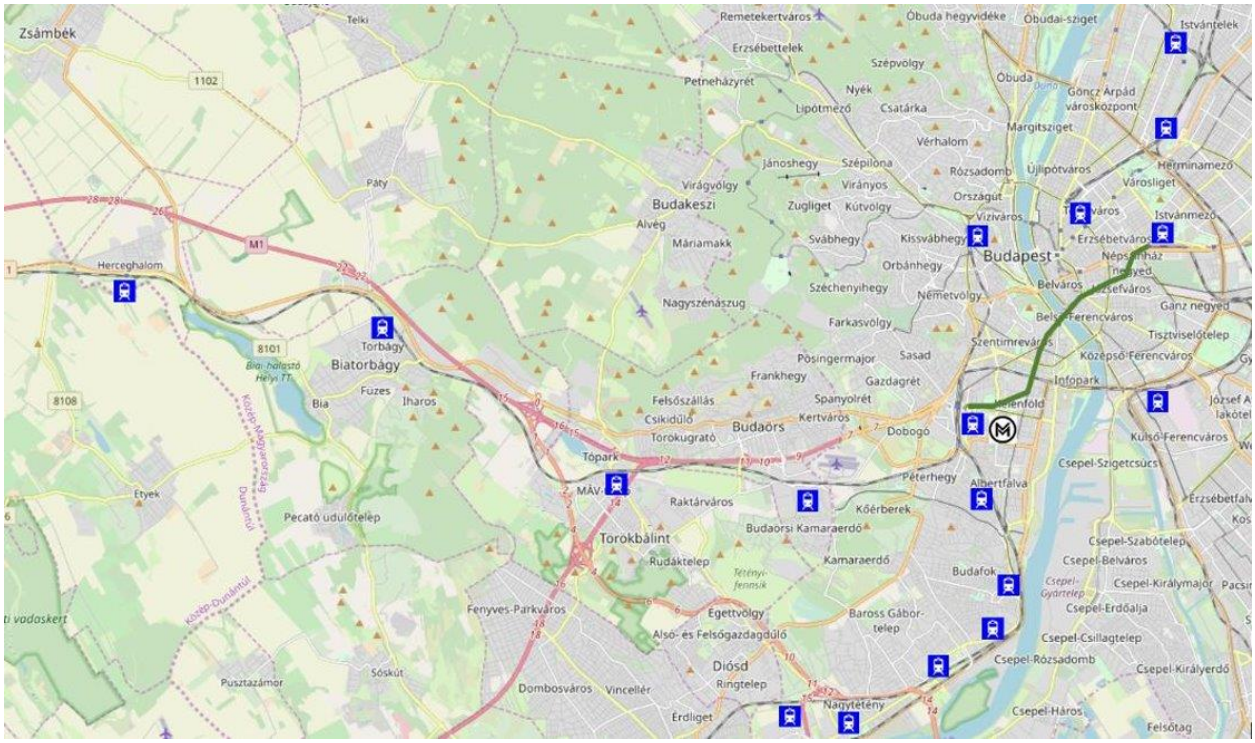
Forrás: https://nyc.streetsblog.org/wp-content/uploads/2018/01/TSTC_A_Way_Forward_CPreport_1.4.18_medium.pdf

Jellemző	Szingapúr (1975-)	London 2003-	Stockholm 2006-
Forgalomnagyság	-24%	-20%	-20-25%
Utazási idő	-30%	-30%	-30-50%
Utazási sebesség	+ 90%	+ 30%	+35%
Közösségi közlekedés	Autóbusz és vonat utasszáma 15%-kal nőtt.	+79% kerékpáros forgalom. +38% autóbuszos közlekedés.	+7%.
Környezet. Szennyező anyag kibocsájtása	CO_2 -10-15%	CO_2 -16,0%, NO_x -13,5%	CO_2 -14% NO_x -9%

3. A zsámbéki kistérség és a főváros közlekedési kapcsolata

A zsámbéki kistérség és a főváros közötti közlekedési kapcsolatot közúton az M1-es autópálya és az 1. számú főút, a közösségi közlekedési kapcsolatot az 1-es számú MÁV-START Zrt. által üzemeltetett vasútvonal, valamint 700-as számú VOLÁNBUSZ vonalak biztosítják.

Első lépésben a közúti forgalmi kapcsolat adottságait. A Budapesti agglomeráció nyugati területén az úthálózat kialakulását a domborzati adottságok nagymértékben befolyásolták: a Budai hegységen csak kis kapacitású összekötő utak haladnak át, a déli, sík területen vannak az országos gyorsforgalmi és főutak fővároshoz csatlakozó szakaszai. A Budát nyugatról elkerülő, a forgalmi igényeknek megfelelő főutak az M1 és 10. sz. főút között teljesen hiányoznak (M0 Nyugati része a Zsámbéki medence kiemelt főútja), az összekötő utakat terhelő – az országos átlagot jelentősen meghaladó – forgalom ellenére hiányoznak a települések belterületét elkerülő szakaszok, a településközi kapcsolatok egyes irányokban hiányoznak, a forgalom többlet-út megtételére kényszerül



2. ábra: Budaörs-Zsámbék kistérség (Forrás: [11])

Az 1. sz. főútnak két teljesen eltérő kialakítású szakasza van: Budaörsön a város tengelyében haladva helyi és kiszolgáló forgalmat is lebonyolít, 2x1 forgalmi sávos keresztmetszettel, 300 méteres csomópont – távolsággal; Budaörstől nyugatra a települések belterületét elkerüli. [Jelentős korszerűsítés történt még 1930 környékén.] A 2 – 5. táblázatok mutatják be az 1. számú főút és az M1-es autópálya forgalmi adatait. [Magyar Közút, 2010-2018]

2. táblázat: Az M1 autópálya és 1. sz főút forgalmi adatai 2010-2014

Forrás: Magyar Közút Nonprofit Zrt.

Út azonosítása			Átlagos napi forgalom [ezer J/nap]				
Út száma	**Kezdő-szelvény**	**Végszelvény**	2010	2011	2012	2013	2014
M1 autópálya	12+252	13+598	50,2	50,8	50,0	46,2	48,4
	13+598	16+360	36,2	40,5	37,7	38,0	40,2
	16+360	26+704	45,8	49,3	48,3	44,9	49,9
1. sz. főút	4+330	8+741	12,8	11,2	10,6	10,8	10,8

Út azonosítása			Átlagos napi forgalom [ezer J/nap]				
Út száma	**Kezdő-szelvény**	**Végszelvény**	2010	2011	2012	2013	2014
	8+741	9+399	16,8	12,6	11,7	15,7	15,2
	9+399	11+995	11,3	9,6	8,6	8,9	10,8
	11+995	13+850	26,1	24,9	21,9	23,0	24,5
	13+850	16+491	10,2	9,5	9,5	9,5	10,3
	16+491	20+870	10,4	9,4	8,8	8,3	10,0
	20+870	23+946	7,4	6,8	6,6	6,8	7,5

3. táblázat: Az M1 autópálya és 1. sz főút forgalmi adatai 2015-2018

Forrás: Magyar Közút Nonprofit Zrt.

Út azonosítása			Átlagos napi forgalom [ezer J/nap]			
Út száma	**Kezdő-szelvény**	**Végszelvény**	2015	2016	2017	2018
M1 autópálya	12+252	13+598	44,3	48,7	51,6	53,3
	13+598	16+360	46,8	38,2	41,1	47,4
	13+360	17+630	65,4	69,8	74,3	74,2
	17+630	26+704	56,9	62,6	66,5	66,3
1. sz. főút	2+548	4+292	14,6	14,0	13,4	14,4
	4+292	8+684	11,8	12,2	12,2	13,3
	8+684	9+388	14,7	15,7	16,5	17,6
	9+388	11+892	9,9	10,7	10,9	8,6
	11+892	13+739	21,6	22,9	22,3	25,6
	13+739	16+387	6,9	5,9	6,2	7,3
	16,387	20+825	6,7	5,9	7,6	9,4
	20+825	23+895	5,9	5,3	6,2	8,1

Fontos áttekinteni a két útszakasz kapacitásának kihasználtságát. [4 – 5. táblázatok]

4. táblázat: Az M1 autópálya és 1. sz főút kapacitáskihasználtsága 2010-2014

Forrás: Magyar Közút Nonprofit Zrt.

Út azonosítása			**Kapacitáskihasználtság [%]**				
Út száma	Kezdő szelvény	Végszelvény	2010	2011	2012	2013	2014
M1 autópálya	12+252	13+598	-	-	70	68	69
	13+598	16+360	-	-	60	56	59
	16+360	26+704	-	-	74	82	110
1. sz. főút	4+330	8+741	-	-	52	49	49
	8+741	9+399	-	-	18	21	25

Út azonosítása			**Kapacitáskihasználtság [%]**				
Út száma	Kezdő szelvény	Végszelvény	2010	2011	2012	2013	2014
	9+399	11+995	-	-	17	16	19
	11+995	13+850	-	-	113	110	118
	13+850	16+491	-	-	51	49	52
	16+491	20+870	-	-	45	40	48
	20+870	23+946	-	-	33	32	36

5. táblázat: Az M1 autópálya és 1. sz főút kapacitáskihasználtsága 2015-2018

Forrás: Magyar Közút Nonprofit Zrt.

Út azonosítása			Kapacitáskihasználtság [%]			
Út száma	Kezdő szelvény	Végszelvény	2015	2016	2017	2018
M1 autópálya	12+252	13+598	65	76	80	77
	13+598	16+360	75	61	65	69
	13+360	17+630	97	124	132	108
	17+630	26+704	94	102	112	109
1. sz. főút	2+548	4+292	74	71	68	67
	4+292	8+684	59	61	61	60
	8+684	9+388	27	28	30	29
	9+388	11+892	19	20	21	15
	11+892	13+739	117	120	116	123
	13+739	16+387	40	34	36	39
	16,387	20+825	36	31	42	47
	20+825	23+895	43	27	33	40

Az adatok alapján megállapíthatók, hogy az érintett útszakaszok közül a legnagyobb forgalmat a Budapest felé vezető sugárirányú utak bonyolítják le. A kistérségben lakók mobilitási igényét, ezen belül a személygépkocsi használatának az igényét jól jelzi, hogy a településeken áthaladó napi forgalom meghaladja az ott lakók számát. Így a kistérségben található települések nagy része jelentős átmenő forgalomtól is szenved. Ezek közül is **a legrosszabb helyzetben Budaörs, Zsámbék, Páty, Biatorbágy, Budakeszi települések vannak.**

A forgalmi adatokból arra lehet következtetni, hogy a kezdetben az 1. sz. főútról az M1 autópályára terelődő személy- és tehergépjármű forgalom az autópálya túltelítettsége miatt a személygépjárművek esetén kezd újból az 1. sz. főútra visszatérni. Ez főleg a nagyobb távolságból a fővárosba érkezők esetében jellemző. Emellett az is kiolvasható a forgalmi növekedésből, hogy a Budapesthez közeli agglomerációs részen lassabban – körülbelül 5-10%-kal nő a forgalom. A fővárostól távolabb eső területeken a forgalomnövekedés a 40-70% körüli értéket is eléri. Valószínűsíthetően itt még nagyobb a kapacitástartalék.

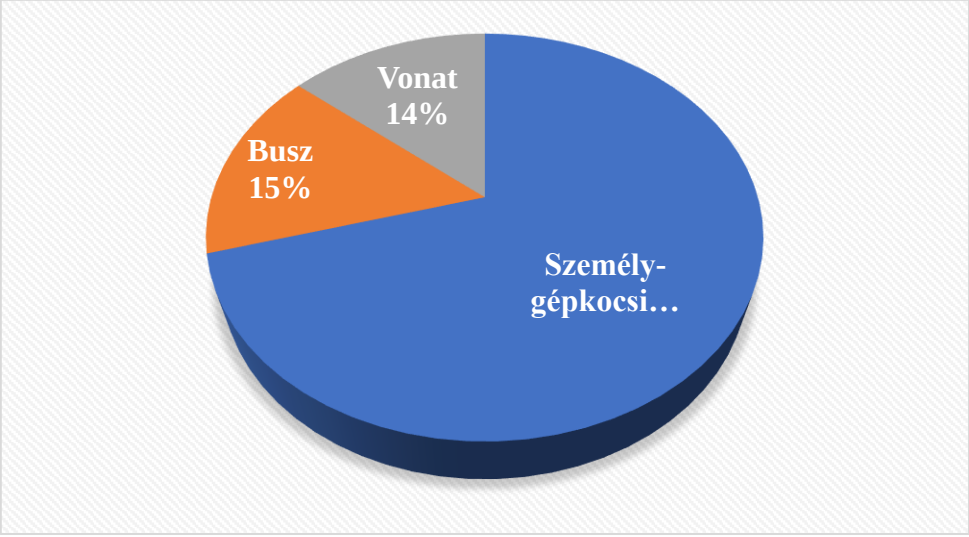
A fővároshoz közel - történelmi alkuk nyomán - elsődlegesen a BKK hálózata nyújtja a városias sűrűségű szolgáltatást a településeken: Budakeszi, Budaörs, Törökbálint. [Forrás KTI (2008) és Közlekedés Kft konzorcium (2012)] A területen helyközi forgalomban a VOLÁNBUSZ által üzemeltetett járatok is haladnak. 2012-es forgalmi felmérések alapján csúcsórában

1560 utas/irány érkezik BKV járaton,
míg a VOLÁNBUSZ járatain 950 utas/irány.
Az egész napi autóbusz utasforgalom Budapest felé
4300 BKV utas/nap/irány,
2550 VOLÁNBUSZ utas/nap/irány.

A közúti forgalommal közös útvonal zavar-érzékeny. Csúcsórákban nem kiszámítható a közlekedés. Súlyponti kötöttpályás közlekedés gyakorlatilag nincs a térségben. Az utasforgalom napi alakulására két csúcs időszak jellemző; egy rövidebb lefutású, de intenzívebb reggeli csúcs és egy hosszabb lefolyású, kevésbé intenzív délutáni csúcs. A reggeli csúcs időszak 6 órától 8 óráig, a délutáni csúcsidőszak 14 órától 18 óráig tart. Megjegyzendő, hogy az utóbbi 8 évben az elővárosi hálózaton is változtak az utazási szokások. A változás mértéke szerény, így a 2012-es felmérés továbbra is kiindulópontnak tekinthető.

A vasúti összeköttetést tekintve Budapest–Keleti pályaudvar - Hegyeshalom vasútvonal Magyarország egyik legfontosabb vasútvonala. A vasútvonal Budapest-Keleti pályaudvarról indul, a Déli összekötő vasúti hídon keresztezi a Dunát, és Budapest –Kelenföld állomáson, külön szinten keresztezi a Budapest-Déli pályaudvarról induló, 30. és 40. számú számú vasútvonalakat. Az 1. számú fővonal Budapest-Kelenföld állomás után elhagyja Budapest területét, és Észak-nyugat felé vezet Bicske–Tatabánya–Komárom–Győr–Mosonmagyaróvár irányában. Az országhatárt Hegyeshalom/Rajka határállomásoknál éri el; ott csatlakozik az osztrák illetve a szlovák vasúti hálózatokhoz.

Az 1. számú nemzetközi fővonal A1 kategóriájú törzshálózati vonal, a szabad pályahasználatra kijelölt TEN hálózat része, a Pán-Európai IV. számú korridor Nyugat-magyarországi szakasza. 2012-ben az 1 sz. vasúti fővonalon utasforgalmi számlálás történt: Az alapos felmérés során megállapították, hogy napi utasforgalom 6200 utas/irány a vasúton. [MÁV és GySEV vonatok.] A közösségi közlekedés esetben a 2012-es utasszámlálási adatok jó kiinduló pontot biztosítanak a 2018-as utasforgalmak becslésére. A gazdasági, társadalmi változásokat figyelembe véve körülbelül átlagos éves 3%-os utasszámnövekedéssel feltételezhető, hogy két irányban
az összes napi utasforgalom vonatokkal 14800 fő, míg
a napi autóbuszos utasforgalom 16400 fő. [BKK és VOLÁNBUSZ együtt.]
Összes közösségi közlekedés: 31200 fő = 14800 + 16400.
A személygépkocsik száma a 2018-as Magyar Közút által készített forgalomszámlálás alapján az M1-es autópályán átlagosan 40,7 ezer, míg az 1. sz. főúton 9,3 ezer. Feltételezve, hogy egy személygépjármű átlagosan 1,5 utast szállít, a személygépkocsival utazók száma átlagosan naponta 75 ezer fő. Ezek alapján a becsült utazási összetételt a három fő utazási módot (személygépkocsi, busz, vonat) tekintve 2018-ban a 3. ábra szemlélteti:



3. ábra: Becsült utasmegoszlás a közlekedési folyosóban.

[Szgk 75000, autóbusz 16200, vonatok 14800. Összesen ~106200 utas/munkanap két irányban.]

A fenti mért és becsült adatokat figyelembe véve kijelenthető, hogy a Zsámbéki kistérségből érkező forgalom túlnyomó többsége egyéni közlekedési móddal történik. [Madrid határán,

Moncloa – Las Rozas; Budapest és Bécs határán egyaránt ~ 67%-nyi a személygépkocsi használat aránya. [Monzon (2002) Orosz–Pásti (2002) Winkler (2006)] Nyilvánvaló, hogy a budapesti útdíj bevezetése hatással lesz a kistérség utazási szokásaira. Nő az egyéni közlekedés költsége, ezért nőhet a közösségi közlekedés részaránya.

4. Az útdíj várható hatása a kistérségi közlekedésre

Az útdíjak, dugódíjak jelentősen befolyásolják a közlekedési rendszerek működését. A korábban mutatott forgalomcsökkenési tényadatok azonban az agglomerációban túlzó feltételezések lehetnek. Figyelembe kell vennünk, hogy a kistérségi agglomerációs közlekedést részben vállalati pénzzel részben adófizetői pénzekkel finanszírozzák. [„Puha költségvetési korlát" – a harmincéves kifejezés erre.] A területi jellemzőket is fontos figyelembe venni. Az országos viszonyokat tekintve a Zsámbéki medence az egyik legfejlettebb régió, magas az egy főre jutó jövedelem, kiemelkedő a személygépkocsi ellátottság. [Törökbálinton 600 szgk/1000 lakos. Elek Sándor Polgármester Úr friss közlése 2019. december 13-án, pénteken, a kistérséggel foglalkozó konferencián.] A bizonytalanságot tovább növeli, hogy a fővárosi dugódíj – hídvám - útdíj tekintetében nagyon sok kérdés bizonytalan. [A bevezetés ideje. Matricás rendszer? Vagy minden áthajtásért fizetni kell? A bent lakók kapnak kedvezményt? London példája. P+R parkolók. A közösségi közlekedés fejlesztése. Árpolitika. A Déli-pályaudvar jövője. VOLÁN-BUSZ és MÁV verseny, vagy összevonás? Ezek mellett a bizonytalanságok mellett is a nemzetközi tapasztalatokból kiindulva feltételezhető a közlekedési mód átrendeződése a budapesti útdíj esetében. A helyi viszonyokat is figyelembe véve várhatóan az egyéni közlekedést választók 10-20%-a térhet át a közösségi közlekedés valamely formájára.

A közösségi közlekedés két szegmensét kell megvizsgálni. Az egyik az agglomerációs forgalom, a másik a térséget átszelő átmenő forgalom.

6. táblázat: A Budaörs-Zsámbéki kistérség közösségi közlekedési fejlesztésének változatai

A0	„Do nothing"	A 2019-es állapot megtartása. A forgalmi dugók állandósulása.
A1	„Do minimum"	A 2019-es állapotok minimális fejlesztése. A menetrendi kínálatfinomhangolása, az akadálymentesség fokozatos fejlesztése.
B2	Az autóbuszközlekedés fejlesztése	Vonalhálózat fejlesztése.
B3	**Az autóbuszközlekedés erőteljes fejlesztése**	Vonalhálózat fejlesztése. Elkülönített buszsávok, további előnyben részesítés.
C4	**A vasúti közlekedés radikális javítása**	Négy vágányra fejlesztés Törökbálintig. A kapcsolódó autóbusz hálózat fejlesztése. [MÁV? Szervezeti korlátok?]
D5	Villamosvonal létesítése	Etele tér, Szuperkórház – Virágpiac Budaörs – (Budaörs-Nyugat?) Kapcsolódó fejlesztések. ~ 80md Ft
E6	**M4 metróvonal meghosszabbítása**	Etele tér, Szuperkórház (?) – Virágpiac Budaörs – Budaörs-Ny.
E7	**M4 metróvonal hosszabbítása + intermodális csomópont létesítése**	Etele tér, Szuperkórház (?) – Virágpiac Budaörs – Budaörs-Nyugat. – Budakeszi (?) Intermodális csomópont létesítése. ~120 - 160md Ft.

A kötöttpályás közösségi közlekedési kapcsolatok előnye, hogy sok utas használhatja. C4-E7 változatok. A megállók általában nagyobb távolságra vannak egymástól, így a lakóterületek elérése nehéz. A kistérségben az 1. számú vasútvonal nem csak helyi és országos igényeket szolgál ki, hanem egyben nemzetközi jelentőségű vasútvonal is. A nyomvonal korrekciója csak drágán oldható meg. A meglévő vonal fejlesztése segítheti az elővárosi igények kielégítését is. A fővároshoz közelebb eső területek kötött pályás közlekedésének lehetséges alternatívája az M4-es metró vonal meghosszabbítása. E6, E7 változatok.

Szerényebb alternatíva az autóbuszos közösségi közlekedés javítása. B2, B3. változatok a 6. táblázatban. Autóbusz járatok: kisebb a kapacitása, mint a kötött pályának, azonban jobban tud alkalmazkodni a térség elszórt ingatlanjaihoz. Nagy a zavarérzékenysége a csúcsidőszakokban a közúti forgalom torlódásai miatt. Erre megoldás lehet buszsávok kijelölése. A buszsávok kijelölése megtörténhet a jelenlegi közúti keresztmetszetek átrendezésével, a forgalmi sávok helyén.

A térségen belüli mobilitás fejlesztésekor a kötött pályás megoldás illuzórikus. Drága és tökéletlen. A területhasználat módja sem teszi alkalmassá a térséget a kötött pályás közlekedés ilyen célú alkalmazására. Az autóbuszjáratok alkalmasak lennének a térség haránt irányú kapcsolatai számára. A házakhoz, a szűkebb utcákba könnyen el tud jutni. Azonban csak ráhordó szerepe lehetne. A személygépkocsi használat helyett tudnának az emberek autóbuszokkal eljutni a nagyobb forgalmi csomópontokhoz, vasúti állomásokhoz. Integrált ütemes autóbuszmenetrenddel a jelenlegi kapacitásokat jobban el lehetne osztani, és a kötött pályás közlekedéshez jobban lehetne „ráhordani.” A zavarérzékeny szakaszokon szükséges lehet buszsávok kialakítása.

Konklúziók

A dugódíj – hídvám – útdíj együttes hatékony eszköz lehet a személygépkocsi használat csökkentésében. A fővárosi társadalom egyre inkább környezettudatos. Stockholm tapasztalataival Budapesten is jó eredményeket lehet elérni. Lépcsős útdíj. Kísérleti periódus. Utólagos népszavazás. A Budaörs – Zsámbék kistérségben magasabb díjak szükségesek mint Gyömrő – Maglód térségében. A gépjárműforgalom radikális tiltása helyett kompromisszumos megoldásra kell törekedni.

Irodalomjegyzék

[1] André de Palma, Robin Lindsey, Emile **Quinet**, Roger Vickerman (2011): A Handbook of Transport Economics, Chapter 23, pp: 561-583 (2011)

[2] Arthur Cecil **Pigou (1920): The Economics of Welfare**, London: Macmillan pp 1-160.

[3] G. Santos, W. Li, W. Koh: Transport policies in Singapore, 2004, Road pricing: Theory and Evidence, Oxford: Elsevier, pp: 209-235

[4] R. Arnott, A. de Palma, R. Lindsey (1993): A structural model of peak-period congestion: A traffic bottleneck with elastic demand, American Economic Review, 83, pp: 161-179

[5] **W. Vickrey (1969): Congestion theory and transport investment.** Bell Journal of Economics, 9, pp: 622-632

[6] **Goodwin, Ph.B. (1989): The„Rule of Three"**: A possible solution to the political problem of competing objectives for road pricing. Traffic Engineering + Control, 30(10) pp. 495-497.

[7] **Orosz Csaba, Pásti Balázs (2002)**: Kielégíthetetlen közlekedési kereslet hálózatfejlesztés és finanszírozási lehetőségek Budapesten – útdíjakkal, vagy nélkülük?, Városi közlekedés, 4 pp. 231-235.

[8] **KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft (2008):** Az elővárosi vasúti rendszerhez illeszkedő közúti közösségi közlekedési ráhordó hálózat kialakítása a Budaörsi kistérségben és a Zsámbéki-medencében, Tsz: 220-014-1-8, pp: 91-130

[9] **Közlekedés Fővárosi Tervező Iroda Kft.**, Pro-Urbe Kft., Terra Studio Kft. (2012): Regionális intermodális közlekedési rendszer létrehozása Budapest nyugati agglomerációjában RMT, Egységes dokumentumjel: 4426-01-RMT-KKH-01-001-01, pp: 1-567. különösen pp. 131-142, 170-178, 188-241

[10] Magyar Közút Nonprofit Kft.: Az országos adott évre vonatkozó közutak keresztmetszeti forgalma, **2010-2018**

[11] Orosz Csaba, Bachmann Dóra: Az elővárosi közlekedés továbbfejlesztésének lehetséges irányai [Budaörs, Zsámbék térsége], „Budapest Főváros és nyugati agglomerációjának

jelenlegi közlekedési kapcsolatai, az ebben tapasztalható nehézségek és azok feloldása” című konferencia, 2019. december 13, péntek. Szóbeli előadás és PPT.

[12] https://xn--dugdj-2sa4b.hu/ (2020.01.22)

[13] https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08047/02summ.htm (2020.02.01)

[14] https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge (2020.02.03)

[15] https://nyc.streetsblog.org/wp-content/uploads/2018/01/TSTC_A_Way_Forward_CPreport_1.4.18_medium.pdf (2020.02.08)

A conceptual model of the traffic safety strategy on the roads in Georgia

Prof. Dr. Kochadze Teimuraz [1] - Dr. Chogovadze Jumber [2] - Kochadze Irakli[3]

Akaki Tsereteli state University - Kutaisi, Georgia
e-mail: [1]temko1954@gmail.com, [2]jumberi54@gmail.com , [3]magika700@gmail.com

Abstract: In recent years, due to the intense growth in vehicle fleet in Georgia, to which is being added the transit transport moving in the Eurasian "TRACECA" transport corridor, road traffic accidents are increasing, often resulting in high number of casualties or serious injuries.
An analysis of the basic indicators of road accidents and the dynamics of the results achieved in this regard, as well as successful countries experiences, show that in case of using an integrated approach to traffic safety, it is possible to avoid road traffic accidents. However, if such incidents still occur in this case, it is necessary to minimize their impact on people's life and health.
The article proposes a comparative analysis of comprehensive measures that will significantly improve the road safety level in Georgia and alleviate the severity of road accidents.This paper contains the description of the prescribed format of the papers.

Keywords: pedestrian crossing; speed; kinetic energy; road infrastructure; dash camera

Introduction

In 2018, 6,452 traffic accidents occurred in Georgia causing 459 deaths and 9,047 injuries. It is known that about 150 children under the age of 7 injured in the car accidents in January-June 2018.

In the modern well-functioning traffic management systems, of special note are the systematically spreading concepts of the different levels enshrined in ideology. The concept of "zero mortality" that have been already realized in the Scandinavian countries, may be the most attractive to our country.

Georgia is a transit country connecting Europe and Asia, therefore, ensuring road safety on its road network is subject to increasingly stringent standards. For now, Georgia is one of the leading countries in Eastern Europe in terms of road traffic accidents.

The current road transport system in Georgia does not for the fact that people are often mistaken, and nobody’s perfect. Today, even the smallest mistakes made on the roads often lead to the death of people.

There are still no innovative preventive methods of “reducing to zero” road traffic accidents in Georgia. The crisis existing at this stage in the system itself calls for the immediate development of these methods, and this is an opportunity that we must seize. Statistics also show that 5839 traffic accidents occurred in Georgia in 2019, causing 481 deaths and 7921 injuries. In 2019, 19 children under the age of 16 were killed in the area of responsibility of the patrol police, of whom 16 were passengers and 3 were pedestrians. With regard to the possible causes of road traffic accidents, these are: crossing the road on the lane of oncoming traffic or illegal overtaking; exceeding the established speed limit; drunk driving.

It is imperative to find the full range of low-cost and rapidly realizable methods, techniques and tools in terms of minimizing road accidents that have already been tested in developed countries, and based on their scientific analysis, to develop the strategic innovative methodologies, immediate introduction of which will significantly reduce the number of deaths and injuries caused by traffic accidents in our country.

As mentioned above, in the modern well-functioning traffic management systems, of special note are the systematically spreading concepts of the different levels enshrined in ideology, and the concept of "zero mortality" already realized in the Scandinavian countries may be the most attractive to our country. First of all, this concept at the state level aims to provide security and full protection of citizens in road traffic, using all available means and tools. In order to provide security, it is also very important for the system to monitor all its acting elements in real time. This includes a continuous monitoring of staff performance at all levels in an organized manner within the mandatory regulations.

1. Preconditions and means for resolving the problem

The new approach, encompassing the system traffic safety management technologies, requires a high level of professionalism and proper cooperation between all levels of the governmental, social and business structures, as well as individuals involved in the prevention of road traffic accidents. Adopting this ideology in the field of safe road traffic management will enable the country to: organize, in a systematic manner, extensive information campaign among various population groups, children and adolescents with a view to preventing traffic accidents; shape public opinion through the active promotion of human objectives of the road safety sphere; make and practice well-informed decisions on speed limitations for vehicles; enhance the driver training and permit-to-drive systems.

As a result of the reforms implemented in the field of road traffic management, the country will achieve substantive result – the creation of a safe road network. Despite high growth motorization, it will be possible to reduce the number of traffic accidents, as well as severity of their consequences.

Experience in leading countries demonstrates that as a result of innovative preventive measures, the number of deaths in road traffic accidents can be reduced by 2-4% annually. For example, in one of the Scandinavian countries, the number of deaths in in road traffic accidents has declined by 66% in recent decades, although the vehicle fleet has increased by 80%. Their experience is readily available, but practice shows that the emulation of experience is not transferrable from country to country, and this involve the great risks.

Today's achievements in the field of safe road traffic should be solidly grounded (legislation and enforcement mechanisms, technologies and research, culture, social partnerships, educational systems and standards, the level of harmonious relations between the individual and society, etc.).

In terms of the performance indicators in road safety, Georgia lags behind most European countries. From 2011 to 2015, deaths caused by road accidents in the EU declined 15%, while in Georgia this figure increased by 34%.

Taking into account the current level of mortality and injuries, and given that most of injuries occur only on the specific road sections, there is no doubt that preventive measures taken at the dangerous road sections can significantly contribute to achieving the objectives of the Georgia’s Long-term Road Safety Action Plan.

Every year, 1.3 million people throughout the world die on the roads, and this figure continues to rise. At the beginning of the current decade, the United Nations adopted a resolution stating that unless the urgent and effective measures are taken, road traffic injuries could become the fifth cause of death worldwide, and it called upon countries to achieve a 50% reduction in road traffic accidents by 2020. Economic losses from road traffic accidents range between 1% and 3% of the country's GDP.

EU countries are seeking to fully implement the Zero Objective of the Acton Plan and reduce the number of deaths caused by road traffic accidents to zero by 2020-2025. The concept of "zero mortality" is based on the ethical principle of the unacceptability of traffic fatalities or severe injuries. The only acceptable number to indicate the number of people killed or injured in road accidents is "zero".

Road safety within the concept of "zero mortality" implies taking all possible measures against traffic fatalities and severe injuries to the body. Along with accident prevention measures, it is necessary to establish the road transport system, given that people are often mistaken, because of which it is not possible to completely eliminate road accidents. The concept of "zero mortality" recognizes that accidents occur on the roads, but considers unacceptable the consequences of severe injuries to the bodies of those involved.

The starting point in forming the road transport system is human flaws. Its parameters must be determined with regard to dose of external influence that human can withstand as a biological being. This can be illustrated by scientifically credible knowledge based on the current characteristics of vehicles and roads: most people remain alive when vehicle collides against a fixed obstacle at a travelling speed of 30 km / h, and most people die when vehicle collides against a fixed obstacle at a travelling speed of 50 km /h. Safe vehicle during a head-on collision at a travelling speed of 65-70 km /h, and during a side-on collision at a travelling speed of 45-50 km/h protect people from severe injuries when using seat belts and airbags.

The purposes of road traffic research are: the improvement of traffic safety, an annual reduction in the number of traffic accidents and the aspiration towards zero mortality caused by these accidents by 2030.

Indicator of social risk may serve as the benchmark for real implementation of the objectives, which implies no more than four deaths per 100,000 people in road traffic accidents by 2025.

The main areas of the strategy implementation are as follows:

- a voluntary change in the behavior of road users, which implies that they consciously and unconditionally adhere to the norms and rules of movement on the road;
- minimizing the adverse consequences of road traffic accidents for particularly vulnerable road users, primarily for children, pedestrians and persons with disabilities;
- further improvement of road infrastructure in line with safe traffic conditions and developing the effective models of road traffic management using the existing technological possibilities;
- improving the organizational-legal mechanisms of access of vehicles and their drivers to road traffic;
- improving road traffic safety management system.

To implement strategic area of a voluntary change in the behavior of road users, the following key objectives will be needed:

- elaboration and implementation of special programs, including educational programs for the population. These programs will be aimed at creating the stereotyping in society (especially among adolescents) that are characterized by the culture of safe behavior on the roads, through the increased sensitiveness towards protected (other drivers) and less protected (pedestrians, motorcyclists, bicyclists) road users;
- improving the practice of information campaigns in the media for the purpose of encouraging positive behavior changes of road users, fostering a positive attitude in society towards compliance with the norms ensuring safe traffic, and developing the principles of identifying instances of aggressive behavior, yielding the right-of-way, as well as the principles of credibility and help;
- engagement of civil society organizations of civil society organizations, associations and business representatives in the work done to increase road safety;
- further development and improvement of automatic monitoring of compliance with traffic safety standards by road users, including through the use of the chart recorder installed on a moving vehicle.

To implement strategic area minimizing the adverse consequences of road traffic accidents for particularly vulnerable road users, primarily for children, pedestrians and persons with disabilities, the following key objectives will be needed:

- implementing a full range of activities to ensure the safety of children during the road traffic processes;
- better organization of pedestrian traffic to ensure their safe movement on the roads with heavy traffic loads, using modern methods of analysis, modeling and forecasting;
- further development of the principles of automated road traffic management based on high-tech electronic and mobile equipment, and integrating the automated road traffic management system into the intelligent transport systems;
- further refinement and improvement of the level of knowledge and skills required for obtaining a license for driving the appropriate category of vehicles;
- improvement of the forms and methods of training process in organizations concerned with professional training of drivers.

An important element in the first phase of the study is to determine precise locations of the so-called "black spots" on the country's highways, where several road traffic accidents occurred in a short period of time.

When formulating a definition of "black spot", it is necessary to find a balance, on the one hand, between the insufficient number of the locations needing improvement, and the excessive number of the locations,

on the other hand, which even further complicates the identification of the locations having systematic problems due to the abundance of the false-positive cases. Before gathering more reliable data, two definitions emerge as follows:

- 4 road traffic accidents with victims occurred within three years constitute the basis for identifying the location as requiring immediate consideration;
- 10 road traffic accidents with injuries occurred within three years represent the starting point for launching the Black Spot system programs.

The quality and quantity of data available on road traffic accidents (RTA) do not allow for implementing effectively the Black Spot program. In particular, the following improvement measures are needed to support effective management of the Black Spot program:

- getting more accurate data on the location by using the GPS tracking technologies, which are uploaded into the operational database. Simultaneously, the accuracy of the determination of the location is increased up to 100-300 meters, instead of 1 kilometer.
- entering the RTA-type code type code into the operational database, to identify the link between road infrastructure features and the risk of road traffic collision.

These relatively minor measures create the potential to improve the current Black Spot management program and take appropriate measures. However, consideration of the training needs and the initiation of data quality improvement procedures will ensure the sustainable use these data.

The algorithm for designing integrated activities to increase the safety of the traffic system consists of the following steps:

1. Analysis of traffic accidents and their causes;
2. Identification of factors contributing to the rise in road traffic accidents;
3. Finding packages of measures that should deal with factors causing road traffic accidents prior to its commencement;
4. Identifying factors that could aggravate the consequences of road traffic accidents;
5. Finding packages of measures that should deal with aggravating factors road traffic accidents during their occurrence;
6. Identifying factors that hinder to deal immediately with the consequences of road traffic accident;
7. Finding packages of measures that should deal with factors that hinder to deal immediately with the consequences of road traffic accident.

Conclusions

A dynamic analysis of key factors and consequences of road traffic accidents, as well as the experience of economically developed countries, suggest that serious road traffic accidents can be avoided. If it still occurs, we should be able to minimize its negative effects on human life and health..

References

[1] James Holgat. A Manual on Black Spot Identification and taking appropriate measures in Georgia. Tbilisi, 2017.
[2] Transport and Mobility , Spotlight on ERC projects 2018.
[3] Road Traffic Safety. The concept od Zero Mortality. Vägverket. Swedish Highway Department. SE-781 87 Borlänge 2012.

A fenntartható városi mobilitási tervek megalapozásának kihívásai

Dr. Munkácsy András - Virág Álmos

Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont, Közlekedésmenedzsment Osztály
e-mail: munkacsy.andras@kti.hu, virag.almos@kti.hu

Kivonat: A fenntartható városi mobilitási tervek (SUMP) készítésével, megvalósításával kapcsolatos bővülő szakirodalomhoz csatlakozva jelen cikkben áttekintjük a tervezést megalapozó folyamatokat és a tervezők visszajelzései (az e célra összeállított kérdőívünkre adott válaszok) alapján ezek hazai jellemzőit. E rövid áttekintés alapján megállapítható, hogy a vizsgált 13 hazai SUMP megalapozása – egy kirívó kivételt leszámítva – az útmutatónak jórészt megfelelően, kellő önkormányzati részvétel mellett, a lényegi érdekcsoportok bevonásával történt. A cikkben ugyanakkor az önkormányzatok elköteleződése, az érintettek részvétele és a (közlekedés)szakmai megalapozás kapcsán is javaslatok fogalmazódnak meg. Nem mellékes továbbá, hogy a 2019-re felülvizsgált uniós SUMP-útmutató alapján hamarosan a részletes hazai útmutató is módosul, a tervezőknek várhatóan e dokumentumnak megfelelőn kell majd eljárniuk.

Kulcsszavak: városi mobilitás, SUMP, fenntartható városi mobilitási terv

Bevezetés

A fenntartható városi mobilitási terv (angol neve: Sustainable Urban Mobility Plan, a hazai gyakorlatban is elterjedt rövidítése: SUMP) az európai nagyvárosok számára az elmúlt években meghatározó mobilitástervezési dokumentummá vált. Az Európai Unió intézményei által is szorgalmazott tervezés alapja a fenntartható városi mobilitás iránti elkötelezettség. A tervezési folyamat a helyben élők bevonása mellett a meglévő város- és közlekedésfejlesztési tervek szintetizálásán, a megvalósítható, finanszírozható és a környezetbarát mobilitási megoldásokat ígérő fejlesztések elősegítésén alapul. A fejlesztési javaslatok természetesen elsősorban a döntéshozókat szólítják meg, az ő felelősségük, hogy a jövőbeni projektek tervezése során figyelembe veszik-e azokat vagy sem. A SUMP-ok azonban nem kizárólag a döntéshozók számára készülnek, gondolatiságuk a lehető legtöbb érintett – köztük elsősorban a városban és funkcionális vonzáskörzetében élők és ott közlekedők – bevonásán, részvételén alapul a teljes tervezési, majd megvalósítási folyamat során.

A SUMP-okhoz kapcsolódó bővülő szakirodalom [pl. 1–4] mellett a 2010-es években több európai együttműködési és kutatási projekt[1] is foglalkozott a fenntartható mobilitástervezéssel, a SUMP-ok készítésének és megvalósításának körülményeivel, az elért eredményekkel, és létrejött egy közös platform is[2]. Az előzmények nyomán cikkünkben arra keresünk választ, hogy a SUMP-ok helyzetértékelő, megalapozó munkarészének készítésekor – a jelenleg hatályos IKOP pályázati kiírásokhoz készült útmutató követelményeit figyelembe véve – milyen módszertani, illetve háttéradatok gyűjtéséhez kapcsolódó nehézségek vetődnek fel. Ehhez bemutatjuk a hivatkozott IKOP útmutatót, az ennek hátteréül szolgáló uniós útmutatót és röviden annak közelmúltban aktualizált új verzióját. Emellett – az erre a célra összeállított kérdőívünkre adott válaszok nyomán – anonimizálva elemezzük hazai SUMP-okat készítő cégek tapasztalatait. Végül összefoglaló gondolatokat fogalmazunk meg annak érdekében, hogy a SUMP-ok eszköz- és célrendszere még teljesebb helyzetértékeléseken alapuljanak.

[1] Pl. CH4LLENGE (Intelligent Energy Europe, 2013–2016, vezető partner: Rupprecht Consult, hazai partner: BKK), SUMPs-Up (CIVITAS, 2016–2020, koordinátor: ICLEI European Secretariat, hazai partner: BKK), PROSPERITY (CIVITAS, 2016–2019, koordinátor: FGM-AMOR, hazai partner: Mobilissimus, Szeged)

[2] European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans (https://www.eltis.org/mobility-plans/european-platform)

1. A hazai SUMP-ok készítéséhez rendelkezésre álló útmutatók

1.1 Az uniós útmutató

A SUMP-ok készítésének folyamata a 2014. januárban megjelent Fenntartható Városi Mobilitási Tervek kidolgozása és végrehajtása című útmutatóban van összefoglalva. Az útmutató a SUMP-ok készítésének folyamatát 4 fázisra és 11 lépésre osztja, ezeken belül pedig összesen 32 pontban határoz meg tevékenységeket [5]. Az útmutató konkrét esettanulmányokon, példákon keresztül mutatja be az egyes tevékenységek gyakorlati megvalósítását.

A 11 lépésből az első kettő az előkészületekre fókuszál, míg a SUMP-ok helyzetértékelésére alapvetően a harmadik lépés vonatkozik (1. ábra), amely a problémák és lehetőségek elemzése mellett forgatókönyvek kidolgozását javasolja az intézkedések valószínűsíthető együttes hatására vonatkozóan, ugyanakkor az 1. lépés is tartalmaz kapcsolódó elemeket (1.2 és 1.4).

1. ábra: A fenntartható városi mobilitási terv tervezési ciklusa
Forrás: [7: 14]

A felülvizsgált, 2019. novemberben megjelent uniós útmutató – mely egyelőre csak angol nyelven érhető el [6] – 4 fázisra és 12 lépésre osztja a SUMP folyamatát. Itt is a harmadik tevékenység szabja meg a megalapozó munkarész elkészítésének kereteit, ezen belül az adatforrások meghatározására helyezi a hangsúlyt, együttműködésre törekszik az adatgazdákkal, és az előzményéhez hasonlóan a problémák és lehetőségek elemzését javasolja.

1.2 A hazai útmutató

2015 decemberében jelent meg a Kormány felhívása az Integrált Közlekedésfejlesztési Operatív Program (IKOP) keretében *Fenntartható városi közlekedés fejlesztése és elővárosi vasúti elérhetőség javítása a kevésbé fejlett régiókban* címen. A felhívásban jogosultsági feltételként szerepel, hogy „a városi közlekedési projektnek szerepelnie kell az adott település fenntartható városi mobilitási tervében, és a

projekt fizikai befejezéséig a Fenntartható városi mobilitási tervnek (továbbiakban: SUMP) elfogadásra kell kerülnie" [8: 15]. A felhíváshoz elérhetővé vált egy magyar módszertani útmutató [9], mely az előzőekben említett uniós útmutatón alapul.

A magyar útmutató egzakt módon megadja a SUMP-ok szerkezetét. A cél- és eszközrendszer kidolgozását, valamint a megvalósítást a megalapozó anyagrész elkészítése előzi meg. A tervezés során le kell határolni a város funkcionális vonzáskörzetét, amely egyben s SUMP területi hatályát is kijelöli. A megalapozás, helyzetfeltárás során be kell mutatni a stratégiai, szabályozási hátteret nemzetközi, országos és regionális, megyei és települési szinten. Jellemző, hogy a SUMP-ok területi hatálya jelentősen túlnyúlik az adott település közigazgatási határán – ebben az esetben további érintett teleülések releváns fejlesztési dokumentumait is célszerű figyelembe venni.

A helyzetfeltárás, amellett, hogy meghatározza a város térségi szerepét, vonzáskörzetét, demográfiai, gazdasági és környezeti hátterét, bemutatja a közlekedési munkamegosztást, a közlekedési alágazatok szerepét és megoldandó problémáit. A demográfiai folyamatok alakulásával kapcsolatban *elvárás* népességi prognózis készítése és *ajánlás* a jövedelmi helyzetre, motorizációra irányuló becslés elkészítése. A népességi prognózisra több forgatókönyv is összeállítható (például optimista, realista, pesszimista), ez azonban nem elvárás.

A város és vonzáskörzetének jelenlegi közlekedési helyzetét bemutató fejezetben meg kell adni a mobilitási jellemzőket, kitérve a közlekedési módok szerinti megoszlásra. A közlekedési igények és szokásjellemzők mellett elemezni kell a közforgalmú közlekedés szolgáltatási igényét, az infrastruktúra állapotát, valamint az egyéni motorizált és nem motorizált közlekedési módok mennyiségi és minőségi jellemzőit.

A problémák azonosítása, rangsorolása és priorizálása SWOT elemzésen, problématárban, problématérképen jeleníthető meg. Forgalmi modell készítése 100 ezer főnél népesebb városok esetében kötelező, egyéb esetben legalább részterületekre vonatkozóan ajánlott, illetve kötelező, amennyiben saját helyi közforgalmú közlekedés működik a városban.

2. SUMP-ok helyzetértékelése a gyakorlatban

Ismereteink szerint 15 magyar város számára készült SUMP 2020 előtt, melyek közül a miskolci és budapesti esetében már a felülvizsgálatra is sor került – utóbbi [11] a Balázs Mór-terv [10] felülvizsgálatának tekinthető, noha az nem SUMP-útmutató alapján készült. Általánosan elmondható, hogy a hazai SUMP-ok valamely IKOP közlekedésfejlesztési projekt kötelezően csatolandó mellékleteként készülnek, tekintettel az előző fejezetben már leírt pályázati jogosultsági feltételre. Emellett a hazai SUMP-útmutatóban szerepel az a kitétel, hogy a kidolgozott SUMP települési szintű elfogadása (társadalmi egyeztetése, majd elfogadása a város képviselőtestülete / közgyűlése által) mellett a város által tervezett IKOP-projektek támogathatósága érdekében szükséges a dokumentum értékelése, majd jóváhagyása is a támogatószervezet részéről [7]. Ennek érdekében a hazai SUMP-ok elvileg nem térhetnek el jelentősen az útmutatótól (még ha a gyakorlat nem is feltétlenül ezt mutatja).

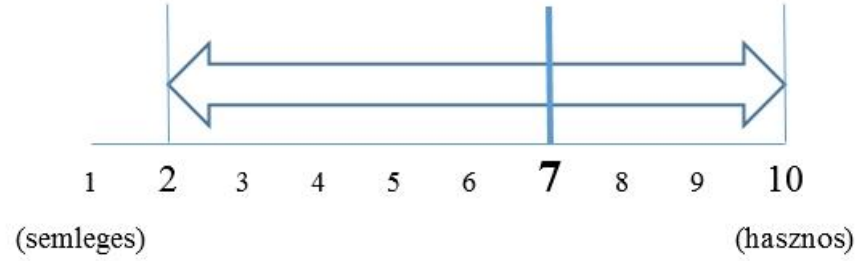
2020 januárjában interjú keretében kértük ki a hazai SUMP-okat készítő hazai cégek véleményét – elsősorban – a megalapozó, helyzetértékelő anyagrész készítésével kapcsolatban, a megszerzett tapasztalatokra, felmerült nehézségekre fókuszálva. A felmérés reprezentatívnak tekinthető, hiszen összesen 13 SUMP-hoz kapcsolódóan érkeztek válaszok, amelyeket az alábbiakban tematikusan elemezve ismertetünk. Néhány kérdést a válaszadóknak 1-től 10-ig terjedő skálán kellett értékelniük.

2.1 Önkormányzatok részvétele és társadalmasítás

A SUMP-ok készítése során elengedhetetlen a város önkormányzatának konstruktív részvétele a tervezésben, megvalósításban és nyomon követésben. Emellett alapelv a minél szélesebb körű társadalmasítás, a helyben élők és helyben működő cégek, szervezetek tájékoztatása a terv kidolgozása és végrehajtása folyamán.

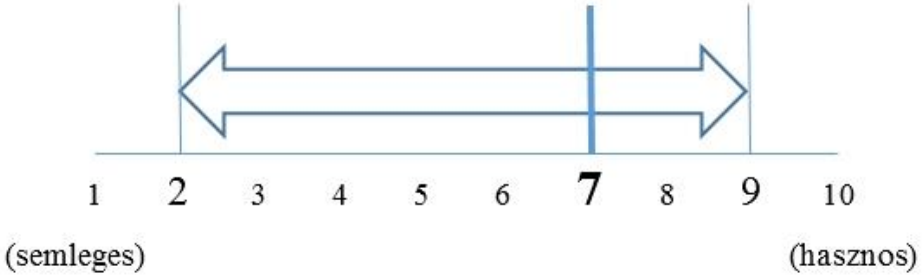
A beérkezett visszajelzések alapján elmondható, hogy a legtöbb önkormányzat tevékenyen és többé-kevésbé hasznosan vett részt a SUMP elkészítésében (lásd 2. ábra). Az előzményterveket, releváns adatokat jellemzően átadta, kommunikációs csatornáit a lakosság tájékoztatásához rendelkezésre bocsátotta és részt vett a kapcsolódó szakmai egyeztetéseken vagy maga szervezte meg azokat. Egy esetben jelezte a tervező, hogy az önkormányzat lényegében nem vett részt a tervezés és készítés

folyamatában, kiszervezte a megrendelői feladatokat és a munka koordinációját, így részvétele alacsony szintű maradt.



2. ábra: Az önkormányzatok részvételének tervezői értékelése a SUMP készítése során – átlagérték minimum és maximum értékekkel
Forrás: saját szerkesztés

Szakmai és civil szervezetek, ágazati szereplők, valamint a helyi lakosság bevonására minden SUMP készítése folyamán sor került, ugyanakkor mindössze öt SUMP esetében hívták meg a vonzáskörzet önkormányzatait is az egyeztetés(ek)re. Az érintett lakosság bevonása változatos képet mutat, mind a célcsoportok, mind az alkalmazott módszerek kapcsán: bizonyos településeken a városlakók lényegében kimaradtak a tervezésből, máshol minden korosztályra kiterjedő együttműködésről számoltak be. A társadalmasítás átlagos tervezői megítélését a 3. ábra mutatja.



3. ábra: Az érdekcsoportok részvételének értékelése a SUMP elkészítésében – átlagérték minimum és maximum értékekkel

Forrás: saját szerkesztés

2.2 Felhasznált adatok és háttérdokumentumok

A SUMP készítéséhez felhasznált adatok esetében azt vizsgáltuk, hogy a város és vonzáskörzete demográfiai elemzése során készült-e népességi prognózis, készültek-e forgatókönyvek a társadalmi, gazdasági folyamatok előrejelzésére (utóbbi az útmutató szerint nem kötelező elem). Vizsgáltuk még, hogy a közlekedési módok megoszlása (modal split) milyen módszertan alapján készült, emellett történt-e forgalmi modellezés a város és vonzáskörzetének jelenlegi közlekedési helyzetének meghatározásához, továbbá szükség volt-e megalapozó dokumentumok, vizsgálatok, adatok pótlására és/vagy „megelőlegezésére" (tartalmuk feltételezésére). A háttéranyagok tekintetében a figyelembe vett hazai fejlesztési dokumentumok körét mértük fel.

A visszajelzések azt mutatják, hogy három esetben nem készült népességi prognózis és itt forgatókönyvek sem készültek a jövőbeni folyamatok tekintetében. Emellett további négy SUMP készült forgatókönyv nélkül. A közlekedési módok megoszlása a háztartásfelvételek bejövő adatai és/vagy a forgalomszámlálások alapján lett meghatározva. Egy SUMP esetében a közlekedési szolgáltatók hozzáférhető adatait is felhasználták, illetve négy SUMP esetében a KSH 2011-es ingázókra vonatkozó adatait is figyelembe vették kizárólagos adatforrásként vagy összehasonlítási céllal. Egy SUMP helyzetértékeléséhez nem határozták meg a közlekedési módok megoszlását. Nem készült forgalmi modell öt SUMP-hoz, egy esetben pedig az Országos célforgalmi felmérés adatait [12] használták fel.

A hiányzó adatokra vonatkozó kérdésre három esetben jelezték, hogy a gazdasági prognózis, GDP előrejelzés kapcsán szükséges volt bizonyos mértékű feltételezések megtételére. Emellett két SUMP

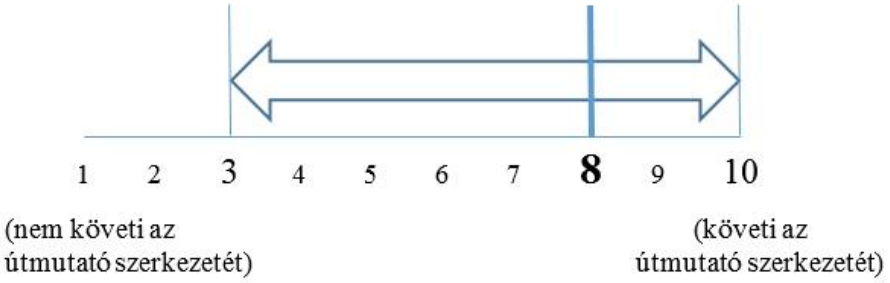
készítése során fordult elő, hogy a megalapozó terv folyamatosan módosult, ennek függvényében a SUMP tartalma is többször változott.

A kérdőív tartalmazott egy kérdést arra vonatkozóan is, hogy tervezés során szükség volt-e a SUMP gondolatiságától, az útmutatótól eltérő feladatrészek kidolgozására. Két válasz szerint az önkormányzatok részéről jellemző igény az intézkedések, a költségek és az ütemezés részletes kidolgozása, esetenként egészen a forgalomtechnikai megoldásokig. Emellett az is előfordult, hogy a SUMP-tól nem idegen, azzal összefüggő, de konkrétabb tervek, mint például kerékpárforgalmi hálózati terv, autóbusz-hálózati és menetrendi koncepció is készült. Egy esetben konkrét forgalomtechnikai javaslatok is beépültek a SUMP-ba.

A felhasznált háttéranyagokkal kapcsolatos válaszok szerint minden SUMP-hoz több helyi, regionális és országos fejlesztési tervet, koncepciót használtak fel. Ez természetes, hiszen ezek szintetizálása a SUMP egyik legfőbb feladata.

2.3 Igazodás az útmutatóhoz

Izgalmas kérdéskört jelent, hogy az adott SUMP készítője saját megítélése szerint mennyire követte az útmutató előírásait. Az erre vonatkozó kérdésre kilences átlagpontszámú válaszok érkeztek (lásd 4. ábra), egy esetben azonban csak hármas osztályzatot adott a válaszadó, ami már azt jelenti, hogy a SUMP jelentősen eltér az útmutató szerkezetétől.



4. ábra: A SUMP megfelelése az útmutatónak (tervezői értékelés) – átlagérték minimum és maximum értékekkel

Forrás: saját szerkesztés

Konklúzió

A fenntartható városi mobilitási tervek készítésével, megvalósításával kapcsolatos bővülő szakirodalomhoz csatlakozva jelen cikkben áttekintettük a tervezést megalapozó folyamatokat és a tervezők visszajelzései alapján ezek hazai jellemzőit. E rövid áttekintés alapján megállapítható, hogy számos önkormányzat elkötelezett a fenntartható mobilitásfejlesztés mellett és – a tervező szempontjából – megfelelően bekapcsolódik a mobilitástervezési folyamatba, a SUMP iránti elköteleződést elsősorban mégis az táplálja, hogy a dokumentum közösségi forrásból finanszírozott közlekedésfejlesztési projektek „kötelező melléklete". Célszerű lenne összegyűjteni a SUMP-ot készítő városok (városvezetők, városlakók) tapasztalatait, amellyel utat mutathatnak mindazoknak, akik hasonló elvek mentén kívánják fejleszteni a településüket, de – nagy léptékű közlekedésfejlesztési projektek hiányában – nem érzik szükségét a mobilitásfejlesztést keretbe foglaló tervezés lefolytatásának.

A tervezői visszajelzések alapján az érintettek bevonása, részvétele változatos a hazai mobilitástervezési folyamatokban. Nagyvárosokra is jellemző, hogy nincsenek ennek során megszólítható civil szervezetek, közösségek. Ezzel összefüggésben a jövőben célszerű lenne mélyebben is elemezni a lakosság (és más nem „hivatalból" érintettek) bevonásának körülményeit: mely szakaszban, milyen eszközökkel és milyen eredménnyel kapcsolódtak a tervezésbe. Az első (külföldi) tapasztalatok szerint egyébként a lakosság részvétele sok esetben mérsékelt, amelynek oka egyebek mellett „a részvételi hagyományok hiánya, különösen a kelet-európai országokban" [1: 352].

A kérdőíves felmérésre érkezett válaszok alapján megállapítható, hogy az eddig elkészült SUMP-ok döntő többségének megalapozó, helyzetértékelő anyagrésze nem tér el jelentősen az útmutatóban foglaltaktól, követi az ott megadott szerkezeti struktúrát és elvárt szakmai tartalmat. Egyes esetekben azonban hiányoznak opcionális vagy kötelező tartalmi elemek, ami értelemszerűen nem kívánatos. Ennek kapcsán egyrészt fel kell hívni a figyelmet, hogy a 2019-re felülvizsgált uniós útmutató alapján hamarosan a részletes hazai útmutató is módosul, a tervezőknek immár e dokumentumnak megfelelőn kell majd eljárniuk. Másrészt érdemes hangsúlyozni, hogy az útmutatótól egyes tervezők azért tértek el, mert a megbízó önkormányzat a SUMP-hoz csak közvetve kapcsolódó feladatokat (hálózati terv készítését, menetrendi koncepció kidolgozását stb.) is kitűzött. Minthogy ezeket nem feltétlenül lehet a SUMP tervezési gondolatmenetébe illeszteni, célszerű lenne más eljárásban megvalósítani. (Ezek finanszírozási nehézségeit esetleg célzott, központi források biztosításával lehetne orvosolni.) Ez annak ellenére is javasolható, hogy a tapasztalatok szerint a fenntartható mobilitástervezés során készülő egyéb, útmutatóban nem előírt tartalmi elemek, tervek akár erősíthetik is a SUMP legitimációját.

A helyzetfeltárással kapcsolatos javaslat, hogy minden fenntartható mobilitástervezés során legyen megvizsgálva a közlekedési munkamegosztás, hiszen ez egyrészt helyzetképet ad a város közlekedési rendszerének fenntarthatóságáról, másrészt a javasolt fejlesztések lényegi indikátora lehet. Emellett célszerű lenne minden esetben népességi prognózist is készíteni, lévén a városi mobilitás keresletének változása érdemben befolyásolja a tervezést és a jövőbeli fejlesztéseket.

A tapasztalatok szerint nem szerencsés, ha a SUMP-hoz még nem végleges fejlesztési dokumentumokat, terveket használnak fel. Ezek ismerete a tervező számára lényeges, de csak jóváhagyott változatban, ezért célszerű ezeket a SUMP kidolgozása előtt elkészíteni.

A tervezői visszajelzések alapján összességében megállapítható, hogy az értékelt 13 hazai SUMP megalapozása – egy kirívó kivételt leszámítva – az útmutatónak jórészt megfelelően, kellő önkormányzati részvétel mellett, a lényegi érdekcsoportok bevonásával történt. Érdemes lenne a fent nevesített európai projektek nyomdokain az elkészült mobilitási tervek további részeit és értelemszerűen a megvalósulásukat is értékelni, amire előreláthatólag 2020-2021 folyamán sor fog kerülni.

Irodalomjegyzék

[1] Lindenau, M. – Böhler-Baedeker, S.: Citizen and stakeholder involvement: a precondition for sustainable urban mobility,
Sustainable Mobility in Metropolitan Regions. mobil.TUM 2014. International Scientific Conference on Mobility and Transport, München, 2014. május 19-20.

[2] Arsenio, E. és mtsai.: Sustainable urban mobility plans: Bridging climate change and equity targets?, Research in Transportation Economics Vol. 55, 2016. június, 30–39

[3] May, A.: Encouraging good practice in the development of Sustainable Urban Mobility Plans, Case Studies on Transport Policy 2015/1 3-11

[4] Munkácsy A. és mtsai.: A fokozódó motorizáció városi-elővárosi tünetei és a kiutak,
VIII. Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2018. március 22-23.

[5] Útmutató – Fenntartható Városi Mobilitási Tervek kidolgozása, Brüsszel, 2013

[6] Guidelines for developing and implementing a sustainable urban mobility plan, Köln, 2019

[7] Útmutató Fenntartható Városi Mobilitási Tervek kidolgozása és végrehajtása, átdolgozott magyar változat, Brüsszel, 2015. november

[8] IKOP-3.2.0-15 pályázati felhívás, 2015. december

[9] Módszertani Útmutató Fenntartható Városi Mobilitási terv (SUMP) készítéséhez, Budapest, 2016

[10] Balázs Mór-terv, Budapesti Közlekedési Központ, 2014

[11] Budapesti Mobilitási Terv, 2019. május

[12] Országos célforgalmi felmérés, Közlekedéstudományi Intézet, 2016/2017

A fővárosi villamos járműüzemeltetés aktuális kérdései

Borbás Péter Dániel

BKV Zrt.
telefon: 70-339-4235
e-mail: borbasp@bkv.hu

Abstract: Az előadásban ismertetem a BKV Zrt. által üzemeltetett villamos járműpark kapcsán azokat a nehézségeket és lehetőségeket, melyek meghatározóak a mindennapi döntéseink, illetve jövőbeni kilátásaink vonatkozásában. A jelenleg üzemeltetett villamos járműállomány bemutatásán keresztül ismertetésre kerülnek annak fontosabb jellemzői. A szolgáltatás Megrendelőjének mennyiségi elvárásai (tekintettel a jövőbeni hálózatfejlesztési elképzelésekre is) és a jelenlegi járműpark összetétele, életkora, rendelkezésre állása alapján cselekvési irányokat határoztunk meg a járműbeszerzési lehetőségek és a rendelkezésre állási szint javítása érdekében. A közösségi közlekedési járművekkel szemben támasztott igények meghatározóak elsősorban az utazási körülmények szempontjából, az ennek való megfelelés a korszerű típusok esetében (Combino és CAF villamosok) megoldott, de a „hagyományos" típusok üzemeltetési nehézségei, alacsonyabb szolgáltatási minősége szükségessé teszi, hogy vizsgáljuk a lehetséges fejlesztési irányokat ezeknél a villamosoknál is. A kiszolgáló infrastruktúra létesítmények aktuális állapota vegyes képet mutat a fővárosi villamos üzemeltetést érintően.

Kulcsszavak: közlekedési közszolgáltatás, járműüzemeltetés, fejlesztési irányok,

Bevezetés

Európában már a népesség közel háromnegyede él városi területeken (a városokban és vonzáskörzeteikben) és az előrejelzések szerint a tendencia tovább erősödik a vidéki térségek rovására. Magyarországon a városi térségekben élők aránya intenzíven növekszik, jelenleg 70% körüli a teljes népesség vonatkozásában (United Nations, 2018).

A közforgalmú személyszállítás olyan közszolgáltatás, amelyet a közzétett feltételek alkalmazásával, és díj ellenében bárki igénybe vehet (2012. évi XLI. törvény a személyszállítási szolgáltatásokról alapján), tehát bárki számára elérhető, és jellemzően előre meghirdetett menetrend szerint, meghatározott útvonalon, kijelölt megállóhelyek érintésével nyújt helyváltoztatási lehetőségeket.

A növekvő számú városi lakosság egyre intenzívebb mobilitási igényeinek megoldására kézenfekvő a közösségi közlekedés (vagy közforgalmú személyszállítás) fejlesztése, hiszen kedvezőbb alternatívát nyújt a károsanyag kibocsátás és a fajlagos helyigény szempontjából, mint az egyéni gépjárműhasználat.

A versenyképes és fenntartható közlekedési rendszerre való törekvés részeként át kell tekinteni, hogy a közösségi közlekedési hálózatnak milyen jellemzőkkel kell rendelkeznie, és ennek megfelelően milyen fejlesztési irányokat kell szem előtt tartani.

Mivel hozzájárulhat a torlódások csökkentésére irányuló folyamatos elvárások teljesítéséhez, a városok levegőminőségének javításához és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez, így a villamos közlekedést célzó fejlesztések továbbra is számíthatnak a döntéshozók és az utazóközönség támogatására az európai tendenciák szerint. (UITP, 2019. november)

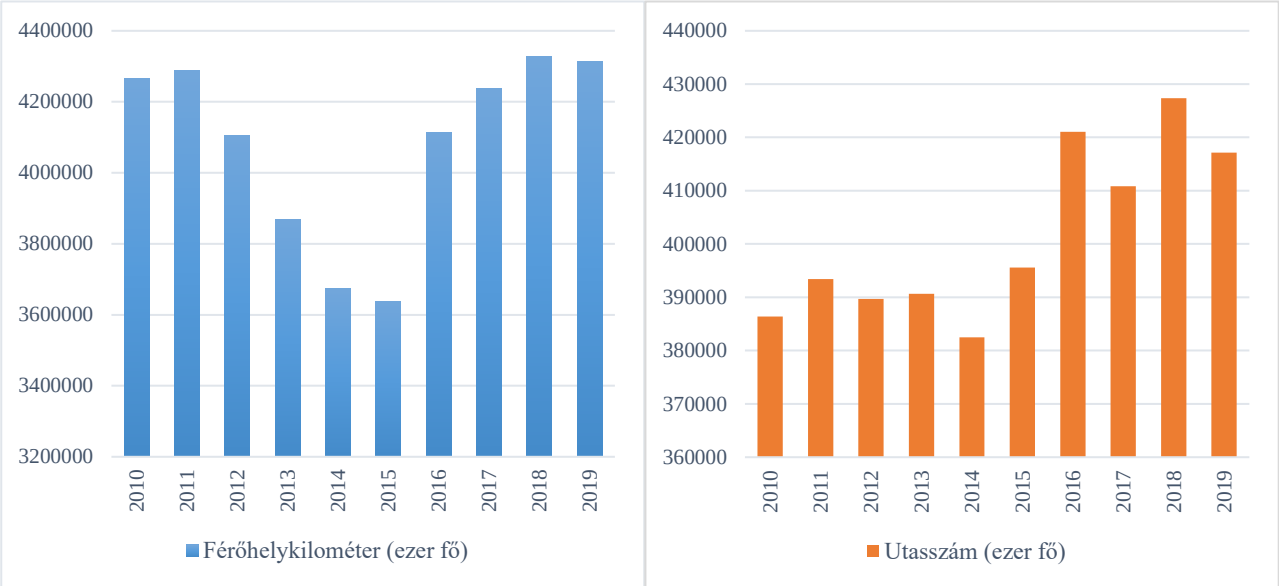
A városi vasúti rendszerek egyik lényeges eleme a közforgalmú járműállomány. A villamos hálózatok sikerének legfontosabb tényezője, hogy a vonzó szolgáltatás fenntartása érdekében rendszeres beruházásokat kell végrehajtani az infrastruktúra és a gördülő állomány terén. (Eurogroup Consulting, 2019. július 2.)

Az elmúlt időszakban Budapesten is szembesültünk azzal a dilemmával, mely Európában is megfigyelhető, miszerint egyre növekvő volumenű ráfordításokat kell eszközölni a meglevő eszközök karbantartására, korszerűsítésére és cseréjére annak érdekében, hogy az öregedő közlekedési rendszerek működőképesek és a szolgáltatást igénybe vevők számára vonzóak maradjanak. (UITP, 2019. november)

1. A közszolgáltatással kapcsolatos elvárások és azoknak való megfelelés

2012-ben a fővárosi intézményrendszer átalakult, a járművek és a hozzájuk tartozó infrastruktúra üzemeltetése, karbantartása maradt a BKV Zrt. hatáskörében, a közlekedésszervezési feladatok a Budapest Közlekedési Központhoz (BKK Zrt.) kerültek. Az üzemeltető vállalat jelenleg 4 nagy ágazatot (autóbusz, trolibusz, villamos és metró) működtet integrált rendszerben, miközben a HÉV-vonalak fenntartását a MÁV-HÉV Helyiérdekű Vasút Zrt. (korábbi nevén BHÉV Zrt.), az agglomerációs autóbuszvonalak üzemeltetését pedig más szolgáltatók vették át 2016 novemberétől. (Legát, 2018)

Budapest Főváros Önkormányzata a 20/2012 (III.14.) sz. önkormányzati rendelettel kijelölte a Budapesti Közlekedési Központ Zártkörűen Működő Részvénytársaságot (röviden: BKK) a közlekedésszervezői feladatok ellátására, melynek keretében meghatalmazással gyakorolja a BKV feletti irányítási jogokat is. A Fővárosi Önkormányzat a szolgáltató kiválasztására és a közszolgáltatási szerződés megkötésére való jogát átruházta a BKK-ra. A BKV-nak meg kell felelnie a BKK menetrendi megrendelése alapján meghatározott, férőhelykilométerben előírt teljesítmény követelményeknek. A villamos ágazatra vonatkozó adatok változása (1. ábra) azt mutatja, hogy az elmúlt időszakban végrehajtott jelentős fővárosi fejlesztések (Budai Fonódó hálózat, 1-es villamos meghosszabbítása) eredményeként a teljesítményszint tartósan évi 4,2 milliárd férőhelykilométer felett jelentkezik (csak a jelentősebb korlátozásokkal járó pályarekonstrukciók időszakában csökkent vissza 3,8 milliárd férőhelykilométer alá), miközben az utasszám (az utazások száma) 2015-től jelentősen emelkedett. Érdekességként a UITP nemzetközi szervezet kiadványa szerint 2017-ben 411 millió utassal a budapesti volt a legnagyobb utasszámú villamos hálózat Európában (UITP, 2019. november).



1. ábra: A budapesti villamosok férőhelykilométer teljesítménye és statisztikai utasszáma, forrás: BKV Zrt.

A menetrendi teljesítmény elvárások határozzák meg a szükséges erőforrások, eszközállományok volumenét is. A 1. táblázat adatai alapján a fővárosi közúti vasúti járművek száma némileg csökkent, viszont a forgalmi igény növekedett, ami hatékonyságjavulást mutat.

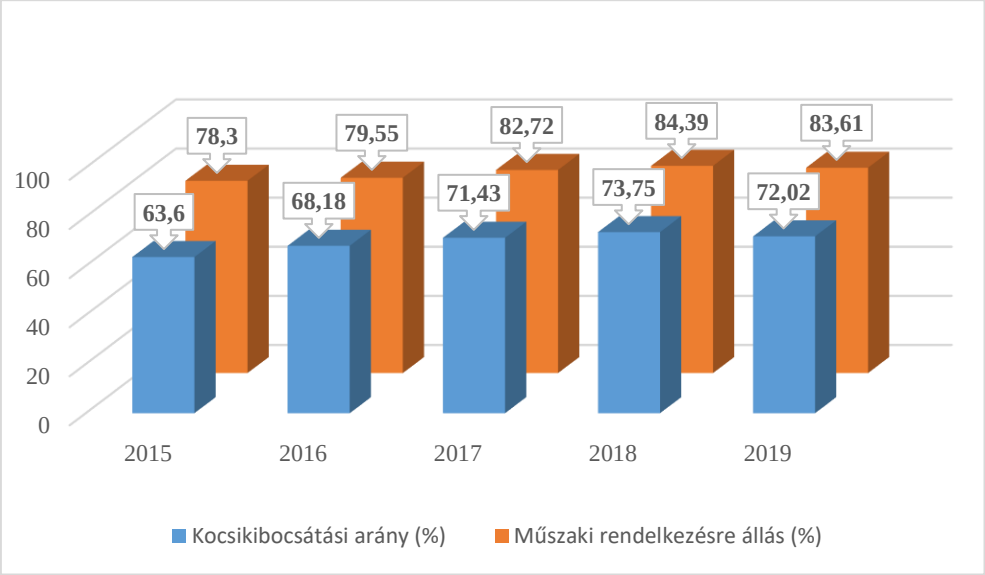
1. táblázat: Átlagos villamos járműállomány adatok, BKV Zrt.

Időszak	**Átlagos járműállomány (db)**	**Átlagos forgalomba adott járműszám (db)**
2020. január	598	459
2019	604	435
2018	602	444
2017	602	430
2016	616	420
2015	607	386

A BKK, mint Megrendelő az üzleti tervezéséhez meghatározott irányelvek, tervezési premisszák részeként hatékonyságjavítási elvárásokat ír elő a közszolgáltató BKV felé. A hatékonyság objektív mérésére társasági és közlekedési ágazat szintű mutatószámok kerültek összeállításra, melyek közül két mutató közvetlenül a járműállományt érinti:

- Üzemképes járműállomány / átlagos járműállomány aránya (%)
- Átlagos forgalomba adott járműszám / átlagos járműállomány aránya (%)

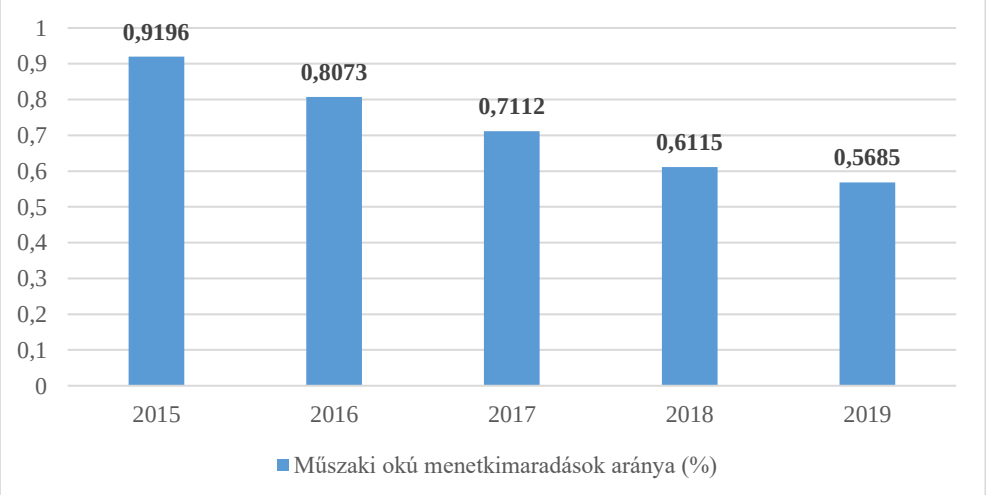
Az indikátorok a járműüzemeltetés és járműgazdálkodás hatékonyságát jellemzik, de komplexen tekintve alakulásukat a járműállomány állapota, átlagos életkora is befolyásolja. Segítségükkel elemezhető például, hogy az egyes ágazatok járműparkja mennyire elöregedett, illetve mennyire kihasznált. Alakulásukat befolyásolják az eszközbeszerzések és a járműselejtezések ütemezése, vagy például a vasúti ágazatokat érintő kiemelt beruházások, projektek (villamos vonalak felújítása, M3 metró infrastruktúra-felújítási projekt stb.), melyek során ideiglenesen a pótlást végző autóbuszok látják el a közlekedési szolgáltatást a kötöttpályás eszközök helyett. A hatékonysági mutatók alakulását 2. ábra szemlélteti a villamos ágazat vonatkozásában.



2. ábra: A villamos járműállomány átlagos kiadási és rendelkezésre állási aránya, BKV Zrt.

Az adatok alapján megállapítható, hogy mind a forgalomba adási, mind a rendelkezésre állási ráta értéke emelkedett, tehát javult az elmúlt években (közel 5%-os, illetve 10%-os változás).

A közszolgáltatási szerződés egyik fontos indikátora a menetkimaradási mutató, mely a szolgáltató tevékenységére visszavezethető okok miatt kimaradt menetek arányát vizsgálja a menetrendileg előírt menetszámokhoz viszonyítva. A villamos ágazat vonatkozásában a műszaki okú menetkimaradások arányának alakulását a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: A műszaki okú menetkimaradások arányának alakulása a fővárosi villamos közlekedésben, BKV Zrt.

Az előző adatsorok alapján megállapítható, hogy az elmúlt években javult a gördülő eszközállomány felhasználásának hatékonysága, illetve a menetkimaradások csökkenése révén a szolgáltató kedvező irányba tudta befolyásolni a villamos vonalakon nyújtott közszolgáltatás minőségét. A javulás elérését alapvetően két tényező együttes hatása eredményezte:

1. *A „Budapesti villamos és trolibusz járműfejlesztés I. ütem”* című nagyprojekt keretei között 2015-ben és 2016-ban összesen 47 db új, teljesen alacsonypadlós, légkondicionált, energiatakarékos (a fékezési energia visszatáplálásra képes), kis gördülési zajú, korszerű CAF gyártmányú villamos beszerzésére és forgalomba állítására került sor, és ezzel párhuzamosan kivonásra került a legkorszerűtlenebb, legrosszabb műszaki állapotú közúti vasúti járművek egy része. Az újonnan állományba vett villamosok értelemszerűen kedvezőbb rendelkezésre állás mellett, megbízhatóbban üzemelnek, mind a 40-45 évet meghaladó életkorú régebbi járművek. Az állományból történő kivonások ütemezését a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat: A BKV Zrt. villamos állományából kivont járműegységek száma

Év	**Állományból kivont járművek száma**
2015	10 db
2016	10 db
2017	30 db
2018	30 db
2019	8 db
Összesen	**88 db**

2. Évek óta szisztematikusan zajlik a villamos állomány rendelkezésre állásának fokozását szolgáló emelt szintű járműjavítások (nagyjavítások) végrehajtása az egyes járműtípusok esetében. Ráadásul kedvező módon a nagyjavításokkal egyidőben egyes típusoknál bizonyos korszerűsítési lépéseket is sikerül megtenni (például hajtáskorszerűsítés, vagy az utastéri fűtési rendszer átalakítása), melyek egyrészt tovább javítják a műszaki megbízhatóságot, másrészt az utazási komfort szintjét emelik. A tevékenység előrehaladtával (egyre növekszik azon járművek száma, melyeknél a tervezett beavatkozásokat már elvégeztük) az ágazati hatékonysági és minőségi mutatók értékei évről-évre kedvezőbbé válnak.

2. A budapesti villamosállomány főbb jellemzői

A BKV Zrt. jelenleg 598 db közúti vasúti egységet (melyből 14 db fogaskerekű) üzemeltet, az aktuális menetrend szerinti járműkiadás 466 db jármű (hétköznapokon, a reggeli csúcsidőszakban).

A jelenlegi villamos állomány jellemző adatait a 3. táblázat mutatja be (a fogaskerekű állományt és forgalomba adási arányát nem tartalmazza az adatsor, a közlekedési mód egyedisége miatt).

3. táblázat: A budapesti villamos üzem járműállománya járműtípusonként, forrás: BKV Zrt.

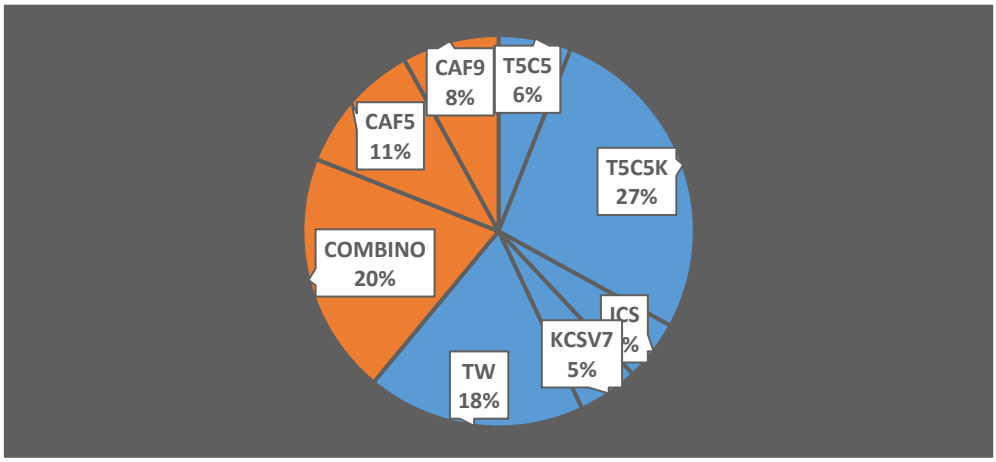
Járműtípus	**Járműállomány (db)**	**Járműkiadás a reggeli csúcsidőszakban (db)**	**Kocsikibocsátási arány (%)**	**Férőhelykapacitás (jármű/fő)**
ICS	38	25	65,8%	169
KCSV7	30	22	73,3%	192
T5C5/T5C5K	320	253	79,1%	100
TW6000/6100	109	87	79,8%	176
COMBINO	40	36	90,0%	350
CAF5	35	30	85,7%	200
CAF9	12	11	91,7%	345
összesen	**584**	**464**	**79,5%**	

Bár az eddig ismertetett közszolgáltatási indikátorok időszakos javulást mutatnak, de összességében továbbra is elmondható, hogy ez leginkább a műszaki megbízhatóságukra vonatkozik, ugyanakkor a jelenlegi villamos járműállomány átlagos állapota egyre kevésbé alkalmas az egyre összetettebb és fejlődő tulajdonosi, illetve társadalmi szempontoknak való megfelelésre. Meg lehet említeni például a hozzáférhetőséggel kapcsolatos elvárást, melyet teljes körűen csak az alacsonypadlós villamosok képesek kielégíteni.

A villamosok átlagos életkora jelenleg 35,7 év (ha eltekintünk a fogaskerekű állománytól, akkor 35,44 év). Az alacsonypadlós, korszerű Siemens Combino és CAF Urbos villamosok kivételével a fővárosi közúti vasúti járművek meghaladták a gyártáskor tervezett 30 éves élettartamot, sőt a TW 6000 típusú villamosok életkora bőven átlépte a 40 évet, a Ganz-csuklós járművek (ICS és KCSV7 típusok) pedig 45 év felettiek.

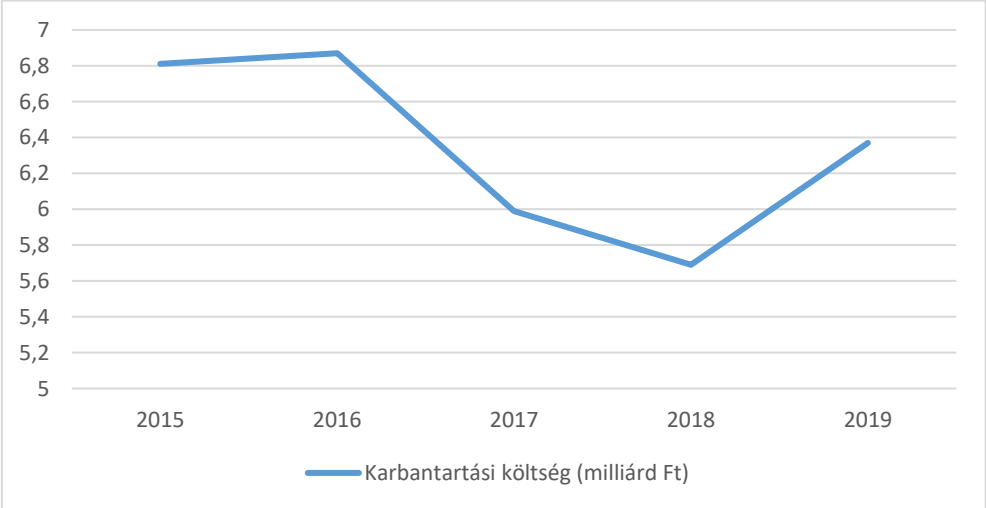
Az állományi adottságok miatt a gördülőállomány darabszámának 15%-át kitevő alacsonypadlós járműegységek (Siemens Combino és a CAF Urbos típusok) az átlagosnál magasabb szintű futásteljesítmény mellett közlekednek (jellemzően 90 ezer km/év, az átlagos 50 ezer km/év helyett), az általános szolgáltatási színvonal javítása érdekében. Ennek elérését az segíti, hogy a közelmúltban beszerzett járművek korszerűbb technológiai szintet képviselnek, megbízhatóságuk kedvezőbb, így ezeknél a típusoknál hosszabb távon biztosítható az elvárt 90% körüli érték a kocsikibocsátási arány vonatkozásában.

Részint az intenzív futásteljesítménynek, részint a jellemzően nagyobb befogadóképességnek (férőhely-kapacitásnak) köszönhetően az éves szinten meghatározott ágazati férőhelykilométer-teljesítmény közel 40 %-a biztosítható az alacsonypadlós, klímával rendelkező járművekkel (4. ábra).



4. ábra: A villamos járműtípusok férőhelykilométer-teljesítményeinek aránya 2019-ben, BKV Zrt.

Ugyanakkor az erőforrások korlátossága miatt a járműüzemeltetés során lényeges szempontként jelentkezik a tényleges ráfordítások (főként költségkiáramlás) kérdésköre is. A BKV Zrt. villamos járműüzemeltetési szakterülete a 5. ábra szerinti karbantartási költségeket használta fel az elmúlt években (az üzemeltetési költségeket nem számolva).



5. ábra: A villamos járműkarbantartási költségek változása, BKV Zrt.

A tendencia kedvezőnek tűnik, hiszen évről-évre közel azonos darabszámú járműpark karbantartási igénye 2018-ig csökkenő éves költségszint mellett volt biztosítható, javuló kapacitáskihasználtság és műszaki rendelkezésre állás mellett. Ugyanakkor a közelmúltban beszerzett 47 db CAF járműhöz kapcsolódó karbantartási és javítási feladatokat 2019-ig a villamosok gyártója végezte, így annak költségei nem jelentkeztek a közlekedési szolgáltató társaságnál és emelett az állományból kikerülő régebbi villamosok ráfordításigénye értelemszerűen már nem terhelte a költségvetést. 2019-től azonban változott a rendszer, a 2015-16-ban beszerzett CAF villamosok karbantartási és javítási kötelezettsége átkerült az üzemeltető BKV Zrt.-hez, ezáltal a költségek is nála jelentkeznek. Mivel ennek érdemleges hatása még nem mutatkozott a 2019. évi költségfelhasználásban, ezért a növekedés inkább a régebbi típusok emelkedő ráfordításigényét jelzi, melyet 2020-tól továbbemelnek majd a CAF villamosokhoz kapcsolódó karbantartási és javítási költségek is.

3. Cselekvési lehetőségek és irányok

A járműállomány adottságai meghatározzák azokat a feladatokat, melyek részben a közösségi közlekedési szolgáltatás szinten tartását, részben javítását szolgálhatják az elkövetkezendő időszakban. Ezek a következők:

- a jelenlegi járműpark ütemezett karbantartása, javítása, műszaki szinten tartása,
- a régebbi járművek fejlesztése, részleges korszerűsítése (a társadalmi és tulajdonosi elvárások változásához igazodóan),
- a korszerűbb villamosok arányának növelése, melynek lehetséges irányai: új járművek, vagy megfelelő állapotú és színvonalú használt villamosok beszerzése (a beszerzésekhez kapcsolódóan egyidejűleg csökkenteni kell a leginkább elhasználódott, korszerűtlen, a tervezett élettartamukon túljutott villamosok számát).

Az elsőként felsorolt tevékenység elengedhetetlenül szükséges a gördülő állomány rendelkezésre állási szintjének fenntartásához, ezért inkább alapként tekinthető és nem vagylagos lehetőségként (mivel arra nincs reális lehetőség, hogy néhány éven belül a teljes járműflotta lecserélésre kerüljön). A karbantartási feladatok kapcsán az a törekvés, hogy a magasabb futásteljesítményhez kapcsolódó ciklusrendi beavatkozások, a nagyjavítások is kerüljenek megfelelő ütemezéssel végrehajtásra, annak ellenére, hogy ezek ráfordításigénye jelentős mértékű. Példaként a 4. táblázatban bemutatásra kerül a Tatra (T5C5 és T5C5K) típusú villamosok javítási ciklusrendje és a beavatkozásokhoz tartozó átlagos fajlagos költségszintek.

4. táblázat: Tatra villamosok ciklusrendje és a ciklusokhoz tartozó fajlagos költségek (Ft/jármű), BKV Zrt.

	Fenntartási ciklusok						**Nagyjavítási ciklus**
	Ellenőrzések			**Vizsgálatok**			
Jelölés	E1	E2	E3	V1	V2	V3	J1
Ciklikusság	1 nap	3 nap	14 futásnap	84 futásnap	60 ezer km	180 ezer km	360 ezer km
Fajlagos költségek (Ft/jármű)	1 866 Ft	5 486 Ft	14 964 Ft	176 862 Ft	1 622 426 Ft	18 175 249 Ft	49 131 492 Ft

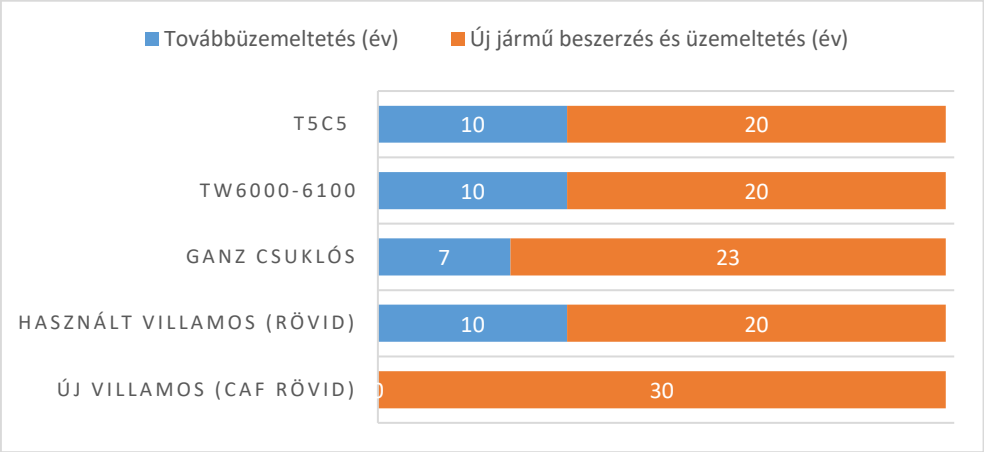
A járműfejlesztések, illetve beszerzések már egymást helyettesítő cselekvési irányoknak tűnnek (ténylegesen komplementerek), és felvetődik, hogy melyik megoldás kerüljön alkalmazásra hosszabb távon. Egyértelmű, hogy ha a szolgáltatási minőség mind teljesebb körű javítására vonatkozó társadalmi (és részben tulajdonosi) szempontokat vesszük kizárólag figyelembe, akkor annak leginkább megfelelő megoldása az új járművek beszerzése. Ehhez azonban olyan jelentős beruházási forrásigény párosul, melynek vállalása rendkívül megterhelő és teljes körűen kivitelezhetetlen a hazai közúti vasúti hálózatokat fenntartó városok és még inkább a közszolgáltató társaságok számára, így leszögezhető, hogy a döntések kimenetelét alapvetően a pénzügyi források rendelkezésre állása determinálja (a beruházási ráfordítások mellett a felmerülő karbantartási és javítási költségek szintje is).

A pénzügyi hatások szempontját kiemelve 2017-ben elkezdtünk foglalkozni az ún. életciklus költség elemzéssel, amelynek célja az üzemeltetett eszközrendszer teljes üzemi élettartama alatt felmerülő költségek optimalizálása. A modell képes összevetni felújítási, nagyjavítási és beruházási változatokat a meghatározott üzemeltetési időszak alatt, különböző villamos típusokra vonatkozóan. Fontos leszögezni, hogy a modell kizárólag a járművek üzemeltetési és fenntartási input adatait felhasználva elemzi a beruházási döntések hatását és nem vizsgálja a döntési változatok járműveken kívüli eszközrendszerekkel való összefüggéseit (tehát

a rendelkezésre álló vonali infrastruktúra rendszer korlátozó műszaki állapotával, vagy a járműüzemeltetést kiszolgáló járműtelepeket érintő beruházási intézkedésekkel nem számol). Az egyes változatok összehasonlításához azonos referencia-időszakra kell vetíteni a felmerülő ráfordításokat, mely célszerűen a beszerezhető új jármű teljes hasznos élettartamában (30 év) került meghatározásra. Az összehasonlíthatóság érdekében a modell „egységjárműre" vetítetten készült (az egység jellemzője: 180 férőhely), minden járműtípus kapacitásarányosan került figyelembe vételre, az életciklus költség 1 jármű férőhelyre került meghatározásra, az évek költségadatai nettó jelenérték-számítás módszertanával kerültek diszkontálásra, illetve a referencia-időszak végén a járműcserét követő, még meglévő maradványérték levonásra került az összköltségből. A műszakilag szóba jöhető beavatkozási intézkedések (a 2017-es adatok szerint):

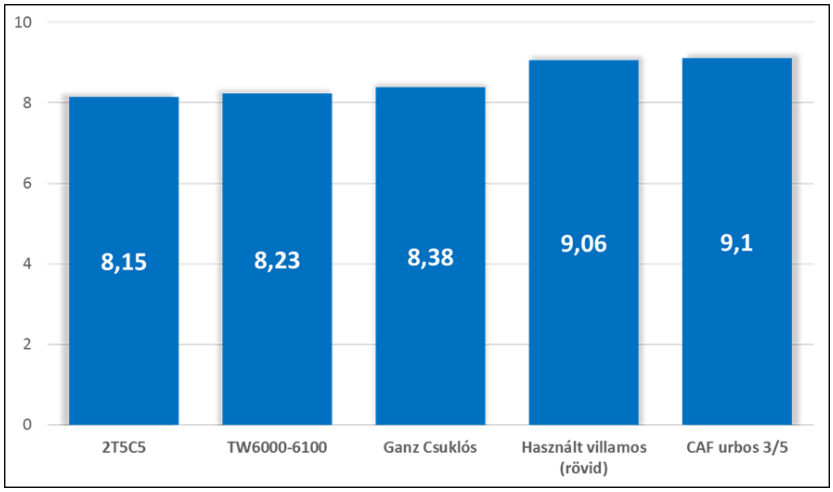
- Csatolt Tatra jármű – 2 db T5C5 (2017. december 31-i átlagos életkora 36 év); műszaki döntés alapján korszerűsítést kap; a modellben feltételezett továbbüzemeltetése 10 év; 11. évben csere új járműre.
- TW6000-6100 (2017. december 31-i átlagos életkora 40 év) – műszaki döntés alapján felújítást kap; továbbüzemeltetése 10 év; 11. évben csere új járműre.
- Ganz csuklós (2017. december 31-i átlagos életkora 45 év) – felújítást már nem kap; továbbüzemeltetése 7 év; 8. évben csere új járműre.
- Használt jármű beszerzése (alacsonypadlós korszerűbb jármű, 20 éves átlagos életkort feltételezve) – honosítás szükséges, 10 éves üzemeltetéssel kalkulálva; 11. évben csere új járműre.
- Új jármű beszerzése (a modellben CAF5) – 30 éves üzemeltetéssel; a jármű ciklusrend szerinti összes karbantartást és nagyjavítást megkapja, referencia jármű alapján kalkulálva az életciklus költségeket.

Az intézkedési verziókat a 6. ábra foglalja össze.



6. ábra: Egyes villamos járműtípusok lehetséges üzemeltetési időtartama, BKV Zrt.

A rögzített üzemeltetési, felújítási és járműcsere verziók kapcsán, a 30 éves időtávban felmerülő ráfordítások nettó jelenértékét a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra: Üzemeltetési és járműcsere döntések kapcsán felmerülő ráfordítások 1 férőhely-kilométerre vetített nettó jelenértéke (millió Ft), BKV Zrt.

A figyelembe vett adatok alapján, 30 éves időtávot figyelembe véve a kalkulált életciklus költségek fajlagos értékei szerint a csak járműbeszerzésekkel kalkuláló változatok költségesebb megoldást jelentenek, ugyanakkor nyilvánvalóan a megvásárlásra kerülő korszerűbb villamosok utaskiszolgálási jellemzői (szolgáltatási színvonal javítása), üzemkészsége, megbízhatósága (műszaki rendelkezésre állása) és környezetterhelése sokkal kedvezőbb, mint a régebbi járműtípusoké.

A villamos járműpark értékelése és a járműállomány fejlesztési igényeinek meghatározása során az alábbi sajátos tényezőket is szükséges figyelembe venni:

- a közel egyidőben, nagyobb darabszámban beszerzett járművek egyidejűleg öregednek, és érik el a tervezett élettartamot,
- a beszerzések jellemzően nem ütemezetten történnek, így az eszközpótlások nem tudják lekövetni az igényeket, attól jelentősen elmaradnak, eltérnek,
- a beruházási források korlátossága miatt az élettartam- és komfortnövelő felújítások a műszaki igényeknél kisebb darabszámban kerültek elvégzésre az elmúlt időszakban,
- a fővárosi hálózatfejlesztési elképzelések jellemzően egyidejűleg járműigénnyel is párosulnak, ennek figyelembe vétele szükséges már az előkészítés során,
- ugyanakkor a hálózatfejlesztési programok kiszámíthatatlansága járműüzemeltetési bizonytalanságokat is okoz (a gördülő állomány beszerzésének csúszása, elmaradása tervezhetetlenné teszi a jelenlegi járműpark fenntartási, fejlesztési tevékenységeit is).

A gyakorlatban a járműüzemeltető mozgástere behatárolt. Az új járművek beszerzéséhez, és a kapcsolódó komplex infrastrukturális felújítások, rekonstrukciók végrehajtásához szükséges források hiánya miatt elengedhetetlen a villamosok kényszerű továbbüzemeltetése a tervezett élettartamon (30 év) túl, azonban annak műszaki feltételrendszere nem volt korábban egyértelműen és objektív módon meghatározható. A probléma kezelésére kidolgozásra került a hasznos élettartam növelését objektív alapokon vizsgáló „Tudományos alapú Továbbüzemeltetési Protokoll” (TTP). A TTP célja, hogy az életkorukat jelentősen meghaladó eszközök esetében a továbbüzemeltethetőség egy tudományos alapon kidolgozott – mérésen, értékelésen és ezek eredményeihez kapcsolódó döntésen alapuló – objektív vizsgálati módszertan szerint kerüljön meghatározásra. A kidolgozott rendszer felhasználásával az üzemeltetőnek lehetősége van arra, hogy a hasznos élettartamukat meghaladó eszközök esetében elvégzett speciális vizsgálatot (a járműveken végzett különböző mérések) követően, annak eredményeit értékelve az alábbi lehetőségek szerint üzemeltesse tovább az adott eszközt:

1. A jármű a vizsgálat eredményeinek ismeretében további beavatkozás nélkül tovább üzemeltethető 2, vagy 3 éves időtartamra (a mérési eredmények nem érik el a beavatkozási, kritikus értéket).
2. A jármű a vizsgálat eredményeinek ismeretében meghatározott beavatkozások elvégzését (bizonyos alkatrészek, elemek cseréje, megerősítése) követően továbbüzemeltethető a vizsgálat által megállapított 2, vagy 3 éves időtartamra (a mérési eredmények elérik, vagy meghaladják a beavatkozási, kritikus értéket).
3. A jármű a vizsgálat eredményeinek ismeretében tovább nem üzemeltethető, mert az elvégzendő beavatkozások végrehajtása nem gazdaságos.

E lehetőségek kihasználásával optimális esetben néhány évvel meghosszabbítható a jelenlegi túlkoros, az elvárásoknak már csak részben megfelelő járműállomány, azonban mindezek eredményeként sem biztosítható maradéktalanul az elvárt szintű, versenyképes szolgáltatás. 2015. és 2019. között 461 db átfogó TTP vizsgálat került végrehajtásra a villamos járműállományt érintően.

3.1 Új jármű beszerzési lehetőség

Az új járművek ütemezett beszerzésével megvalósítandó célkitűzések közé tartoznak az optimális járműéletkor eloszlás, a megbízható működés, a költséghatékony üzemeltetés, a környezettudatosság, az energiahatékonyság, az utazási komfort, az elérhetőség, illetve a korszerű utastájékoztatás minél magasabb színvonalú elérése, biztosítása.
Az új járművek elvárt jellemzői kapcsán a megfogalmazásra kerültek olyan egyértelmű kritériumok, melyek figyelembe vétele elengedhetetlen. Ezek közül néhány:

- akadálymentesített (100%-ban alacsonypadlós, vagy szintben elérhető) utastér,
- a jármű teljes hosszában végig járható, úgynevezett „egyterű” kialakítás,
- alacsony karbantartási igény,
- fedélzeti intelligens forgalomirányító és utastájékoztató rendszer megléte,

- ülőhely / állóhely arányának eltolása a magasabb ülőhely szám felé, ergonómiai szempontok figyelembe vétele, jó térkihasználás, kellemes és modern anyagok használata,
- szellőzés, légkondicionálás és utastér fűtés biztosítása,
- a jármű aktív és passzív személybiztonságának fokozása.

Fontos célkitűzés a villamos flotta átlagéletkorának csökkentése, vagy legalább szinten tartása, melyet csak ütemezett járműcserékkel lehet biztosítani. A közelmúltban elindult egy járműbeszerzési folyamat a Fővárosban, mely remélhetőleg folytatódni fog a jövőben és ezáltal enyhíti a villamos ágazat üzemeltetési nehézségeit is.
2012. decemberben aláírásra került a „Budapesti villamos- és trolibusz-járműfejlesztés I. ütem" elnevezésű projekt megvalósításához szükséges forrásokat biztosító európai uniós támogatási szerződés és 2014 márciusban megkötésre került egy kezdetben 37 darab új CAF villamos szállítására vonatkozó szerződés. 2014. áprilisában a kormány úgy döntött, hogy a korábbi tervekhez képest újabb 10 darab villamos beszerzéséhez 3,5 milliárd forint többlettámogatást nyújt Budapest és a BKK részére, a „Budapesti villamos- és trolibusz-járműfejlesztés" projekt uniós támogatási arányának változatlanul tartásával. 2015-ben és 2016-ban leszállításra került a 47 db új, CAF Urbos3 típusú villamos (12 db 56 méter hosszúságú jármű és 35 db 34 méter hosszúságú jármű). A villamosok utastere nyáron légkondicionált, télen fűtött, valamint kamerákkal is felszerelt, teljes hosszukban alacsonypadlósak, és átjárhatók. Az érintett járatok megállóhelyei is átépítésre kerültek, hogy lehetővé váljék a lépcsőmentes belépés a járművekbe. A járműbeszerzéshez kapcsolódva 3 telephely (Hungária, Száva, Budafok) részlegesen, vagy utóbbi esetében teljes körűen felújításra került. A BKK Zrt. úgy kötötte meg a Szállítási Szerződést, hogy 2021. májusig még további 77 darab villamos megrendelése lehetséges a szükséges források rendelkezésre állása esetén (bkk.hu).
Az 1846/2017. (XI. 14.) Kormány határozat révén biztosítottá vált további 26 db (21 db rövid és 5 db hosszú) CAF villamos leszállításának fedezete, a megrendelés 2017. december 29-én kiadásra került. A villamosok gyártása elindult, jelenleg már 5 darab jármű megérkezett Budapestre.
Mind a közlekedésszervező BKK Zrt., mind a járműüzemeltető, közszolgáltató BKV Zrt. érdekelt abban, hogy amennyiben rendelkezésre áll a szükséges forrás, a szállítási szerződés szerinti opcionális CAF mennyiségből még hátralevő 51 db villamos megrendelése megtörténjen. Az új járművek beszerzésével egyidejűleg a jelenlegi járműállomány tovább „frissíthető", tehát párhuzamosan újabb korszerűtlen villamosok fokozatos kivonása történhet meg.

Emellett azonban nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy az új járművek beszerzése a kapcsolódó infrastruktúra átalakítási igényével is együtt jár. A korszerű alacsonypadlós villamosok közlekedtetéséhez és a járműbeszerzés céljainak teljes körű eléréséhez az alábbi infrastruktúra feltételek végrehajtására van szükség:

- Vasúti pálya és peronok: A vasúti pályák használatát előírások szabályozzák, amennyiben egy-egy pályaszakasz nem teljesíti az előírt követelményeket, a szerelvények közlekedtetése csak korlátozásokkal engedhető meg. A pálya megfelelő állapota különösen fontos kritérium, szükséges feladat az alacsonypadlós járművek karbantartási igényeit jelentősen megnövelő pályahibák felszámolása. Az akadálymentes közlekedéshez a hagyományos megállóhelyeket át kell alakítani.
- Vasúti biztosító- és jelzőberendezések felújítása: Segítségükkel biztosítható az újonnan beszerzett villamosok üzemszerű, biztonságos közlekedtetése (például automatikus, jármű-vezérelt váltóállítási lehetőség megteremtésével).
- Áramellátási berendezések felújítása: Az energiaellátó hálózatot alkalmassá kell tenni a jelentős segédüzemi energiaigénnyel rendelkező villamosok üzemszerű kiszolgálására és az energia visszatáplálás kezelésére.
- Kocsiszíni infrastruktúrafejlesztés: A járműbeszerzéshez kapcsolódva meg kell oldani az új villamosok tárolását és javítási-karbantartási feladatait, tehát biztosítani kell a megfelelő kocsiszíni infrastruktúrát. A BKV Zrt. üzemeltetésében lévő villamos telephelyek többsége felújítás, átalakítás nélkül nem alkalmas a járművek fogadására sem az általános állapota, sem a változó technológiai igények miatt.

A kocsiszíni kapacitások szempontjából alapelvként rögzíthető, hogy az új járműveket célszerű koncentráltan elhelyezni mind tárolás, mind üzemeltetési hatékonyság szempontjából, illetve azért, hogy minél kevesebb kocsiszínben kelljen jelentősebb beruházásokat megvalósítani a beszerzéshez kapcsolódóan. Ezt az elvet azonban nehéz összeegyeztetni azzal a szolgáltatási elvárással, hogy az alacsonypadlós járművek egyre nagyobb térségi lefedettséget biztosítsanak és a lehető legtöbb viszonylaton jelenjenek meg (ugyanakkor az utasszállítás szempontjából veszteségként jelentkező rezsifutások mégis minél alacsonyabb szinten jelentkezzenek).

3.2 Használt jármű beszerzési lehetőség

2015. és 2018. között összesen 14 db TW6100 típusú használt villamos beszerzése és forgalomba állítása történt meg. A beszerzéssel párhuzamosan lehetőség nyílt nagyjavítást még nem kapott, nagyon magas futásteljesítménnyel rendelkező járművek állományból történő kivonására.

Az újgyártású járművek intenzív beruházási költsége miatt szükséges vizsgálni további használt villamosok beszerzési lehetőségeit is. A piackutatás során fellelt használt villamosokkal szembeni alapvető elvárások:

- műszaki paraméterei megfelelnek a budapesti vonalhálózat sajátosságainak,
- gazdaságosan alkalmassá tehetők a budapesti üzemeltetésre,
- kellő üzemidő tartalékkal rendelkeznek,
- jelentős műszaki színvonal emelkedést jelentenek,
- megfelelő mennyiségben érhetőek el (minimálisan legalább 20 darabból álló flotta megvásárlása).

A budapesti közúti vasúti vonalhálózat „szűk keresztmetszete”, hogy bizonyos szakaszokon csak keskeny kocsiszekrénnyel rendelkező (2300 mm), alacsony tengelyterhelésű villamosok közlekedtethetők. Ezekre a vonalszakaszokra jelenleg csak a járműállomány legrégebbi típusának számító Ganz csuklós (ICS és KCSV7) járművek adhatók ki korlátozás nélkül, ez a tény korlátozza a flotta megújításának további lehetőségeit. Ennek okán a használt járműbeszerzés elsőszámú célkitűzése a megfelelő szélességű és tengelyterhelésű, illetve alacsonypadlós villamosok megvásárlása és forgalomba állítása. Ezenfelül természetesen számos további műszaki feltétel is meghatározásra került, melyek a terjedelem szűkössége miatt nem kerülnek részletesen ismertetésre.

A közelmúltban végzett piackutatás során sikerült feltárni néhány olyan várost, ahol a közeljövőben várhatóan sor kerülhet használt, alacsonypadlós, keskeny kialakítású villamosok kivonására. Ezek jellemzőit az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: Használt járműbeszerzésre vonatkozó piackutatás eredménye, BKV Zrt.

	Járműtípus	Flotta	Üzemeltető város	Eredmény	Megjegyzés
1.	BN 11G, 12G	45 db	Amszterdam (GVB)	részben megfelel	11G – minimálisan eltér a kritériumoktól, további vizsgálata indokolt lehet. 12G – egyirányú villamos.
2.	GT6N-ZR	45 db	Berlin (BVG)	részben megfelel	Kisebb eltérések a követelményektől, csak 2026-ban.
3.	M8C, M8D	60 db	Bielefeld (MoBiel)	nem felel meg	Járművek nyomtávja 1000 mm.
4.	Duewag R1.1	24 db	Bonn (SWB)	megfelel	-
5.	AEG GT8N	77 db	Bréma (VBN)	nem felel meg	A járművek egyirányúak.
6.	T2000	51 db	Brüsszel (STIB-MIVB)	részben megfelel	Kisebb eltérés a meghatározott paraméterektől, vizsgálata ajánlott.
7.	Duewag GT10	45 db	Duisburg (DVG)	részben megfelel	A járműpark átlagéletkora (túl) magas.
8.	MAN-DUEWAG M8	n.a	Essen (Ruhrbahn)	nem felel meg	Járművek nyomtávja 1000 mm.
9.	Duewag R-Wagen	38 db	Frankfurt (VGF)	megfelel	-

A táblázat alapján jelenleg Frankfurtban és Bonnban üzemelnek olyan alacsonypadlós járműállományok, melyek néhány éven belül értékesítésre kerülhetnek, és egyben korlátozás nélkül alkalmasak lehetnek a budapesti villamos hálózaton való közlekedtetésre (Frankfurttal már megtörtént a kapcsolatfelvétel).

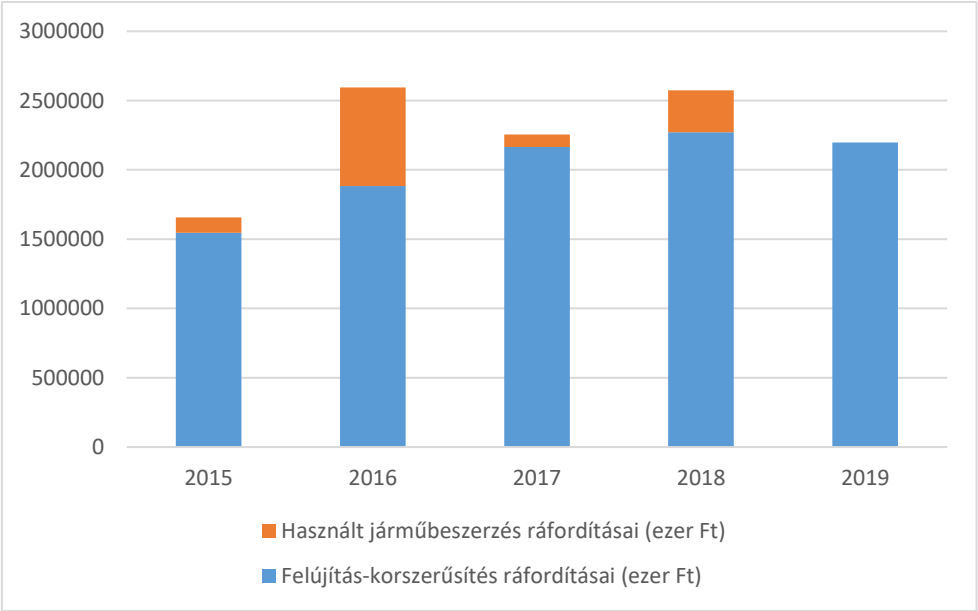
3.3 A jelenlegi járműpark fejlesztési irányai

A nagyjavítások kapcsán figyelembe kell venni, hogy azok hatásossága csak ideiglenes, hiszen a járművek korosságát csak egyre növekvő ráfordítások mellett, egyre kisebb hatékonysággal lehet kompenzálni ezekkel a beavatkozásokkal (nem is beszélve a pénzügyi forráshiány miatt halasztásra kerülő karbantartási ciklusok halmozódó elmaradásairól). A tervezett élettartamon túli üzemben tartással az üzemeltetési kockázatok növekednek, többletráfordítás-igény jelentkezik, valamint az elavult technikai színvonal, a kedvezőtlen energia hatékonyság, az alacsony utazási komfort szint (kényelem, zaj, légkondicionálás hiánya, stb.)

állandósul. A helyzet kezelésére részleges megoldást jelenthet, ha az ütemezett nagyjavítások kiegészülnek bizonyos fejlesztési, korszerűsítési lépésekkel is, melyek egyrészt a járművek hasznos élettartamát növelik, másrészt az utazási komfortot, illetve az üzemeltetési hatékonyságot javítják. A tovább üzemeltetendő villamosok felújítása, korszerűsítése kapcsán az alábbi konkrét intézkedések fogalmazódtak meg:

- fűtésrendszer korszerűsítés – a Ganz-csuklós villamosokon fűtési rendszer kiépítése, a Tatra villamosokon áttervezésre és automatizálásra került a fűtésrendszer,
- ajtóműködtetés korszerűsítés – a szelektív ajtóvezérlés kiterjesztése, melynek következtében az utastér kisebb energiafelhasználással fűthető vagy hűthető, a záródó ajtók közé utas-beszorulást megakadályozó műszaki megoldások fejlesztése,
- a nyitható ablakfelületek méretének növelése – az utastér szellőzésének javítása annak érdekében, hogy az átmeneti időszakokban (tavasz-ősz) ne alakuljon ki üvegházhatás a járműben,
- utastérfigyelő kamerák elhelyezése a járműveken – a közlekedés biztonságának fokozása érdekében megkezdődött a Tatra villamosok utastéri kamerákkal való ellátása,
- a graffitik okozta károk visszaszorítása – a villamosok belső üvegfelületeinek karcolásvédő fóliával való ellátása, folyamatosan végzett graffiti-mentesítés,
- a rongálásnak ellenálló, könnyen cserélhető elemek alkalmazása (például az ülések ülő- és hátlapjain rongálás álló szövet kárpitozás alkalmazása),
- klíma, szellőztetés – Tatra és TW6100 prototípus járművön klímabeépítés az utazási komfort és a járművezetői munkakörülmény javítása érdekében,
- utastájékoztatás – a FUTÁR rendszer telepítésével minden járművön megújult a vizuális és hangos fedélzeti tájékoztatás,
- világítás - az energiafelhasználás, valamint a fenntartási költségek mérséklése érdekében LED világítóelemek, fényforrások telepítése,
- jegyérvényesítő készülékek - elektronikus berendezések telepítésével a mechanikus jegykezelők számának csökkentése,
- csúszásmentes, egységes padlóburkolatok alkalmazása,
- a járművezetői komfort javítása - könnyen kezelhető funkcionális berendezések és kezelőrendszerek (például ajtók vezérlése) beépítése,
- a kerékpár-szállítási feltételek megteremtése elsősorban a hegyvidékre közlekedő villamos járműveken.

A közúti vasúti személyszállító állomány felújítására és korszerűsítésére fordított ráfordítások volumenét (BKV Zrt.) a 8. ábra szemlélteti. Az adatok szerint az elmúlt 3 évben sikerült évről-évre közel azonos nagyságrendű, 2 milliárd forintot meghaladó beruházási forrást felhasználni a villamos járműállomány felújítására és fejlesztésére (egyes években az adatok a kis darabszámú használt jármű beszerzés ráfordításait is tartalmazzák).



8. ábra: A villamosok felújítások, korszerűsítések és a használt járműbeszerzések ráfordításai

4. Kiszolgáló infrastrukturális létesítmények (telephelyek)

A villamosok üzemeltetésben meghatározó szerepet játszanak a rendelkezésre álló járműtelephelyek. A BKV Zrt. villamos állományának üzemeltetése, karbantartása jelenleg 9 kocsiszín igénybe vételével történik (a 10. telephely a fogaskerekű járművek tárolását, üzemeltetését végzi). A budapesti villamos közlekedés hatékonysága, a viszonylatok gazdaságos kiszolgálása és minél kisebb zavarérzékenysége szempontjából fontos, hogy a feladat ellátásához megfelelő számú és felszereltségű, a vonalhálózathoz jól illeszkedő területi eloszlású kocsiszín álljon rendelkezésre.

A kocsiszínek jellemzően az 1870. és 1913. évek között épültek, azaz mára már 100-150 évesek. Egy részüket többször is felújították, mindig az éppen aktuális igények és lehetőségek figyelembevételével. Működésük, működtetésük a vonatkozó előírásoknak megfelel, így a budapesti villamos kocsiszínek mindegyike rendelkezik érvényes működési engedéllyel. A kocsiszínek jelenlegi tárolási kapacitását a 6. táblázat ismerteti (a járműtípusok egységjármű méretei: T5C5 jármű - 1 egység, ICS (KCSV7), TW6000, CAF rövid - 2 egység, Combino, CAF hosszú - 4 egység), a fogaskerekű járművek telephelye nélkül.

6. táblázat: A budapesti villamos kocsiszínek tárolókapacitása

Kocsiszín	Hasznos tároló kapacitás (egységjárműben)
Hungária	166 db
Száva	160 db
Zugló	87 db
Angyalföld	150 db
Baross	100 db
Szépilona	80 db
Kelenföld	80 db
Budafok	106 db
Ferencváros	140 db
Összesen	**1069 db**

A kocsiszínek egységjárműves tároló kapacitása csak nagyvonalú összehasonlításra alkalmas. Azt, hogy a különböző villamos típusból ténylegesen mennyi helyezhető el biztonságosan egy adott kocsiszínben, minden esetben a pontos járműméretek, szerelvény hosszok és a technológiai, műszaki adottságok figyelembe vételével lehet, illetve kell meghatározni.

A járműtelepek műszaki állapota átlagosnak tekinthető. Nagyobb beavatkozásokra leginkább akkor kerül sor indokolt módon, ha egy teljesen új járműtípus jelenik meg a flottában, vagy nagyobb darabszámú használt jármű (pl. TW6000) beszerzése történik meg. Ilyen indíttatásból történt a közelmúltban Hungária és Száva kocsiszínek részleges felújítása, vagy Budafok telephely teljes körű felújítása, átépítése is (a CAF villamosok beszerzéséhez kapcsolódóan). Az összes kocsiszín esetében megemlíthető, hogy az üzemeltető évről-évre próbál azok műszaki állapotán javítani (például nyílászáró cserék, fűtéskorszerűsítés, tetőszerkezet és falazat javítás stb.). A telephelyek közül különböző szempontok alapján kettő kerül kiemelésre és bemutatásra a következőkben.

4.1 Ferencváros kocsiszín

A kocsiszín épülete 1905-ben készült el, és 1912 óta komolyabb felújítás nélkül üzemel. Az épület és a vágányhálózat műszaki állapota leromlott, a telephelyen évtizedek óta csak minimális mértékű állagmegóvás történik. A kocsiszín használhatóságát befolyásolja, hogy 2300 mm-nél szélesebb jármű befogadására csak korlátozottan alkalmas. Műszaki jellemzői mellett a jogi helyzete is problematikus, összességében a tulajdonjogi helyzete rendezetlen, emiatt Ferencváros kocsiszín felújításával egyelőre nem lehet számolni. A telephely által kiszolgált villamos vonalak (2-es vonal és a pesterzsébeti térség) szempontjából ideális helyen helyezkedik el, valamint az ingatlanon egy muzeális védettséget élvező áramátalakító is üzemel. A kocsiszín szerepe egyelőre tartósan nem váltható ki, ugyanakkor kérdéses a jövőbeni sorsa.

4.2 Budafok kocsiszín

A XI. és a XXII. kerület határán, a Fehérvári út déli végén található Budafok kocsiszín 1899-ben épült a BBVV (Budapest-Budafoki Helyiérdekű Villamos Vasút) számára. A BBVV vonalai 1963-ban kerültek át végleg a villamosüzem kötelékébe, ekkortól a Budafok kocsiszín villamosokat üzemeltet. Hosszú története alatt a kocsiszínt több alkalommal bővítették, de a telep funkcionális rendszere bonyolulttá és nehezen áttekinthetővé vált. Az épületek állapota általában rossz volt, felújításukat nem lehetett volna gazdaságosan elvégezni. A vágányhálózat a korábbi HÉV igényeit tükrözte, az eltúlzott méretű váltók rengeteg helyet foglaltak el. A telepet nem lehetett körbejárni villamossal, vagyis az üzemeltetési folyamat elemeinek (napi vizsga, mosás stb.) elvégzését csak többszörös irányváltással, tolatással lehetett teljesíteni. (bkk.hu)

A CAF villamosok beszerzéséhez kapcsolódva 2016. és 2018. között teljesen átépült a kocsiszín. A járműtelep nagy részét elbontották, helyén teljesen új vágányhálózat, valamint több új csarnok és irodaház épült. Az átépítést követően a villamosok már két oldalról is beállhatnak a telepre. A vágánykapcsolatokat átalakították, egyszerűsítették, valamint a Forgalmi utcai deltavágányt (a 41-es villamos korábbi végállomását) bekötötték a kocsiszín vágányhálózatába. Ezáltal lehetővé vált a telep szalagszerű használata: a technológiai berendezések egy hurokszerű vágányon helyezkednek el, ahol a villamosok irányváltás nélkül haladhatnak végig. A járművek javítására és a napi vizsgálatok lebonyolítására egy-egy csarnok épült, kiszolgáló műhelyekkel és raktárakkal. A felsővezeték nélküli, darus javítócsarnokban két vágányon lehet megemelni a járműveket, egy további vágányon pedig aknák és állványok segítségével a villamos valamennyi részén elvégezhetik a szükséges alkatrészcseréket, javításokat. A telepen korszerű, oldal- és homlokfali mosást is lehetővé tévő mosóberendezés épült, amely a keletkező szennyvizet szinte teljes egészében újrahasznosítja. Új fényezőkonténer is létesült, melynek segítségével a járműüzemeltető elvégezheti a sérült alkatrészek felületkezelését. A régebbi épületek közül a korábban raktárként funkcionáló III. számú csarnok, valamint egy lakóház maradt meg. (bkk.hu)

Konklúzió

A BKV Zrt. versenyképességének, illetve a szolgáltatási színvonal javítása érdekében elengedhetetlen a meglévő villamos állomány cseréjének folytatása. Hosszútávon csak így biztosítható a korszerű eszközökkel történő hatékony, energiatakarékos, környezetkímélő, a társadalmi és tulajdonosi elvárásoknak megfelelő, biztonságos üzemeltetés.

Mivel ez a folyamat jelentős mértékű beruházási igénnyel jár, ezért csak ütemezetten hajtható végre és párhuzamosan egyéb színvonaljavító intézkedések lehetőségeit is vizsgálni szükséges, mint például az előzetesen meghatározott műszaki kritériumoknak megfelelő használt járművek beszerzése, illetve a rendelkezésre álló közúti vasúti járműállomány főjavításaival egyetemben elvégezhető korszerűsítési, fejlesztési megoldások.

A járműüzemeltetési tevékenység kapcsán kiemelten fontos a rendelkezésre álló kapacitások megfelelő kihasználtságának és a gazdasági hatékonyság folyamatos figyelemmel kísérése és vizsgálata, a cselekvési irányokat meghatározó döntési alternatívák elemzése.

A rendszer fontos részét képezik a kiszolgáló telephelyek, melyek fejlesztési szükségességét is figyelembe kell venni (a vonali infrastruktúra hálózattal egyetemben) a járműállományt érintő egyes döntésekhez kapcsolódóan.

Irodalomjegyzék

[1] United Nations: The World's Cities in 2018, Data Bookled, https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf (2020.2.2.)
[2] UITP: Light Rail and Tram: The European Outlook, Statistics Brief, 2019. november, https://www.uitp.org/light-rail-and-tram-european-outlook
[3] Eurogroup Consulting: Trams at the heart of the 21st century metropolis, 2019. július 2. www.eurogroupconsulting.com/en/news/publications
[4] Legát T. (2018): Közlekedik a Főváros. Scolar kiadó, Budapest
[5] UITP International Light Rail Committee (2014): Light Rail Statistics Report. Oradea
[6] Villamos járműstratégiai cselekvési terv 2018-2028, BKV Zrt., 2018. május 31.
[7] https://bkk.hu/fovarosi-fejlesztesek/fejlesztesek-a-kozossegi-kozlekedesben/

A hagyományos és a modern értékesítési csatornák szerepe a vasúti személyszállításban

Dr. Tóth-Maros Dániel

MÁV-START Vasúti Személyszállító Zrt.
telefon: 30/819 1385
e-mail: toth-maros.daniel@mav-start.hu

Kivonat: A vasúti értékesítés csatornáinak szerepét időszerű áttekintenünk, mert információkat kaphatunk az utasok igényeinek, szokásainak változásáról. Az állandóságot megtestesítő vasúti pénztár mellé dinamikusan fejlődő új értékesítési csatornák zárkóznak fel, ezek nem a pénztár helyett, hanem azt kiegészítve járulhatnak hozzá az utasok kiszolgálásához.

Kulcsszavak: vasúti személyszállítás, vasúti értékesítés, jegypénztár, jegykiadó automata, online értékesítés, mobilapplikáció, tarifa, kedvezmény

Bevezetés

Nagyszüleink egy nagy utazás előtt kétszer látogattak ki a pályaudvarra: első alkalommal megvették a jegyeket, egy későbbi alkalommal pedig utaztak. Mennyi időt szánnak utasaink ma a jegyvásárlásra?

Még húsz évvel ezelőtt is természetes volt, hogy minden vasútállomáson, az év minden napján nyitva volt a pénztár, ma egész vasútvonalak működnek pénztári értékesítés nélkül. Mi változott? Helyettesíthető-e géppel egy jól képzett pénztáros?

Ebben az írásban az értékesítési csatornák térbeli és időbeli hozzáférhetőségének valamint a vasút versenyképességének a kapcsolatát vizsgálom. Az értékesítési csatornák fejlettsége kihat az alkalmazható díjakra és kedvezményekre is. A modern értékesítési csatornákkal együtt olyan új fogalmak, kihívások érkeztek a vasút életébe, mint az esélyegyenlőség vagy a személyes adatok védelme. A webes és a mobil applikációs értékesítést hogyan egészítheti ki az automata és a hagyományos pénztár? Mi a jövője a vonatfedélzeten történő értékesítésnek?

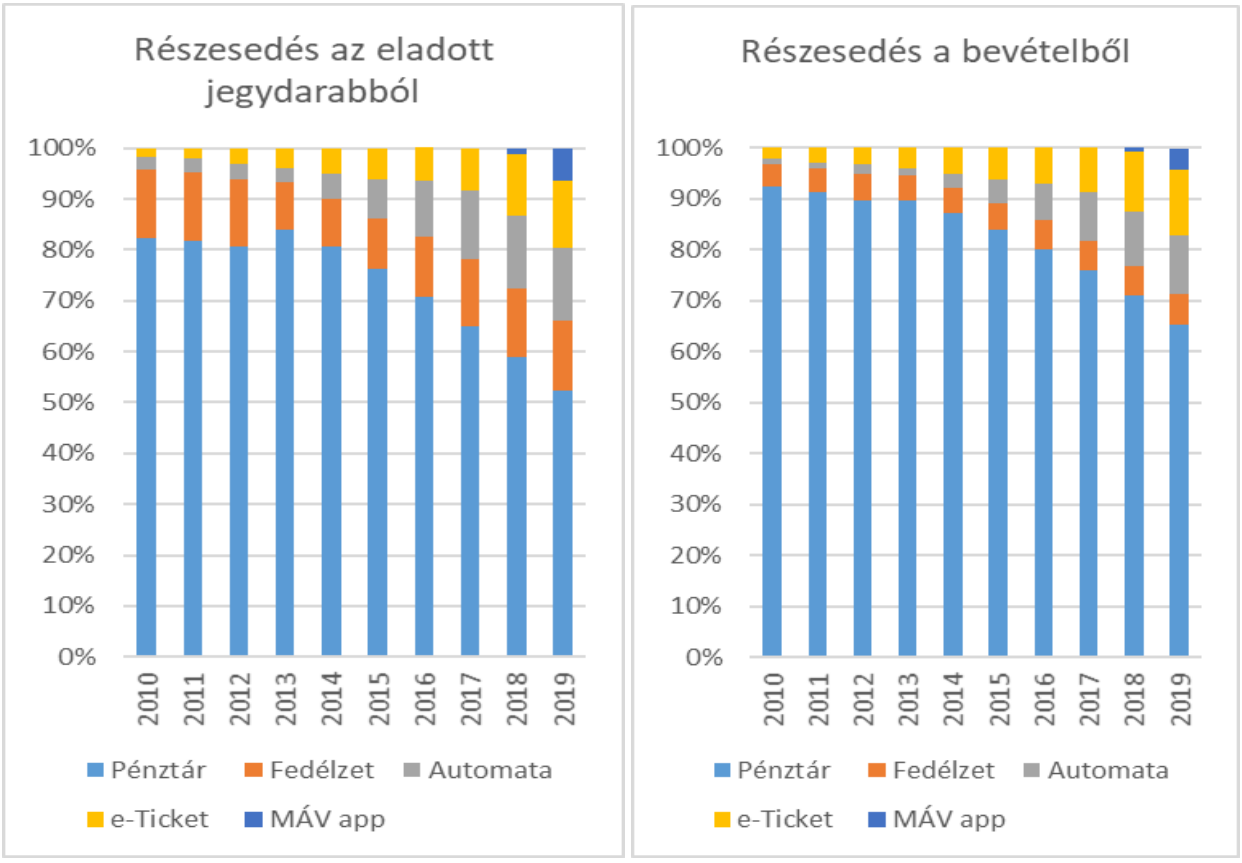
1. Trendek az értékesítési csatornák részesedésének alakulásában

Mielőtt az egyes értékesítési csatornák szerepét vizsgálnánk, fontos látnunk egy áttekintő képet az értékesítési csatornák részesedéséről. A lenti ábrán látható, hogy a változások folyamatosak, tartósak.

A pénztári értékesítés részaránya egy 10 éves adatsoron már szembetűnő mértékben csökken, ez a később bemutatásra kerülő okok miatt egyáltalán nem káros folyamat. A fedélzeti értékesítés közel állandó aránya viszont – szintén később kifejtendő okok miatt – figyelmeztető jel arra nézve, hogy a vasúti társaság talán még nem alakította ki az értékesítési csatorna-mix optimális összetételét, hiszen a bevétel közel 6%-a még mindig nem az utazás megkezdése előtt jegyet váltó utasoktól származik. A jegydarab-részesedés kimondottan magas, majdnem 14%-os aránya pedig arra enged következtetni, hogy a rövid távú utazások esetében a többi értékesítési csatorna – különösen a mobilapplikáció – számára itt még bőven akad növekedési potenciál.

A száraz tények kommunikációs értéke mindenképpen figyelemre méltó:

- az online értékesítési csatornák részaránya (jegydarabban) a tíz évvel ezelőtti 1,6%-ról az évtized végére az összes jegy egyötödére növekedett,
- a bevétel több, mint egytizede az automatából történő vásárlások során keletkezik – ez különösen az elterjedésük, a telepítési helyszínek számának alakulása fényében szép adat,
- a jegyeknek mostanra alig több, mint fele kerül pénztárból eladásra.



1. ábra: Értékesítési csatornák részesedése a MÁV-START Zrt-nél 2010-19 között

A fedélzeti értékesítés aránya az eladott jegyek darabszámában lényegesen nagyobb, mint a bevételből történő részesedése, ez arra enged következtetni, hogy ahol nagyobb távolságra utazók nagyobb számban jelentkeznek, ott a pénztári értékesítés elérhetősége megfelelő. Ugyanezek az utazók mintha konzervatívabbak lennének a rövidebb távolságra utazóknál, mert az automatánál és az applikációnál hasonló eltérést tapasztalhatunk. Fontos megjegyezni, hogy a vonatfedélzeten dolgozói bérlet nem kapható, csakúgy, mint az e-ticket rendszerben, ugyanez az applikációra a legutóbbi időkig volt igaz (2019 december óta érhető itt el a bérlet), ezek a nagyértékű jegyek tehát főként a pénztárnál és az automatáknál jelennek meg. A nemzetközi értékesítési teljesítmény szintén a pénztári csatorna részesedését erősíti, itt az online csatornák részesedésének növekedése a MÁV-START Zrt. elképzelései szerint 2020-ban indul be.

2. A hagyományos értékesítési csatornák

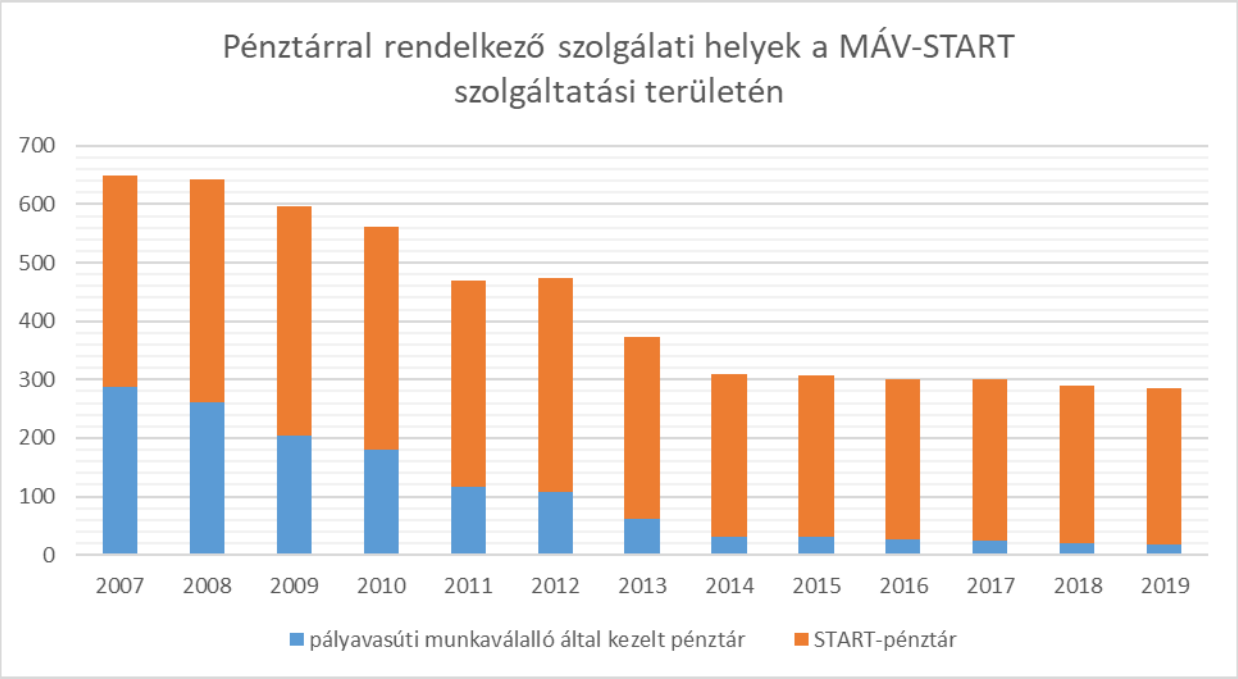
Feltétlenül hagyományos értékesítési csatornának kell tekintenünk a pénztárat. A bizományos és az ügynöki értékesítés különféle formái ugyan a magyar vasúti személyszállítás története során régóta velünk vannak, a közfelfogás mégis a vasúti társaság által, saját személyzete útján, saját helyiségében, saját eszközeivel végzett étékesítést érti ide, és terjedelmi okokból külön én sem foglalkozom az utazási irodákban, kiskereskedelmi egységekben stb. végzett vasúti jegyeladással. Ugyancsak hagyományos értékesítési csatorna a jármű fedélzetén, a – leggyakrabban – jegyvizsgáló által biztosított jegyvásárlási lehetőség. Ennek létjogosultsága attól a pillanattól megkérdőjelezhetetlen, hogy a vasút nem tudja az összes vonat összes megállási helyén biztosítani a földi értékesítést, ugyanakkor e megállapítás azt is sugallja, mintha a vonaton történő jegyvásárlás lehetősége a pénztárhoz képest mindig is másodlagos, kiegészítő lett volna.

2.1 A pénztár

Ma már nehéz elképzelni, mennyire összetett feladat volt a vasúti pénztári értékesítés akkor, amikor a pénztáros dolgozó képzettségén, pontosságán múlott a kiszolgálás színvonala és közvetlenül a vasutat megillető bevétel is, mert semmilyen korszerű technika nem segítette ezt a munkát. A szoros értelemben vett értékesítési tevékenységgel összemérhető mennyiségű és bonyolultságú munkafolyamat volt a pénztári készletkezelés (a készjegyek, félkész jegyek percíz nyilvántartása) és a bevétellel történő

manuális elszámolás. A MÁV-nál 1980-tól vizsgálták a jegykiadás gépesítésének lehetőségét, az első tíz „MAEF”-típusú gépet 1985-ben a Nyugati pályaudvaron helyezték üzembe. A pénztárak teljes gépesítéséhez végül csaknem három évtized kemény munkája kellett, végül a JÉ pénztári megoldás országossá válásával tűntek el az utolsó hagyományos pénztárak 2013-ban [1].

Pénztárhelyiség létesítése és fenntartása az utasok és a munkavállalók igényeinek változása miatt is egyre körülményesebb és költségesebb. A meglévő pénztárhelyiségek igényekhez igazítása ugyancsak erőforrás-igényes feladat. A pénztárral rendelkező szolgálati helyek számának alakulása természetesen összefügg az érintett állomások forgalomváltozásával valamint létszámhelyzettel is, de összefüggés mutatható ki az említett igényeknek megfelelő létesítmények biztosításával is. Két évtizeddel ezelőtt egyáltalán nem volt ritka, hogy a pénztárosnak az épületen kívüli űrgödrös „budi” jelentette az egyetlen lehetőséget, ha szólította a szükség, egy ilyen adottságú épületben ma már lehetetlen lenne a pénztárnyitás, pontosabban kérdéses, hogy a megfelelő foglalkoztatási feltételek kialakítása valaha megtérülne-e. A gépesített pénztári jegykiadás következményeként a potenciális pénztári szolgálati helyeknél ma már kizáró feltétel, ha az adatkapcsolat biztosítása nem vagy csak nagyon alacsony sebességgel biztosítható. Ma is vannak olyan állomások, ahol legfeljebb műholdas adatkapcsolattal lenne biztosítható az internet, és ez vezetett a pénztár felhagyásához.



2. ábra: Pénztárral rendelkező szolgálati helyek számának alakulása

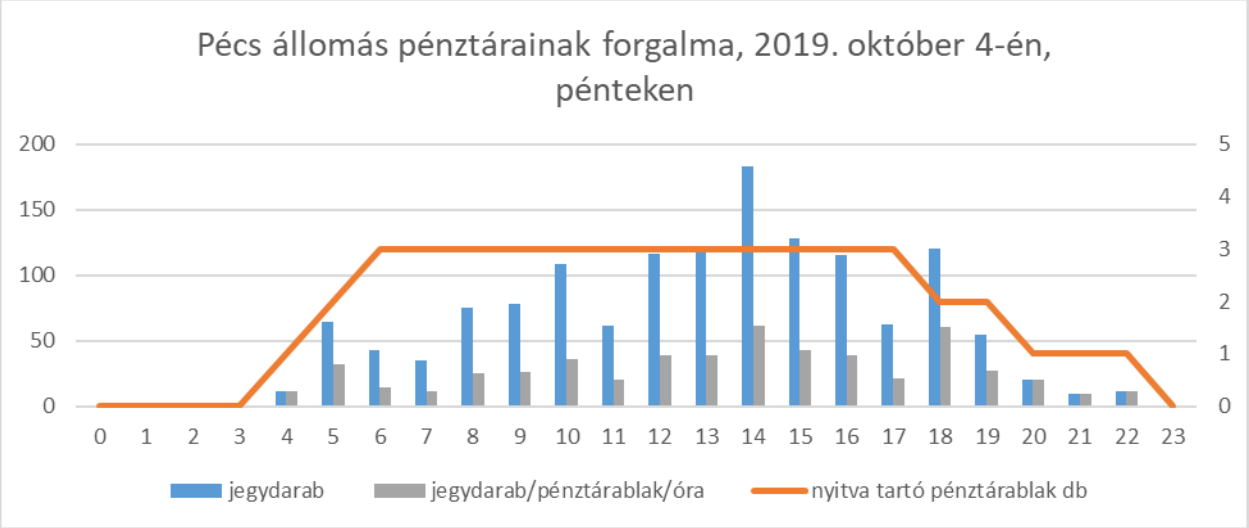
Néhány, ma már vasúttörténetbe kívánkozó tény magyarázza a fenti ábra oszlopait, néhány közülük kézenfekvő, néhány viszont talán kevésbé közismert:

- a vizsgált időszakban két hullámban történt több mellékvonal személyszállításának felfüggesztése, nem sok, de néhány tucat – elsősorban forgalmi szolgálattevő által kezelt – pénztár így szükségtelenné vált,
- a napi 2-4 pár vonattal, csökkentett közszolgáltatási megrendeléssel üzemelő vonalak mentén néhány év alatt ugyancsak teljesen leépült a pénztári értékesítés,
- a KÖFI kiépítése a nagyobb forgalmú vonalakon a forgalmi szolgálattevők, a fényorompók telepítése a kisebb forgalmú vonalakon a sorompókezelők (értékesítési szempontból: jegykiadó őrök) eltűnését eredményezte, ezek közül több szolgálati helyen a személyszállító vasútvállalatnak azt a döntést kellett meghoznia, hogy infrastrukturális vagy gazdasági okokból nem szervezi meg a saját munkavállalóval történő pénztári értékesítést,
- a hiedelmekkel ellentétben a jegyértékesítő automaták elterjedése egyetlen pénztár bezárását sem okozta közvetlenül; valójában több – elsősorban elővárosi megállóhelyen telepített – készülék mentesíteni tudta a vasúti társaságot attól hogy irreális erőfeszítések árán fenntartson egy-egy időszakosan nyitva tartó pénztárat, a munkavállaló pedig egy nagyobb állomásra került, ahol így biztosítható az egész napos vagy a forgalom változását lekövető nyitva tartás,

- a pénztárosok korfája még Magyarország korfájánál is drámaibb: a tipikus pénztáros 50-es éveiben járó nő, aki – megérdemelten – arra számít, hogy 40 év munkaviszony után nyugdíjba mehet; eközben évek óta nehézséget okoz pályakezdő fiatalokkal pótolni a nyugdíjba vonulókat.

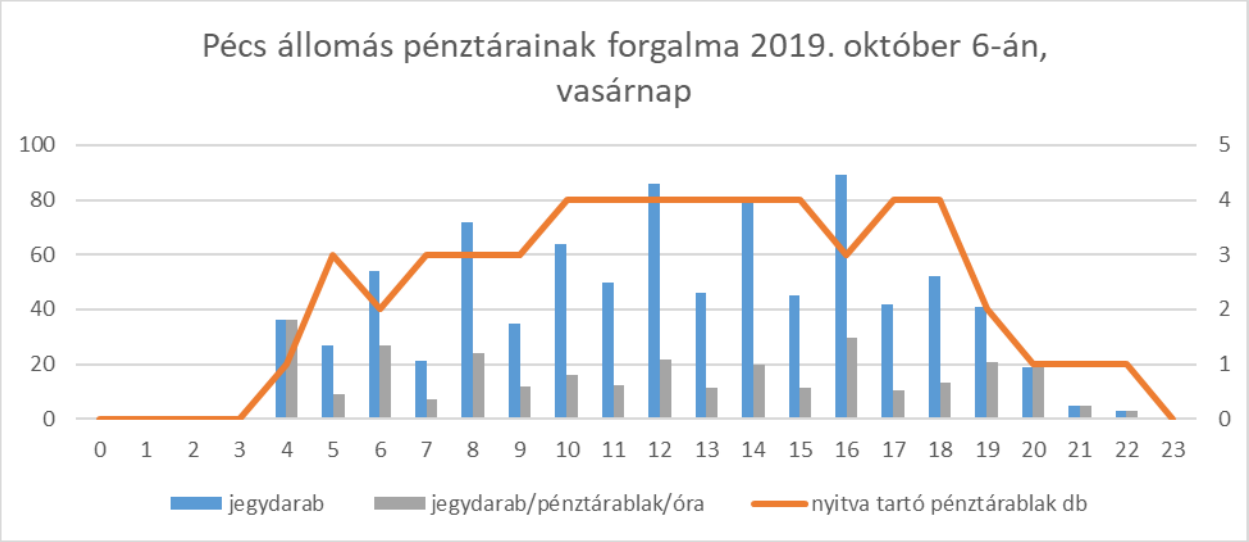
2.1.1 A pénztári értékesítés üzleti megközelítése: az utasok változó szokásai

Az elővételben váltott jegyek arányának és magának az elővétel időtartamának csökkenése a két legfontosabb, pénztárban is tapasztalható jele az utasok megváltozott igényeinek. A bevezetőben már említett régi szokás, az utazást több nappal megelőző pénztári jegyvásárlás visszaszorulóban van, ez azt jelenti, hogy a pénztárnál jelentkező utasok között is egyre nagyobb arányban jelennek meg, akik a lehető leghamarabb, a következő alkalmas vonattal utaznának. Az ütemes, kínálati menetrend közvetve ugyanezt a szokást erősíti, nem véletlenül: az egyéni közlekedéshez képest versenyhátrányt jelent, ha az utas egész napját az utazás köré kénytelen szervezni. A pénztári csatornára nézve mindez azt jelenti, hogy a forgalom szorosan igazodik az adott állomás vonatforgalmához, pontosabban a különösen nagyforgalmú vonatok indulása előtti percekben a leghosszabb a pénztári sor. Ez különösen azokon az állomásokon látványos, ahol az ütemes menetrendben a menetrendi „pókokból” közel egyszerre indulnak a vonatok az összes fontos irányba, majd – órás vagy kétórás ütemtől függően – 40 vagy 100 perces nyugalom vár az állomásra. Még látványosabb a pénztári forgalom lefutása azokon a vidéki állomásokon, ahol még most is jelentős a vasárnap Budapestre utazó egyetemi, főiskolai hallgatók száma. Pécsett például vasárnap délután egy pénztárosnak – nem is egynek, négynek – kis túlzással semmi más dolga nincs, mint minden két órában harminc percig megállás nélkül 50%-os menetjegyeket és az éppen következő InterCity vonatra pót- és helyjegyet nyomtatni, Kelenföld vagy Budapest-Déli célállomással, lehetőleg minél gyorsabban. A vasúti társaság üzleti igénye az, hogy az értékesítésben tapasztalható, ennyire jellegzetes mintázatokra maga az értékesítési rendszer is fel legyen készítve, az iménti példában például az utolsó kinyomtatott jegy gyors előhívása sokat javít a kiszolgálás minőségén. Más kérdés, hogy a pénztárost vonatmentes félórákra nem lehet hazaküldeni, tehát munkaidejének egy jelentős része látszólag nem lesz „hatékony”.



3. ábra: Egy jelentős hazautazó diákforgalommal rendelkező város pénteki forgalma

Az ábrán elsőre szemet szúr, hogy a Pécsett tanuló egyetemisták közül nagyon sokan a 15:27-kor Budapestre induló InterCityvel utaznak haza családjukhoz, a tapasztalatok szerint a vonat indulása előtt 45-50 perccel alakulnak ki a sorok, melyek 10-15 perccel indulás előtt a leghosszabbak. Az is látható, hogy a napközbeni gyengébb órákban, ahol a foglalkoztatás szabályai miatt tart nyitva három pénztárablak, az egy pénztárra jutó óránkénti forgalom gyakran lényegesen kisebb, mint egy csúcsórában, és néha kisebb, mint kora este, 18-19 órakor, amikor már nincs lehetőség egynél több ablak nyitva tartására. A következő ábrán egy vasárnapi forgalom látható.



4. ábra: Vidéki megyeszékhely vasárnapi forgalma

A vasárnapi forgalom mintázata jelentősen különbözik a péntektől. Páratlan órák 27. percében indul az InterCity Budapestre, ez egész nap jól látható, a forgalom 17:27-kor tetőzik. Ismét már az előző órában látszik a forgalom felfutása, ami nem csoda egy kötelező helybiztosítással igénybe vehető vonatnál: a későn érkezőnek nem jut hely. A bemutatott napon valami működési zavar miatt éppen ebben a legforgalmasabb órában nem négy, csak három pénztárablak volt nyitva. Az órás statisztika szerint tehát három kollégám külön-külön akár 30 jegyet is értékesített ebben az időszakban, sőt biztosak lehetünk benne, hogy a forgalom nagy része az IC indulásához közeledve jelentkezett, ezért 16:30-17:00 illetve 17:00 és 17:30 között nem elképzelhetetlen ilyenkor az 50-55 mp/jegy sebesség sem – párbeszéddel, fizetéssel, nyomtatással együtt ez szép teljesítmény. Az IC-mentes időszakokban ezzel szemben a forgalom lényegesen alacsonyabb, akár fele is lehet az erősebb óráknak. Ismét látunk egy szép példát a foglalkoztatás rugalmatlanságára, 19 órakor, az utolsó IC indulásának időszakában már csak kettő ablak van nyitva, ez a két kolléga végül egyenként lényegesen nagyobb forgalmat kezel, mint egy órával korábban, amikor még hárman voltak.

A bemutatott nehézségek, kihívások dacára miért kell mégis tartósan számolnunk a pénztári értékesítési csatornával? A személyes interakció jelentősége, annak hatékonysága pótolhatatlan érték, sőt bizonyos utazói csoportoknál – például nemzetközi forgalomban egy fapados légitársasághoz képest – akár versenyelőny is lehet. Egy automatával ellentétben a jól képzett és motivált pénztáros képes az utast irányított kérdésekkel segíteni az igénye megfogalmazásában, gyakran a ki nem mondott információkat is képes kezelni. Az utas részéről semmilyen többlettudást nem igényel a pénztárossal történő kommunikáció, míg a modern értékesítési csatornák mindegyike igényel részképességeket az informatikai eszközök kezeléséhez vagy a tömör, kompakt információk gyors értelmezéséhez és az azok alapján történő adekvát döntéshozatal szintén informatikai eszközök útján történő kifejezéséhez (például megfelelő helyen megérinteni az érintőképenyőt). E részképességek számos (és egyre több) generációnál és társadalmi rétegnél nagyobb részt megvannak és számíthatunk rájuk, de ne feledjük: a vasúti személyszáltás döntő részben közszolgáltatás, ahol a trendekbe nem illő generációkkal és társadalmi rétegekkel is kapcsolatot kell találni.

2.2 A fedélzeti értékesítés

2.2.1 A fedélzeti értékesítés szakmai követelményrendszere és korlátai

A hagyományos jegyvizsgálói munkakör egyike a legkomplexebbeknek a vasúti személyszállításban: a vasúti társaság vonaton jelen lévő, az utasok számára elérhető képviselője fontos feladatot kap a forgalom biztonságos lebonyolításában, ellenőrzi az utazási jogosultságokat, értékesít, emellett tájékoztatást ad, meghallgatja az utasok igényeit, panaszait, kis túlzással panaszláda, mediátor és pszichológus egy személyben. A magyar vasút története során úgy alakult – és ez még a jelenlegi kereskedelmi szabályanyagból is tükröződik – hogy az utasok megfelelő menetjegyekkel történő ellátása elsősorban az állomási pénztárak feladata volt, a jegyvizsgálói jegyértékesítés kiegészítő, a földi értékesítés hiányosságait pótló szerepű volt. A pénztári gépesítés előtti sajátos megoldás volt a „korlátozott menetjegykiadás” („KM”), amikor az utas az állomáson csak gyakran előforduló, vagy rövidebb

távolságra szóló menetjegyet kapott, melynek az utas tényleges úticéljára történő kiegészítését a vonaton a jegyvizsgáló végezte. Ez a gyakorlat is arra enged következtetni, hogy a prioritás a földi kiszolgálás volt („kapjon az utas „BÁRMIT”), de a rendszer erősen támaszkodott a jegyvizsgáló munkájára. Ma pedig minden egyes pénztári működési zavar automatikusan a jegyvizsgálóhoz terel újabb utasokat, akik akkor fizetik meg utazásuk ellenértékét, ha ő elég gyors, elég precíz és eléggé figyelmes.

2.2.2 A fedélzeti értékesítés üzleti megközelítése

Ha az értékesítési jutalék mértékétől – mely nem üzleti, hanem foglalkoztatáspolitikai kérdés – eltekintünk, a jegyvizsgálói értékesítés mint értékesítési csatorna első ránézésre nem tűnik különösebben drágának. Adott egy munkavállaló, pontosabban vonatonként egy vagy kettő, egy kis kompakt készülékkel fel-alá járva egy jó behatárolható területen mindenkinek jegyet ad, akinek erre szüksége van. Lássuk be, a folyamat ennél sokkal összetettebb. Nagy odafigyelést igényel egy vonatnyi, állandóan változó összetételű utastömeg „szemmel tartása”, jelen cikk keretei között nem is elemezhető az a különleges képesség, mely több év gyakorlattal sajátítható el, és amelynek segítségével felismerhetők azok az utasok, akik fokozott figyelmet igényelnek. A legfontosabb, hogy a vonaton az ellenőrzési és az értékesítési feladatok egyformán fontosak, a rendelkezésre álló idő (nem csak a munkavállalóé, az utasé is) véges, az e feladatokat rendszeresen megszakító forgalmi tényekedések – például jelzésadás indulás előtt – pedig szintén nem tűrnek halasztást. Ha e sok különféle feladat egy kicsit is halmozódni, torlódni kezd, akkor a jegyvizsgálói jegyértékesítés hatékonysága rohamosan romlani kezd.

	Pilisvörösvár	4 34	5 00	5 43	5 55	6 10	6 12	6 21	6 34	6 40	6 55	7 10	7 12	
31	Vörösvárbánya	4 36	5 02	5 45	5 57			6 23	6 36		6 57			
32	Szélhegy	4 38	5 04	5 47	5 59			6 25	6 38		6 59			
34	Solymár	4 41	5 07	5 50	6 02	6 15	6 17	6 28	6 42	6 45	7 02	7 15	7 17	
39	Üröm	4 45	5 11	5 54	6 06			6 32	6 46		7 06			
40	Aranyvölgy	4 47	5 13	5 56	6 08			6 34	6 48		7 08			
41	Óbuda	4 49	5 15	5 58	6 10			6 36	6 50		7 10			
43	Aquincum	4 51	5 17	6 00	6 12	6 22	6 24	6 38	6 52	6 52	7 12	7 22	7 24	
45	Újpest	4 55	5 21	6 04	6 18	6 26	6 28	6 42	6 56	6 56	7 18	7 26	7 28	
46	Angyalföld	4 57	5 23	6 07	6 20	6 28		Ⓐ 6 44	6 58		7 20	7 28		
47	Vasútmúzeum							o						
50	**Rákosrendező** 70	5 02	5 28	6 13				...	7 03	7 03				
53	**Budapest-Nyugati** 71 o	5 08	5 34	Ⓐ 6 19	Ⓐ 6 34	Ⓐ 6 39	Ⓒ 6 39	...	Ⓒ 7 09	Ⓐ 7 09	Ⓐ 7 34	Ⓐ 7 39	Ⓒ 7 39	

5. ábra: Rövid állomások és rövid köztes időközök egy elővárosi vasútvonalon

Az ábrán a 2. sz. Esztergom – Budapest vasútvonal menetrendjének egy részlete látható. Figyeljünk az Üröm és Aquincum közötti szakaszra, ahol a megállóhelyek 1-2 km-enként követik egymást, a személyvonat pedig az elindulástól számított kevesebb, mint 2 perc alatt már meg is érkezik a következő megállóhelyre. A jobbról számított harmadik oszlopban például egy olyan munkanapi személyvonat látható, melyen nap mint nap szép utasszámokat produkál (konkrétan zsúfolt) és az említett megállóhelyeken 10-20 közötti felszálló utas jelentkezik. Pénztár nincs, ezek az utasoknak vagy bérlete van (kevésbé valószínű), vagy akkor vesznek jegyet, ha a jegyvizsgáló találkozik velük (tipikus forgatókönyv).

Mit kezd a jegyvizsgáló egy ilyen helyzettel? A MÁV-START Zrt. jegyvizsgálói a JÉ értékesítési rendszer részét képező szoftverrel felszerelt készülékekkel rendelkeznek, mely online és offline működésre is képes. Online üzemmódban, ha nincs semmilyen nehézség, 47 másodperc már elegendő egy jegy kiállításához (szerkesztéssel, nyomtatással). Az ábrán látható menetrendben tehát személyvonattal, ezekben a megállóközökben egy, legfeljebb kettő jegy adható ki. Offline üzemmódban az említett szintidő 51 másodperc, a hatékonyság tehát hasonló. Ezek a számok akkor nyernek igazán értelmet, ha hozzátesszük, hogy ugyanennyi idő alatt hány menetjegy ellenőrzése végezhető el. Online üzemmódban 47 másodperc alatt 7 db ellenőrzés, offline üzemmódban 51 másodperc alatt 5 db ellenőrzés végezhető. Ez azt jelenti, hogy amíg a jegyvizsgáló értékesít, egy jegy kiadásának ideje alatt ennyi utas ellenőrzése nem történik meg: előfordulhat pedig, hogy köztük is vannak jegy nélküli, vagy más okból figyelmet érdemlő utasok. Ez egyben a beolvasott jegyek darabszámán alapuló utasszámlálások módszertani megfelelőségét is megkérdőjelezi. A példában bemutatott vonatunkon tehát a jegyvizsgáló a három megállóközben három, legfeljebb négy utasnak ad jegyet. Egészen nyugodtak lehetünk afelől, hogy sok szemfüles utas pontosan tudja, melyik részébe szálljon a vonatnak ahhoz, hogy ritkán, vagy sohasem kerüljön rá a sor.

Ez a jelenség egyáltalán nem az elővárosi forgalom sajátja, a szituáció bármelyik vonaton megismétlődhet, ahol több, fedélzeten jegyet vásárolni kívánó utas összegyűlik. Vasárnapokon még az

amúgy vegetáló mellékvonalakon is megjelenhet 8-10-25 utas, akik ráadásul a csatlakozó IC-vel szeretnének Budapestre utazni, természetesen pót- és helyjegyet is kérnek: éppen akkor lassul le a fedélzeti jegykiadás, amikor a legnagyobb szükség lenne rá. Összességében tehát elmondható, hogy a fedélzeti jegyértékesítés kiegészítő szerepe szakmailag teljesen indokolt, mi több, csak nagyon alacsony utasszámnál hatékony, ezért a vasúti társaságnak elsődlegesen az az érdeke, hogy az utasok minél nagyobb arányban rendelkezzenek már a felszállást megelőzően érvényes menetjeggyel.

3. A modern értékesítési csatornák a magyar vasúton

Mint említettük, a pénztári gépesítés az 1980-as években indult, a fedélzeti jegykiadás gépesítése közel két évtizeddel később. Amikor a jegyvizsgálók használni kezdték az első Psion kéziszámítógépeket, az interneten történő menetrendi tájékoztatás már évek óta (pontosan 1998-tól) működött Elvira néven, ennek webes felületén indult el 2008-ban az e-ticket rendszer.

3.1 A jegyértékesítő automaták

Az automata képességeit és ezzel a használatához fűződő utasélményt kettő tényező határozza meg. Egyrészt a jegyértékesítő automata azt tudja, amire az üzemben tartója „megtanítja”, sem többet, sem kevesebbet. A személyes értékesítési formáknál ennélfogva mindig kiszámíthatóbb lesz, ugyanakkor egy jó pénztárossal ellentétben sohasem lesz agilis vagy elkötelezett és önszorgalomból sem számíthatunk tőle különleges teljesítményre. Másrészt a jegyértékesítő automata csak az utas által részére észlelhető és feldolgozható formában átadott információkra tud adekvát reakciót mutatni. A személyes értékesítési formáknál a metakommunikáció, az utasról „ránézésre” megállapítható apró, de fontos információk (például idős, bankkártyát szorongat a kezében) egyszerűsítik, gyorsítják és emberközelivé teszik a vásárlást, az automata részére ezzel szemben addig kell újabb és újabb információkat átadni, amíg a menetjegy kiadásához elegendő mennyiségű és minőségű adat gyűlt össze.

A fentikkel magyarázható a MÁV-START Zrt. jegykiadó automatáinak az a különlegessége, hogy az utasnak ki kell választania a kívánt viszonylatra megszerkesztett menetrendi ajánlatot akkor is, ha a kapott menetjegy a felhasználási szabályok szerint nem vonathoz kötött érvényességű. Az automata így a pénztárral (különösen annak hagyományos, JÉ előtti működési formájával) teljesen ellentétes logikával működik, ahol csak azt kell jelezni, ha az utas különleges vonatot vagy szolgáltatást szeretne igénybe venni. Ha ugyanis az utas kiválasztja azt a vonatot – vagy vonatok láncolatát – amellyel utazni szeretne, az adott vonathoz – vonatokhoz – kapcsolódó díjszabási feltételek (melyik tarifát kell alkalmazni, kell-e felár, hogyan alakul az érvénytartam stb.) biztosan helyesen lesznek alkalmazva.

Az automaták jelenlegi részesedésének növekedését befolyásolja, hogy a tarifa- és kedvezményrendszer bonyolultsága csak korlátozottan engedi meg a kezelőfelület kényelmesebbé, átláthatóbbá tételét. Ne feledjük, az automata – ellentétben a pénztárossal – nem tudja kitalálni azt, amit az utas nem mond el neki, pontosan azt adja, amit az utas a kezelőfelületen kér tőle: emiatt az ajánlatok bonyolult szövevényében az utas néha nem lesz elégedett az eredménnyel. Ez az automata tudására és a kezelőfelület kialakítására vonatkozó igények között egy nehezen feloldható ellentétet eredményez:

- egy jól kezelhető, gyors felületen csak a leggyakoribb utazási igényekre lesz gyors válasz, a többire nem vagy valahol elrejtve;
- a mindent tudó, mindenre képes automatának viszont nagyon bonyolult menürendszere lesz, amelyben eltart egy ideig a navigáció.

Ezt a kérdést vasutas szakma önmagában nehezen képes megoldani, szerencsére a hasonló kérdések megválaszolása előtt a Service Design módszertana világos szempontokat, kritériumokat ad a kezünkbe a felhasználási felületek tervezéséhez és értékeléséhez.[2]

A jegyértékesítő automata – ha a telepítés pontos helyét körültekintően választották meg – voltaképpen egy olyan, szinte sohasem hibázó, de nem túl barátságos pénztáros, akinek a munkaideje sohasem fejeződik be. Legnagyobb előnye éppen ebben rejlik, mert az éjszaki vagy ünnepnapi foglalkoztatás problémái itt fel sem merülnek, tehát a telepítési helyszínen kiváló időbeli lefedettség érhető el, feltéve, ha a készülék üzemkészsége egyébként jó. Az időbeli lefedettség „árát” az utasok fizetik meg, mert a pénztárakkal ellentétben az automata önkiszolgáló felületet biztosít, ahol a vásárló magára van utalva. Korábban említettem, hogy generációs és társadalmi kérdés, hogy ez a tény kinek mekkora akadályt jelent, ennek jelentőségét nem szabad lebecsülnünk.

A jegyértékesítő automaták telepítésétől reálisan remélhető előnyök:

- a területi lefedettség javítás, a fedélzeten nem kezelhető nagyságú felszálló utasforgalom esetén az utazást megelőző jegyvásárlás lehetőségének biztosítása (lásd a fedélzeti értékesítésnél írott szempontokat),
- elsősorban az elővárosi vonalakon értékesítési szempontból a teljes lefedettség elérése, azaz minden egyes megállóhelyen biztosítva lesz a folyamatos jegykiadás és a vonaton már csak ellenőrzésre lesz szükség (lásd a fedélzeti értékesítésnél írott szempontokat),
- az értékesítés időbeli lefedettségének javítása, a csúcsidőszakban szükséges pénztári jelenlét mellett így a kisforgalmú időszakban is biztosított a jegykiadás,
- a nagyforgalmú állomásokon a csúcsidőszakok kisimítása, a pénztárak tehermentesítése, a pénztár előtti sorban állás csökkentése.

A MÁV-START Zrt. eddigi üzemeltetési tapasztalatai alapján a jegyértékesítő automata utasok általi megítélésében kulcsfontosságú a készpénzes fizetés és a jegy fizikai kiadása. A 2019-ben lebonyolított tranzakciónak 0,042%-a eredményezett az utasok részéről reklamációt, ám ezek bő fele azzal kapcsolatos, hogy a készülék elnyeli az utas pénzét illetve nem adja ki a kifizetett jegyet. Mindkét probléma utólagos kezelésére kidolgozott folyamatok állnak rendelkezésre, természetesen a hasonló esetek számának további csökkentése az igazi megoldás.

A MÁV-START Zrt. a közelmúltban 375 darab új jegyértékesítő automata beszerzését jelentette be. [3] Ez az értékesítési csatornák részarányát a bemutatott jelenlegi helyzethez képest rövid idő alatt jelentősen átalakíthatja, különösen, hogy ez a darabszám lehetővé teszi az automaták vidéki elterjedését is.

3.2 Az interneten történő értékesítés formái

Az e-vonatjeggyel az online jegyértékesítésben idehaza a MÁV-START Zrt. kifejezetten innovatívnak számít. A közösségi közlekedésben Magyarországon e szolgáltató internetes jegyértékesítési rendszere a legrégebbi, a legkiforrottabb és a legszerteágazóbb tudású. Internetes jegyvásárlás 2008-tól, otthoni jegynyomtatás 2011-től létezik, 2016-tól nyomtatás nélkül, alkalmas készüléken is bemutatható a menetjegy. Bár a nemzetközi menetjegyek internetes értékesítésében az utóbbi években nem volt tapasztalható fejlődés –a JÉ további kiterjesztése hoz majd ebben rövidesen változást – az elmúlt években külföldi vasutak otthon nyomtatott és telefonon bemutatott jegyeinek felismerésében, elfogadásában több előrelépés is történt.

Az e-Balaton, e-Velence nevű csatornaspecifikus üzletpolitikai kedvezmények 2017. nyarán annak lehetőségét vetítették előre, hogy a vásárlási szokások kedvezménypolitikai eszközökkel is befolyásolhatók. E kísérlet logikus folytatása a 2017. decemberi menetrendváltástól a csak interneten elérhető, egyes alacsonyabb kihasználtságú vonatokra érvényes jelentős, 20% kedvezményt tartalmazó új ajánlat. Ha a vasúti társaság él azzal a lehetőséggel, hogy az érintett vonatok körét rendszeresen felülvizsgálja, már-már megközelíti a dinamikus árazás modelljét. Ugyanebben az időszakban indult a mobiltelefonos applikációból történő vásárlás béta-tesztje, az applikáció – melyet eredetileg a Vonatinfó nevet viselte, ma a MÁV-nak hívják – igazi, átütő sikere 2019-ben következett be, amikor az értékesítési csatornák közötti részaránya egy év alatt a hatszorosára, 4% fölé emelkedett.

Az internetes értékesítés az asztali számítógépek által dominált világban indult be, a MÁV-START Zrt. e-ticket rendszere a mai napig letagadhatatlanul magán hordozza a pc-re optimalizált felületek örökségét. A számítógépek elterjedtsége egyben évekig az elsődleges növekedési korlátot jelentette ennél a csatornánál. A nyomtatás nélküli jegybemutatás bevezetése előtt jelentősek voltak további hozzáférési korlátok is, az eredeti e-ticket rendszerben a jegyátvételi pontok (ún. kioszkok) korlátos darabszáma, később, az otthoni jegynyomtatási lehetőség megjelenésével a felhasználó lehetősége a nyomtatásra. Az okostelefonok bámulatos sebességű elterjedése sokkal több utas potenciális elérését tette lehetővé az új eszközre fejlesztett értékesítési csatornával. Az iparág – készülékek operációs rendszereiben megragadható – koncentrációja ráadásul a feladatot informatikai szempontból jelentősen egyszerűbbé teszi: mára a Windows Phone egy múló emlék, Androidra és iOs-re fejlesztett applikációval jelenleg gyakorlatilag minden potenciális felhasználó elérhető.

Az applikáció lefedettségi korlátja – a többi értékesítési csatornával ellentétben – nem térbeli és nem időbeli, pontosabban csak nagyon kis részben az: a mobil-adatkapcsolat hozzáférhetősége, az adatkapcsolat minősége lehet felhasználói élményt befolyásoló tényező, míg például az adatkapcsolat díjkötelessége egyre kevésbé kritikus kérdés, még Magyarországon is. Az applikáció elterjedésének, részarány-növekedésének elsődleges korlátja valójában a felhasználó. Külön kutatást igényelne az, hogy vajon az okostelefon-használót érő ingerek összességében mi vezeti őt arra, hogy végül letölt egy vasúti

jegy vásárlására szolgáló applikációt és használja is azt. Egy elérhető kutatás szerint a felhasználók az okostelefon-használattal töltött idejük 77%-ában a három általuk legkedveltebb applikációt használják.[4] Ugyanekkor a letöltött applikációk 75%-át egy alkalommal használják, és később soha többet. Ugyanezen kutatás alapján az Egyesült Államokban a felhasználók sorrendben az Amazon, a Gmail, a Facebook, a Messenger és a YouTube appokat találták leginkább nélkülözhetetlennek, az eredményből lehet következtetni a magyar felhasználói szokásokra is: hol van ebben a sorban a MÁV applikáció? Még fontosabb kérdés: ha több közlekedési szolgáltató is sikeressé válik az applikációs értékesítésben, akkor vajon nem egymás online jelenlétét gyengítik az egyszerre elérhető különböző applikációikkal? Esetleg ez a probléma elméleti csupán, és reális egy agglomerációs ingázó számára, hogy az említett világelső appok helyett a MÁV-app, a BKK Futár és a „VOLÁN-app" legyen a telefonján a három naponta használt alkalmazás?

Az imént idézett adatok a felhasználói szokásokról két teljesen különböző értékesítési stratégiát is eredményezhetnek:

- a mobilapplikáció részesedése a meglévő értékesítési csatornákat használó, elsősorban rendszeres utasok átterelésével növelhető, mert nekik elég fontos a vasút ahhoz, hogy letöltsenek és használjanak egy ilyen appot,
- a mobilapplikáció az új utasok beléptetésének stratégiai eszköze, mert abból indulunk ki, hogy egy eddig vasutat nem használó úgyis a telefonján, online keres rá az utazási igényének megfelelő ajánlatokra, ezért egy jól felépített applikációval könnyebben vehető rá arra, hogy a vasúti utazást válassza.

Az online értékesítési csatornák sajátossága a készpénzmentesség is, ami Magyarországon növekedési korlátként kezelendő. Idehaza ugyanis a fizetési tranzakciók 80%-a készpénzben történik [5], ennek a jelenségnek komoly gazdasági-társadalmi beágyazottsága van: nagyon sokan a munkabérük egy részét még mindig adózási szempontból láthatatlan módon, készpénzben kapják, ez pedig nem változik bankszámlapénzzé akkor sem, amikor elköltik. Így fizeti ki a dolgozó a saját bérletét készpénzzel, de a gyermekének is készpénzt ad, hogy ő vonatjegyet vehessen magának. Ha egy utas életvitele bármilyen okból készpénz-alapon megszervezett, akkor őt nehezebben lehet rávenni olyan online értékesítési csatornák használatára, melyekhez tartósan pozitív bankszámlaegyenleg szükséges.

Kisebb részben az online csatornákra is igaz az automatáknál bemutatott nehézség a felhasználói felület tervezésére vonatkozóan. Önkiszolgáló csatornákról lévén szó, itt is körültekintően kell megtalálni az egyensúlyt a könnyen használható és a sokféle igény teljesítésére alkalmas felületek, megoldások között. Könnyebbséget jelent, hogy az online csatornát autonóm módon használó utast a saját szűkös idején kívül semmi sem sürgeti, így kevésbé súlyosak a következményei, ha elsőre lassú vagy hibázik, ha vissza kell térnie a kezdőoldalra vagy éppen kíváncsiságból kísérletezik a felületekkel. Egy automatánál, ha az utas mögött percről-percre hosszabbodik a sor, minderre nincs lehetőség, sőt, a feszültség, a nyomás is fokozódik, rontva az utasélményt.

4. Régi és új szempontok az értékesítési csatornák értékeléséhez

4.1 A versenyképesség dimenzióinak megjelenése az értékesítés csatornáknál

4.1.1 Térbeli és időbeli elérhetőség

A személyszállítási szolgáltatás versenyképessége szempontjából fontos keresztmetszet a vásárlási lehetőségek térbeli és időbeli elérhetősége. Ismét a bevezetőben említett életképre utalok vissza: ha az utazást megelőzően időigényes, külön program a vásárlás, melyhez esetleg szintén utazni szükséges, az ma már egyértelműen versenyhátrány. Ebben az értelemben a szolgáltatónak elemi érdeke a nem helyhez kötött értékesítési megoldások fejlesztése, népszerűsítése.

E szempontrendszer szerint a konvencionális pénztári értékesítés helyhez és időhöz (nyitva tartás) kötöttsége látszólag nem versenyképes, de a személyes kiszolgálás, a magas szakmai színvonal biztosításának lehetősége és a vásárlást azonnal követő utazásoknál tulajdonképpen elhanyagolható kényelmetlenség (utazást megelőzően optimális esetben néhány többlet percet kell szánni a vásárlásra) összességében mégis egy perspektivikus értékesítési csatornává teszi. A jegyértékesítő automata ehhez képest helyhez kötött ugyan, de időbeli elérhetősége az üzemidejénél fogva a pénztárénál jobb. A fedélzeti értékesítés helyhez és időhöz kötöttsége irreleváns, mert már folyamatban lévő utazás szempontjából a helyszín és az időpont is ideális. Az online megoldások nem megoldják az elérhetőség

kérdését, hanem a felhasználó „térfelére” tolják át a problémát: az utas megfelelő hardver- és szoftvereszközén és az adatkapcsolat létén és minőségén múlik az elérhetőség.

A következő három versenyképességi szempont egy másik, fejlesztés alatt álló, értékesítési rendszert is magában foglaló rendszer követelményeinek alapelv-szintű rögzítéséhez került kidolgozásra. [6] A HKIR-projekt – teljes nevén „A személyszállítási közszolgáltatások hatékonyabb ellátását célzó integrált utas-tájékoztatási, jegyértékesítési és forgalomirányítási rendszerek fejlesztése” – Magyarország eddigi legnagyobb közösségi közlekedési projektje. Célja, hogy egy egységes keretrendszert biztosítson a magyarországi közösségi közlekedés működésére, lehetővé téve a jelenlegi szolgáltatók hatékonyabb működését, a transzparens együttműködést és a piacnyitást. Az értékesítési és utastájékoztatási alapelvek a rendszer működőképessége, fenntarthatósága, fejleszthetősége mellett az utasok számára az élményszerűséget nyújtja, ezzel a közösségi közlekedés versenyképességének szolgálatába áll. Ezért kísérlem meg a HKIR-ben azonosított alapelveket a jelenlegi vasúti értékesítési csatornákra értelmezni.

4.1.2 Utazási lánc-szemlélet

Az elmúlt években a „háztól-házig” utazástervezés mellé követelményként megjelent, hogy a teljes utazási láncra egy tranzakciót követően egyetlen jegy kerüljön kiállításra, a HKIR-ben ezt frappánsan Egyjegy-nek hívják. A jelenlegi vasúti értékesítési rendszerekben e tudás léte törzsadat-szinten dől el: ha a rendszerek mögötti törzsadat-rendszer tartalmazza más közlekedési szolgáltatók hálózat-elemeit, díjszabását, menetrendjét is, akkor ez a követelmény teljesülhet. Az országos vasúthálózaton történelmi okokból hosszú évtizedek óta ad ki a két nagy szolgáltató egymás vonalszakaszaira is érvényes menetjegyeket.

4.1.3 Önálló utas

Ismételten elismerve a személyes kiszolgálás értékét, legkésőbb a milleniumi generációnál egyik elsődleges igény az önállóság: elvárják, hogy önállóan legyenek képesek igénybe venni a rendszer szolgáltatásait, mások segítsége nélkül, függetlenül az utazási paraméterek bonyolultságától vagy épp a saját hiányosságaiktól. Ha a rendszer folyamatosan támogatja az önkiszolgálást, önálló tájékozódást, infokommunikciós szempontból teljesen akadálymentes, valamint a lehető legkevesebb mentális és fizikai terhelést okozza, akkor teljesíti ezt a feltételt.

4.1.4 Egy nyelv, egységes rendszer

Ha az összes értékesítési csatornán ugyanaz a rendszer üzemel, legyen az járműfedélzet, pénztár vagy mobiltelefon, akkor a felhasználók bevonása, képzése, használathoz szoktatása egyszerűbb. Az egységesség egy szolgáltató szintjén sem triviális, ha eltérő időben és eltérő üzleti logika szerint fejlesztett értékesítési csatornák megoldásait kell közelíteni egymáshoz. A szolgáltatóktól független egységes rendszer pedig csakis erős (közszolgáltatási) megrendelői fellépés és folyamatos felügyelet mellett alakítható ki.

Az egy nyelv az egységes rendszernek egyszerre előfeltétele és következménye, a két feltétel nagyon szorosan összefügg egymással és valójában az önállóság követelményével is. Ez azt jelenti, hogy az értékesítési rendszer konzekvensen azonos fogalmakat, színeket, szimbólumokat használ a felhasználói számára, hogy ezzel is segítse az önállóságot. Az utazóközönség akkor tud önálló lenni, ha a kulturális kontextusának megfelelő nyelvezetet kapja.

4.2 Rangsorolhatók-e az értékesítési csatornák?

Erre a kérdésre a rövid válasz nemleges. Egy személyszállító vasúti társaság értékesítési stratégiájában azonban egyrészt azonosítani szükséges azokat az értékeket vagy érdekeket, melyek az egyes értékesítési csatornákkal kapcsolatos feladatokat meghatározzák, másrészt ismerni és kezelni kell azokat az attitűdöket, amelyek az utasok értékesítési csatornákhoz fűződő viszonyát meghatározzák. Azonosíthatók olyan fogalompárok, melyek mentén az értékesítési csatornák csoportosíthatók, ugyanakkor a vasúti társaság feladata annak eldöntése, hogy ezek a fogalompárok az üzleti működése szempontjából mennyire fontosak. Az alábbiakban néhány példa látható a csoportosításra. Látható, hogy egyes csoportosítási szempontok rendre azonos vagy hasonló eredményre vezetnek, ez főleg azt mutatja meg, hogy a hagyományos és a modern értékesítési csatornák elkülönítése igenis életszerű. Ezen kívül izgalmas tanulság, hogy az automata kötődik legkevésbé egyik vagy másik oldalhoz, mintha ez a hagyományos és a modern csatornák között egyfajta átmeneti formaként jelenne meg.

1. táblázat: Az értékesítési csatornák csoportosítása releváns fogalompárok mentén

Nem önkiszolgáló értékesítési csatorna	**Önkiszolgáló értékesítési csatorna**
pénztár, fedélzet	automata, e-ticket, mobilapplikáció
Működéséhez elsősorban vasúti infrastruktúra létesítése és fenntartása szükséges	**Működéséhez elsősorban az utas által biztosított infrastruktúra szükséges**
pénztár, fedélzet, automata	e-ticket, mobilapplikáció
Van személyes kapcsolat a vasút és az utas között	**Nincs személyes kapcsolat a vasút és az utas között**
pénztár, fedélzet	automata, e-ticket, mobilapplikáció
A papírjegy előállítása az értékesítés lényeges része	**Az értékesítés papírjegy előállítása nélkül történik**
pénztár, fedélzet, automata, e-ticket (részben)	e-ticket (részben), mobilapplikáció
Az utas térben és időben másokkal osztozik az igénybevételen (például sorbanállás)	**Az utas autonóm módon veszi igénybe az értékesítési csatornát**
pénztár, fedélzet, automata	e-ticket, mobilapplikáció

Valójában az értékesítési csatorna-mix összeállításához nincs szükség az értékesítési csatornák bármilyen szempont szerinti rangsorba rendezésére. Egyes értékesítési csatornák működtetése elkerülhetetlen. Az utasjogi rendelet az Európai Unió egész területén előírja a közszolgáltatást végző vasúti társaságok részére, hogy pénztárban vagy automatából, vagy a vonat fedélzetén elérhetővé kell tenniük a menetjegyeiket (1371/2007/EK rendelet 9. cikk (3) bekezdés). A további előírások a fedélzeti értékesítés másodlagos, „tartalék" csatornaként történő működtetését, ha nem is írják elő, de hangsúlyosan említik. A magyar jogszabály (egészen pontosan a 271/2009. (XII.1.) Kormányrendelet) mondja ki, hogy a felszállás helyén működő jegykiadás (pénztár vagy automata) hiányában az utast a vonat fedélzetén az első jegyvizsgálatkor megilleti a pótdíjmentes jegyvásárlás joga. Ebből az következik, hogy jogszabály módosítása nélkül nem írható elő, hogy az utas a menetjegyének megváltásáról az utazást megelőzően minden esetben – pl. online csatornákon – gondoskodjék.

4.3 Az esélyegyenlőség két megközelítése

4.3.1 Értékesítési csatornák akadálymentesítése

A fogyatékkal élő és csökkent mozgásképességű utasok hozzáférése érdekében az értékesítési csatornák akadálymentesítéséről is beszélni kell. A közbeszédben az épített környezet fizikai akadálymentesítése jelenik meg nagyobb hangsúllyal. Ide állomásokon a pénztárak és az automaták megközelítési útvonalai, valamint maguk a pénztárablakok tartoznak. Ezek kétségkívül költséges beruházások, figyelembe véve, hogy az utasok kiszolgálására hivatott vasúti épületállomány nagy része egészen más korban, más szempontok szerint épült és nem egy esetben még műemlékvédelmi szempontokat is figyelembe kell venni. Fontosabb szempontok:

- a pénztárcsarnok vagy az automaták megközelítésére szolgáló közlekedési útvonal kiépítése, észlelhetővé tétele,
- a pénztárablak illetve az automata kezelőszerveinek fizikai elhelyezése, különösen a magassága és az elérhetősége a kerekesszékben ülők számára,
- a pénztárablakok akadálymentesítése az információáramlás szempontjából, például indukciós hurokkal.

Kevesebb figyelmet kap, de ugyanennyire fontos az értékesítési csatornák infokommunikációs akadálymentesítése, melynek eredményeképpen mindkét fél számára észlelhetővé tesszük az értékesítési folyamat sikeréhez szükséges információkat. Ez annyira szerteágazó feladat, hogy csak példálózva mutatok be néhány szempontot:

- a weboldal, a vásárlási felület gyengénlátók számára optimalizált változatának létrehozása,
- az online tartalmak felolvasóprogrammal történő feldolgozhatóságának biztosítása, különös figyelemmel az utas menetjegyének adataira,

- a felületek elrendezésének tervezésekor az egyszerű tájékozódás követelménye, a diszlexiások, epilepsziások és hasonló problémákkal élők szempontjainak figyelembe vétele,
- segítségkérés lehetőségének biztosítása.

5. Értékesítési csatornák hozzáférési korlátainak lebontása általában

Az automatánál és az online csatornáknál is szó esett olyan működési jellegzetességekről, melyek az adott csatorna hozzáférési korlátaiként is értelmezhetők. Egy részük – például a készpénzhasználat magas aránya – olyan gazdasági-társadalmi adottságként jelentkezik, melynek megváltoztatására a vasúti társaság önállóan nehezen vállalkozhat. Az értékesítési csatornákkal biztosítható térbeli-időbeli lefedettség alakítása ellenben kifejezetten a vasúti társaság kompetenciája. A tarifa- és kedvezményrendszer kereteinek kialakítása jelentős részben állami feladat, az értékesítési csatornák használhatóságára mégis nagy hatással van (vegyük például a vasúti utazási kedvezmények jelenleg magas számát). Ezt mint adottságot elfogadva mégis a vasúti társaság felelőssége a felhasználói felületek olyan kialakítása, mely a lehető legtöbb utas számára érthető, könnyen kiismerhető és nem ésszerűtlenül nagy erőfeszítések árán juttatja a felhasználót a sikeres vásárlás élményéhez. Ez a feladat túlmutat az infokommunikációs akadálymentesítés előző pontban említett kötelezettségén, mert átlagutasok átlagigényeinek figyelembe vételéről van szó.

5.1 Az utas személyes adatainak védelme

Az adatvezéreltség a közösségi közlekedés hatékonyságával kapcsolatos elvárások részeként merül fel, mint követelmény. A közösségi közlekedési szolgáltató a teljes szolgáltatás – tehát menetrend, tarifa, szolgáltatási színvonal – megtervezése során megérzések, hagyomány vagy más, tudománytalan input helyett a rendelkezésére álló adatvagyon elemzésével, hasznosítása során juthat helyes következtetésekre. Ez az út csábító, de tele van akadályokkal: elérhetőség, integritás, költség, biztonság és adatvédelem, csak néhányat említve. [7] Hús-vér emberek helyváltoztatási és vásárlási szokásai alkotnak egy ma még egységesen nem létező, széttöredezett, nem egységes minőségű rendszert, ahol nem csak „divatos”, de valóban aktuális a kérdés: hogyan biztosítható a személyes adatok védelme?

Az egyszerű, elnagyolt válasz az iménti kérdésre az, hogy anonimizált, személyes voltuktól megtisztított adatokkal kell dolgozni. Különösen az értékesítésben ezt sokszor mégsem lehet, és nem is feltétlenül szükséges. Íme néhány példa az értékesítési folyamatban, ahol a vasúti társaság személyes adatokhoz fűződő viszonya már most szükségszerűen szabályozott vagy a szabályozási szükséglet már most is fennáll:

- az online értékesítési csatornákon kényszerű kapcsolat van a bejelentkezett, önmagát azonosított vásárló és a vásárolt menetjegy (értékesítési rekord) között,
- ha a vásárló nem vagy nem csak saját maga számára vásárol, akkor mások személyes adatait csatornánként eltérő terjedelemben, de a vasúti társaság rendelkezésére bocsátja,
- az utazási kedvezményre való jogosultságot megalapozó tény, állapot, státusz sok esetben egyben szenzitív személyes adat is
- minden értékesítési csatornán kérdés, de a vasúti társaság személyzetének közreműködésével történő vásárlás esetén különösen fontos, hogy az utas „vásárlói életútja”, ideértve a vasút vele szemben fennálló követeléseit is, milyen mértékig ismerhető meg, vehető figyelembe,
- a vásárlás egyszerűsítése érdekében kínálja magát a lehetőség az utas preferenciáinak, korábbi vásárlásainak, kedvezményeinek tárolása,
- az utas további igényeinek – visszatérítés, kártérítés, panasz, egyéb igények – elbírálhatósága érdekében az értékesítés rekordok tárolásának szabályai, az értékesítési rekordok összekapcsolása „vásárlói életúttá”,
- egyes utazási kedvezményre való jogosultságok elbírálásához szükséges személyes adatok kezelésénél reális lehetőség, hogy azt egy harmadik fél végzi, ekkor a vasúti társaság és a harmadik fél közötti adatáramlás pontosan szabályozandó (pl.HKIR).

Az értékesítési csatornák átalakulásának is köszönhetően – mint az előző felsorolásból látszik, még a hagyományos értékesítési csatornák is keresztülmentek egy 30 éve még elképzelhetetlen digitalizáción – az utasok jártukban-keltükben sok adatot generálnak. Még az ismert jogi környezetben sem világos, hogy ki birtokolja ezeket az adatokat, és ki férhet hozzá ezekhez, különösen a személyes adatokhoz. Jelenleg alapértelmezés szerint a közlekedési szolgáltató a saját rendszerein keletkezett adatok „tulajdonosának” számít, és felelősséggel tartozik a személyes adatok védelméért. Az Európai Unió szintjén végrehajtott

szabályozási kezdeményezések azonban az utazót mint saját személyes adatainak tulajdonosát helyezik a középpontba, az ő rendelkezési jogának többkörös védelme a leginkább hangsúlyos tanulsága az uniós szabályozásnak (GDPR). Kérdés, hogy az utas személyes adataira vonatkozó két érdek – a szolgáltatóé és az utasé – a gyakorlatban hogyan élhet egymás mellett. Az utazó hajlandó megtalálni és használni a legkényelmesebb szolgáltatásokat. Sok esetben a kényelem az adattudatosság ellen hat, mégis a GDPR megkísérli a lehetetlent, és az adatkezelőknek valamint -feldolgozóknak akkor is körültekintő viselkedést ír elő, ha az utas maga nem is vigyáz a személyes adataira.

A közlekedési szolgáltatóknál megszülető adatvagyon, különösen a közfinanszírozott közszolgáltatások adatvagyonának jogi státusza és attól el nem választható pénzben kifejezett értéke az üzleti titok kontra közérdekű adat fogalompároshoz vezet el bennünket, aktuális szakmai kérdés pedig a szolgáltatók és az állam viszonya az Open Data által lehetővé tett szolgáltatásokhoz, valamint az adatközpontú gazdasági működés egyre népszerűbb modelljéhez.

Konklúzió

A vasúti személyszállítás versenyképességének javítását szolgáló értékesítési csatorna-mixet a jelenlegi értékesítési csatornák lehetőségeinek és korlátainak ismeretében lehet kialakítani. A vizsgált értékesítési csatornák egyikének sem vitatható a létjogosultsága, szerepük azonban rendszeresen felülvizsgálandó. A fedélzeti értékesítés aránya például a vasúti társaság üzleti érdekeinek megfelelően vita tárgyát képezheti. Az online értékesítés részarányának növekedése a pénztári csatorna tehermentesítését eredményezi rövid távon, kérdés, hogy közép- vagy hosszútávon milyen szinten stabilizálódik a pénztári értékesítés iránti igény és ehhez mekkora pénztári hálózat fenntartása szükséges. Az értékesítési csatornák jövőjének megtervezésekor az értékesítéshez látszólag lazán kapcsolódó adatvédelmi és esélyegyenlőségi szempontokat is figyelembe kell venni.

Irodalomjegyzék

[1] Büky Dénes: Vasúti helybiztosítás kezdetektől napjainkig és a jegykiadás gépesítése, KTE előadás, 2019. november 20.

[2] Norman, D.A., Draper, S.W.: User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction, Lawrence Erlbaum Associates, 1986.

[3] Idén 375 jegykiadó automatát üzemel be a MÁV, https://www.origo.hu/gazdasag/20200127-375-jegykiado-automatat-uzemel-be-a-mav.html 2020.01.27.

[4] Blair, I.: Mobile App Download and Usage Statistics (2019), https://buildfire.com/app-statistics/ 2020.02.12.

[5] Túl sok a készpénz, és ez százmilliárdokba kerül az országnak, https://index.hu/gazdasag/2019/06/20/tul_sok_a_keszpenz_es_ez_szazmilliardokba_faj_az_orszagnak/ 2020.02.12.

[6] Laskay Lóránt – Németh Ádám – dr. Tóth-Maros Dániel: Utasélmény a jegyértékesítésben és az utastájékoztatásban: közlekedési Service Design , Közlekedéstudományi Szemle 2019/12.

[7] Action Points, Stakeholder Cooperation On Data In Public Transport, UITP, 2017.

A hajózás biztonsági kérdései a XXI. századi DMR vízi úton

DUNAINFOCONTROL project

Bóta János[1] – Götz Sándor[2] – Dr. Péter Tamás[3]

[1]Okl. vill. mérnök, szakmérnök
e-mail: e-mail: bjl.bta@gmail.com; www.botainnovations.com

[2]Eötvös Loránd díjas hajóépítő mérnök, gépészmérnök
e-mail: sandor.gotz.msc@gmail.com

[3]BME Közlekedés és Járműirányítási Tanszék
e-mail: peter.tamas@mail.bme.hu

Kivonat: Ez a cikk, egy fejlesztési koncepciót tárgyal, amely figyelembe veszi azt a lemaradást, amely a vízi forgalom területén napjainkat sajnos jellemzi

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia bázisú diszpécser központ, automatikus vízi forgalomirányítás, új informatikai hálózat alkalmazása

Bevezetés

Amint a „Hableány” hajóbaleset körülményeiből ismerjük, valamint látjuk azt a fejlesztési koncepciót, amelyet 2030-ra a Dunára, mint nemzetközi folyóra tervezünk - figyelembe véve azt az elmaradást - amely a vízi forgalom területén napjainkat sajnos jellemzi, a hajózási és informatikai ismeretek mai technikai színvonalának megfelelő fővárosi forgalmi rendszert szeretnénk javaslatunkkal létrehozni, amelyet a későbbiekben természetesen országos szinten, több stratégiailag jól megtervezett lépcsőben gondolunk végrehajtani. A fejlesztés első lépcsője véleményünk szerint kizárólag szervezési és jogi tevékenységet igényel, amely aránylag rövid idő alatt végrehajtható és ez már önmagában is növelheti a fővárosi nagy forgalmú dunai folyamszakasz biztonságát. A már kiépített és 2018. év vége óta PannonRIS [2] név alatt futó, valamint a NOVOFER Zrt. által kiépített RSOE folyami informatikai rendszerhez képest, a javaslatunk elsősorban műszaki és alkalmazástechnikai kiegészítést jelent, ami jól illeszkedik a hazai bevezetés alatt álló un. „intelligens bója” fejlesztéséhez.

1. A mai helyzetkép és a problémák feltárása

Ebben az évben három fontos lépés történt, amire javaslatunk nagy részben támaszkodhat:

- Vízre tették a vízi mentő szolgálat speciális mentőhajóját (2019.03.23.)
- Telepítésre került a Vodafone 5G informatikai rendszerének f = 3,6 GHz frekvencián működő fővárosi kísérleti adótornya (2019.05.23.)
- A nemzetközi folyón minden teherhajó és 12 fő feletti kapacitású személyhajó fel van szerelve AIS (EU hajó-azonosító) rendszerrel, valamint térképes szolgáltatással, így azok konkrét útvonala követhető még 4G-s szolgáltatás mellett is. (Ez azonban nem biztosítható on-line és real-time beavatkozás esetén – erre már csak az 5G IT technológia alkalmas [3,4,5].)

Megállapítható, hogy számos jogszabályi hiányosság, valamint felelőtlen szakmai felfogás és képzési hiányosság miatt, emberi hibából és ezzel egyidejűleg kedvezőtlen természeti, időjárási tényezőktől függően is bekövetkezhet tömegbaleset, amely viszont megfelelő és ellenőrzött megelőző intézkedések, valamint folyam km-re lebontott folyamatos működésű operatív rendszer mellett elkerülhető. A baleseti vészjelzések időben történő észlelése, valamint központi beavatkozás esetén, pedig a balesetek száma is jelentősen csökkenthető.

Napjainkban, a főszezonban mintegy 130-150 igen nagyméretű folyami cruiser többször is felkeresi a fővárost, átlagosan 12-15 hajó naponta manőverezik a Duna fővárosi szakaszán, ahol a helyi személyhajó

forgalomban – és kimondottan az esti órákban - sok olyan manőverezés is előfordul, amelyben a baleseti veszély előfordulásának magas a valószínűsége [1].

2. Javaslatok

A fentiek miatt, helyi szabályozásokat szükséges a forgalomirányításba bevezetni, valamint állandó ellenőrzést az egyes folyamszakaszok biztonságának érdekében, így biztosítva az operatív szakértői felügyeletet. A javaslatunk lényege, hogy nemcsak „passzív" hajózási forgalmi adatgyűjtést, adatbázis kezelést, forgalmi nyilvántartást végezne az informatikai rendszer, hanem aktívan részt is vesz a kritikus dunai hajózási szakaszokon - elsősorban a két **M0 híd** között, északon a **1659,74** folyam km és délen az **1633** folyam km folyószakaszbeli területen, a közvetlen hajózás irányításában egy központosított folyami forgalmi 24 órás felügyelet, amely jól képzett szakemberekből áll.

Ehhez a tevékenységhez a műszaki alapok lényegében adottak. Természetesen nem minden, mert ahhoz, hogy egy ilyen rendszer jól működjön, nemcsak HW és SW műszaki fejlesztésekre, beruházásokra, hanem adminisztratív és jogi lépésekre is szükség van. Ezen lépéseket az **EU szabványok és előírások** is alátámasztják (**6.** sz. melléklet).

2.1 Teszt-üzemi javaslat

Javaslatunk szerint a meglévő folyami kamera rendszert - végleges kiépítésben - az **5G** informatikai rendszerbe célszerű integrálni, és ehhez önálló diszpécser központot létesíteni 24 órás emberi operatív beavatkozásra alkalmas irányító szolgálat bevezetésével, amelynek a feladatai a következők:

- a hajóforgalom állandó figyelése és figyelmeztetések adása, szükség esetén a követési és oldalirányú távolságok, valamint a sebesség betartására (hajófajtához rendelt paraméterek mellett)
- kirívó forgalmi vagy egyéb szabálytalanság esetén rendőrjárőr értesítése és küldése
- baleset esetén baleseti szemléző járőr, mentők, tűzoltók és a vízi mentők, valamint a katasztrófavédelem közvetlen irányítása
- havaria, vagy más üzemeltetési probléma esetén technikai eszközök bevetése – pld. drónok, amelyek kutató, illetve közvetlen segítség nyújtásra is alkalmasak.
- víz/levegő szennyezésre, vagy nem azonosítható úszóműre vonatkozó információk gyűjtése és kezelése.
- "ember a vizben" riasztás esetén, drónos mentőmellények alkalmazása – példa a VMSZ siófoki szakszolgálat rendszere
- forgalmi korlátozások automatikus és/vagy élő üzenetek küldése az érintett folyamszakaszon közlekedőknek

Fenti irányító tevékenység ellátásához ki kell dolgozni egy összes hajófajtára vonatkozó műszaki paramétersort - amely az önjáró teher és konténerhajók, személyszállító hajók, tolóhajók (természetesen a tolatmányoktól függő méretekkel), a 20 fm alatti személyhajók, ill. a 20-40 fm közötti személyhajókra vonatkozik. Ezen műszaki paraméterek az egyes hajó fajtákra vonatkozóan, az elsőbbségi szabályok által meghatározott folyam km szakaszokon - az engedélyezett hajózási korlátozó paramétereket is meghatározzák.

Ezeket a paramétereket (**1.** sz. melléklet) be kell illeszteni a fővárosi folyó szakaszokkal kapcsolatos közlekedési szabályzatba. Ugyancsak itt célszerű szabályozni, hogy mely hajó típusokon milyen alapvető műszaki felszereltséget kell biztosítani rossz látási viszonyok közötti, ill. éjszakai hajózási szolgáltatások ellátásához. A megfelelő képesítési előírások betartását hatóságilag rendszeresen ellenőrizni kell.

Ugyancsak egyértelműen meg kell határozni a kikötésekkel, valamint a 100 m-t meghaladó hajók irányváltásával kapcsolatos manőverek végrehajtására, illetve a manőverekhez tartozó figyelmeztető jelzések kötelező használatára vonatkozó szigorú utasításokat.

A fentebb leirt szabályozásokat és az 5 G-s kamera hálózatra támaszkodó diszpécser rendszert egy előkészítő munka eredményeként célszerű teszt üzemben elindítani, amelyhez megfelelő írott szabályzati (több-nyelvű kiadvány) hivatalos terjesztését és személyzeti oktatást követően lehet bevezetni.

Ehhez azonban még célszerű kidolgozni egy olyan értékelő táblázatos algoritmust, amely bázisán a különböző szabályok betartása, valamint az azokból következő intézkedések és esetleges baleseti események valóságot tükröző értékelése automatikusan megtörténhet bármely folyószakaszi folyam km esemény és következményei formájában.

Ezt az értékelést a későbbiekben javasolható felhasználni a megindítandó fejlesztési projekt kidolgozásának munkálataihoz. Fentiekből adódó eredmények hozzájárulnak ahhoz, hogy a szakemberek számára kialakítja azon fókusz csoportos intézkedések lehetőségeit, amelyek az egyes folyam km szakaszokra jellemzően meghatározzák a forgalmi korlátozó feltételeket a későbbi projekt mesterséges intelligencia (**MI)** bázisú alkalmazásaira.

2.2 A fejlesztési projekt célkitűzései

- illeszthető legyen a jelenleg már fejlesztés alatt álló "intelligens bójarendszer" HW/SW szerkezetébe (KÖVIM-RSOE CEF projekt)
- telepíthető legyen a Balaton, Velencei-tó és a Tisza-tó területére
- funkcionális bővítése tegye lehetővé baleset esetén, az adott hajó főbb berendezéseinek, diagnosztikai állapotának, valamint a személyzeti beosztások aktuális lekérdezését
- a diszpécser számára tegye lehetővé az adott eset automatikus beavatkozás, üzenet stb. esetén, ha annak eredménye nem mutatkozik, vagy ha több objektum közötti baleseti veszély nem hárul el, olyan kapcsolatot létesíteni az objektumokkal, amely eredményes kommunikációt, és/vagy beavatkozást hoz létre, a baleseti helyzet kezelésére,
- hasonló kommunikációs kapcsolat létrehozásával képessé váljon a mentési és katasztrófavédelmi személyzetet összekapcsolni az adott eseményben résztvevő objektumokkal a segítség adás előmozdítására, ill. a még a hajón lévő utasok és személyzet pánik helyzetének feloldására is.

3. Informatikai rendszer

Elképzelésünk szerint az informatikai rendszert három lépcsőben érdemes megvalósítani – nem utolsó sorban gazdasági, pénzügyi okok, valamint honvédelmi és katasztrófa védelmi szempontok figyelembe vételével.

1. A meglévő információs hálózatok HW-es és SW-es kibővítése, módosítása és egy forgalomirányító központ létrehozása, Budapest székhellyel, valamint a későbbiekben további alközpontok létesítése a Duna és a Tisza mentén.
2. Új informatikai hálózat üzemeltetése a kiépítendő 5G rendszerekre alapozva (az 5G inf. rendszer konkrét műszaki paramétereit még definiálni kell. Az első 5G szolgáltatások már 2019. harmadik negyedévben elindulhatnak a 3,6 GHz frekvenciatartományban, a nagy kapacitású innovatív szolgáltatások várhatóan csak 2020 után lesznek elérhetőek.)
3. Országos irányítástechnikai alközpontok létesítése (min. 4 db. a Dunán és 2 db. a Tiszán) - a már kiépített rendszerek tapasztalatai alapján - valamint a Balatonon, későbbiekben a Velencei tavon és a Tisza tavon.

Az informatikai rendszer terepi kiépítésének első ütembeli HW alapjai nagy részben rendelkezésre állnak – felhasználva a már telepített eszközöket – lásd a (**2.** sz. melléklet) NOVOFER Zrt. informatikai rendszereit.

A projektben, a központi forgalomirányítás fejlesztését az alábbi három szinten javasoljuk végrehajtani

1. **Diszpécser központ fejlesztése.** Kiterjed az irányítással kapcsolatos, minden információ kétirányú áramlásának nagy biztonsággal történő megvalósítására. Ide értve annak a képességnek az ellenőrzését is, hogy a belépő járműnek minden, a biztonsággal kapcsolatos eszköze, berendezése hibátlanul működik. Intelligens kommunikációs felügyelet alkalmaz. Ez a Központ biztosítja az optimális mozgásokat és az információk tárolását is. Időben beavatkozik, ha a forgalmi előírásoknak nem megfelelő a helyzet, vagy kritikus-közeli helyzet kezd kialakulni. (A Diszpécser központ lokális beüzemelését követően, országos központtá fejleszthető.)

2. **Vízi járművek egymásközi mozgásának automatikus irányítása**. Jármű-jármű optimális dinamikus kapcsolatának és kiterjed a jármű - infrastruktúra dinamikus kapcsolatának irányítása is. Ez a vízi járművek fedélzetére telepített intelligens rendszer. Autonóm vízi járműirányítás történik, robotpilóta /robotkapitány modell – rendszer kiépítésével és megvalósításával.

3. **Automatikus irányító központ fejlesztése, optimális vízi irányító rendszer telepítése.** (Ez a Diszpécser központ továbbfejlesztése.) Minden, a körzetébe tartozó vízi jármű pozícióját pontosan meghatározza, előre számol, és optimális fogalomirányítást hajt végre.

A 2. és 3. fejlesztésekhez kiválóan alkalmazhatók a **Módosított Intelligens Driver Model (IDM)** (**3. sz.** melléklet**)** modellek területén végzett tudományos kutatásaink és az irányításnál a **Model predictive control (MPC) alkalmazása** (**4. sz.** melléklet) [7-11].

A módszernél még felhasználjuk a nagyméretű hálózatok és környezetükre vonatkozó kutatásainkat is (**5.** sz. melléklet), amely a közlekedési folyamatok összetett kapcsolatrendszerét írja le. A most előkészített javaslatunk alapján megállapítható az is, hogy az autonóm járműipari kutatások kiterjeszthetők és általánosíthatók az autonóm vízi járművekre és irányításuk területére is [12-21].

A forgalomirányítási központ kiépítése az egyik lényeges feladat, valamint az ehhez tartozó szoftverrendszer fejlesztési tevékenység is. Megállapítható, hogy a technikai megoldásokban ehhez kitűnő hazai lehetőségek állnak a rendelkezésünkre! Figyelembe lehet és kell venni, a Hungarocontrol Zrt. kitűnő szakmai tapasztalatait és ismereteit, amelyekre mindenképp támaszkodni kell. Hasonlóan, igen fontos az a magas szintű mérnöki szakmai tudásbázis, amelyet a Magyar Mérnökakadémia nyújt ehhez a projekthez. Örömmel állapítható meg, hogy mindkét irányból teljes támogatást kapott a projekt.

A SW a kötelezően leadott hajózási útvonal tervekkel együtt és egyéb adatok alapján, 3D profilokat számol és rajzol fel, akár több százas nagyságrendben és ezek között 20-25 percre előre képesnek kell lennie a potenciálisan problémás helyzetek észlelésére. Emellett a valódi radaradatok és nagy felbontású széles spektrumú CCD kamerák alapján, rövid távú konfliktuskutatást is végez, és cca. 5-10 másodpercenként újraértékeli az egész forgalmi helyzetet.

A nyári csúcsidőszakban lehet olyan nap, amikor több száz jármű mozoghat egyidejűleg a monitoron. A szoftver úgynevezett SSR kód helyett, az AIS lesugárzott rádióhívójelet kell, hogy használja a vízi járművek azonosítására a térbeli pozíció, valamint a megadott útvonal terv összerendelésére.

1. ábra: a MATIAS 10.0 rep. irányítási rendszer egy operátori munkaállomását mutatja [6]

Egy-egy új verzióhoz (build) való hozzákezdés előtt figyelembe kell venni az aktuális trendeket és szabályozásokat, az irányítók igényeit, saját fejlesztéseket, majd egyeztetés után indulna a SW fejlesztése.

Ha kész van a build, akkor a tesztelés következik előbb a gyártónál, majd a szoftverhibák kijavítása után, hónapokkal később normál üzemben. Egy build általában tíz-húsz kisebb nagyobb fejlesztési igényt szolgál ki. Ennek része a **CPDLC** (Controller Pilot Data Link Communications) képesség, ami tulajdonképpen automatikus sms-re cseréli a jelenlegi fónikus telefonálgatást.

Az irányító és a hajó közti adatkapcsolati kommunikáció bevezetése elsősorban a növekvő vízi forgalom miatt egyre telítettebb frekvenciák miatt szükséges.

Egy körzethez ugyanis egy frekvencia tartozik, ezen kommunikál az irányító központtal az adott időben arra hajózó objektum. A néhány másodperces rádiózás nem tűnik soknak, de a csúcsidőszakokat nézve, a félreértések elkerülése miatt fontos visszaolvasási szabályt is beleszámítva igencsak sűrű lehet egy-egy frekvencia. Ha a kommunikáció egy része adatkapcsolaton történik, az a hangforgalmazáshoz képest elenyésző ideig terheli a csatornát, másrészt gyakorlatilag lecsökken a félreértések, félrehallások esélye.

A szoftver fejlesztés célja az, hogy egyre több információt láthasson a központi forgalomirányítás, viszont elég keveset és elég kényelmes formában ahhoz, hogy a képernyőn látható adatmennyiség még emberileg kezelhető maradjon.

Konklúzió

1. Központosított forgalom irányítás általános következménye a belvízi hajózás biztonságára

Nem elkerülhető egy megfelelő hatástanulmány kidolgozása, amelyet a prognosztizálható **2030-as dunai forgalomra kell tervezni.** Figyelembe véve a nemzetközi hajózási mobilitást, ami várakozásaink szerint mind a teher, mind a személyhajózásban legalább 4x-es többlet forgalmat fog előidézni a jelenlegi (2019) hajó forgalomhoz képest.

Ezt a forgalmi igényt nem lehetséges más módon kiemelt fontossággal bíró nemzetközi belvízi úton megfelelő biztonság mellett irányítani. Az automatizált funkciók mellett a nemzetközi gyakorlatok szerint, a szabályok betartását is felügyelő humán akció beléptetése többlet lehetőséget biztosít a havaria helyzetek várható limitálási esélyére.

Itt kell azt is kiemelni, hogy a Duna a fővároson kívül is, számos helyen nehéz navigációs viszonyokat ad, amelyeket jelenleg fizikai beavatkozásokkal is fejlesztenek a korlátozott vízmélység és kisvíz/nagyvíz ingadozások kompenzálására.

Ezért néhány helyen mederszűkítéseket is végeznek, ami esetlegesen adott lokációban forgalmi irányváltási és elsőbbség kezelési szabályozást is igényelhet. Ezen helyek központi irányítása is lehetővé válik a javaslat szerinti módon.

Egyben ki kell hangsúlyozni az oktatás, valamint az után képzések szerepét a biztonság fenntartásában, amelyet ma már a szimulátoros képzések frekventált alkalmazása is kiszolgálja a hajóvezetők terén, főként az éjszakai és rossz időjárási viszonyok melletti kritikus helyzetek lokációiban. Ezt ismerte fel a nemzetközi szabályozás a képzési tréningek előírásainak betartásával.

Az általunk javasolt rendszer ehhez a továbbképzési módszerhez alkalmas, automatikusan dinamikus statisztikai feldolgozásokat is biztosít, főként az alábbi funkciókkal, amelyek egyben a mesterséges intelligencia alapú irányítás számára is alapadatok lesznek:

- kritikus események, jármű-típus/lokáció,
- kritikus navigációs helyzetek, forgalmi tömeg/navigáció/humán viselkedés
- időjárási viszonyok lokációs előrejelzése,

Fentiek előrebocsátása mellett az a javaslattevők véleménye, hogy a fejlesztés igénye ma már a balesettől függetlenül is alapvetően szükségessé vált, és a hazai innovációs technológiák és a humán kapacitások alkalmasak megfelelő nemzetközi színvonalú SW kifejlesztésre és annak alkalmazási gyakorlata lehetővé teszi a termék piaci értékesítését is.

A Dunán és egyéb hazai vizeken előre prognosztizálható a belvízi hajózás növekedése (adatok, táblázatok, grafikák szükségesek) ki fogja kényszeríteni a forgalom irányítás átalakítását is.

Javaslatunk elfogadása és végrehajtása, véleményünk szerint egyéb területeken is közvetlen, és/vagy közvetett hatást gyakorolhat az alábbi területekre:

- az előre látható baleseti szituációk elkerülése az **MI** (mesterséges intelligencia) szolgáltatások alkalmazásával
- az esetleges vis major baleseteknél a központosított mentés irányítás real-time és on-line biztosítása

2. A belvízi és a tengerhajózási közép és felsőfokú képzések népszerűsítése és korszerűsítése a Mérnök képzésben

Példaként – Számítógépes szimulátorok telepítése - amelyekkel különböző folyamhajózási helyzeteket lehet modellezni, valamint kritikus forgalmi szituációk elemzését is lehetséges lenne elvégezni.

Ez egyben a korszerű oktatási színvonal emelését is jelenti, valamint az egyetemi továbbképzés része lehet. Megvalósulása esetén, nemcsak a hazai folyami és tengeri tisztképzést támogatja, hanem külföldi hallgatókat is fogadhat (persze költségtérítéssel).

Abban is biztosak vagyunk, hogy ezt az elképzelést az EU is támogatná.

Ugyancsak a témához tartozónak véljük az integrált bel és külföldi szállítási módszerek – um. konténerizáció alkalmazásának jelentős szerepét és annak gyakorlati oktatását is.

3. Az 5G IT rendszerek elterjesztésének, valamint az **MI** alkalmazások várható társadalmi következményének áttekintése, példaként bemutatva a központosított forgalomirányítási rendszert.

4. ES-TRIN / 2017 belvízi és tengerparti hajózásra, ill. kikötőkre vonatkozó szabványok és ajánlások figyelembe vétele és alkalmazása.

5. Korszerű redundáns informatikai rendszerek honvédelmi alkalmazásai

Mint minden polgári életben alkalmazott széleskörű IT rendszernek, ennek a telepített mikrohullámú adó-vevő, valamint későbbiekben az **5G** alapú megbízható kommunikációs hálózatnak is van honvédelmi, adott esetekben katonai alkalmazása.

Ezért az un. **MIL** követelményeknek (szabványoknak) is célszerű megfelelnie.

- a már kiépített és zavarvédett nagysebességű üvegszálas kommunikációs hálózatokhoz való IT csatlakozás megvalósítása
- a SAT kapcsolatoktól független vezetési pontok közötti ök.-k bővítése
- minősített események (ABV katasztrófa helyzet vagy fegyveres konfliktus esetén) a kiépített vezetékes és vezeték nélküli celluláris rendszerű IT hálózat működő képességének folyamatos biztosítása alternatív kerülőirányokkal

6. Az ember-gép kapcsolat korszerű szemléletének oktatása a felső és közép iskolákban, az innovatív műszaki és természettudományos szemléletmód elterjesztése.

(Jelen tanulmány 2. pontjában már utaltunk ilyen képzési megoldásokra)

7. Környezetvédelmi hatástanulmány része lehet - összefüggésben jelen javaslatunkkal – az alternatív üzemanyagok (LPG) nagyobb százalékos alkalmazása a folyami hajózásban a jelenleg általánosan elterjedt diesel olaj helyett.

8. A belföldi szállítási rendszerek (hajó/vasút/közút) összehangolása a teherforgalom számára és a konténer átrakó állomások fokozott igénybevétele – ez egyben a valós környezet védelmét is szolgálja.

9. Költségelemzések és az elvárható üzleti haszon, beleértve a HW és SW licence értékesítéseket.

Mellékletek

1. sz. melléklet: Hajózási paraméterek:

- kikötőből indulás ellenőrző feltételei,
- megengedett legnagyobb sebesség,
- megengedett követési távolság,
- megengedett oldaltávolság,
- megengedhető előzés az adott szakaszon,
- előírt rádiós kommunikáció az adott szakaszon akciók esetén
- előírt radar alkalmazása az adott szakaszon, ill. akciók esetén

2. sz. melléklet: Informatikai rendszer kiépítése és bővítése

- Mikrohullámú rendszer redundáns hálózati bővítése (optikai kábelhálózatokkal és HUB alközpontokkal)
- VHF rendszer bővítése és korszerűsítése
- AIS rendszer bővítése és korszerűsítése
- DGNSS rendszer bővítése
- Meteorológiai rendszer bővítése és összekötése a Vízügy információs hálózatával
- Radar rendszer bővítése a kritikus hajózási szakaszokon
- Kamera rendszer további kiépítése, főleg a fővárosban
- Egységes felügyeleti és riasztási rendszer az OMSZ és a BM felé
- A biztonságos mobil helymeghatározást szolgáló on-line és real-time GPS alkalmazások technikai lehetőségeinek bővítése, tekintettel arra, hogy a különböző és időben változó időjárási és egyéb külső zavaró körülmények befolyásolhatják a készülékek működési megbízhatóságát.

3.sz. melléklet: Az IDM modell és forgalmi alkalmazása

Az Adaptive Cruise Control (ACC) olyan járműforgalmi rendszer, amely lehetővé teszi a jármű számára, hogy a sebességet a környezethez igazítsa. Az Intelligens Driver Model (IDM), egy adaptív tempomat (ACC) modell, amelyet széles körben használnak a közlekedési kutatásokban a longitudinális mozgások modellezéshez. Treiber, Hennecke és a Helbing 2000-ben, a Drezdai Műszaki Egyetem közlekedési laboratóriuma dolgozta ki az Intelligens Vezető Modellt (IDM), amelyet a BMW autógyár használ.

A klasszikus IDM modellt, folyamatos forgalomáramlás modellezésében alkalmazzák az autópálya és a városi forgalom szimulációjánál.

Ezen munkák eredményei azt mutatják, hogy alkalmazásuk a forgalom hatékonyságágának növekedését idézi elő.

A klasszikus IDM, ütközésmentes modell. Ez kritikus baleseti helyzetben viszont már nem elegendő a biztonság garantálására. Munkáikban az IDM modell pontosabb működésével és módosításaival foglalkoztunk, a járművek valós képességének figyelembe vételével.

A módosítás alapján, a vezetőnek már figyelembe kell vennie az őt követő járművek viselkedését is és ez által, egy új módosított IDM modellt fejlesztettünk ki és teszteltünk le mikroszkopikus szimulátorral a hústabilizálás figyelembe vételével.

Ez a módosított IDM modell már a valódi gépjármű-képességeket helyezte előtérbe. Figyelembe vettük azt a valós folyamatot is, amelynél görbe vonalú trajektóriákon haladnak a járművek. A folytonos trajektória követés esetére levezetett modell-rendszerünk alapján, megállapítható, hogy a trajektória követésre alkalmazott fizikai megfontolások jól hasznosíthatók az előre meghatározott mértékű hibaelkövetést is magában hordozó vezetési technikai stratégiáknál is.

Ez figyelembe veszi a bonyolult, valós forgalmi környezetet és a járművek együttes dinamikáját is.

4. sz. melléklet: Model predictive control (MPC)

A modell prediktív irányítási (MPC) módszer olyan numerikus-optimalizáláson alapuló irányítási módszer, amelynél – diszkrét időt feltételezve – a beavatkozó jel jövőbeni étékeit (véges időhorizonton előretekintve) minden diszkrét időlépésben egy előírt célfüggvény optimálása révén határozzák meg.

A célfüggvény értéke függ a rendszer jövőbeni állapotaitól, melyeket a rendszer-modellje alapján, a beavatkozó jelek és a kezdőállapot függvényében lehet számítani. Az ily módon működő irányítási eljárás esetén, a programalkotó rendszer már teljesen forgalomtól függő és a fő jellemzője az adaptivitás.

Amennyiben a forgalomirányító rendszer kellően fejlett, megfelelő naplózás és a pontos idő ismeretében lehetőség van arra is, hogy meghatározzuk az időfüggő aktuális jelzésképet is.

5.sz. melléklet: A Hálózati forgalmi modell alkalmazása

Ezekhez a kutatásainkhoz a szűkített hálózati forgalmi modellt alkalmazzuk, Péter T, and Bokor J (2011, 2010.1, 2010.2,), Péter T (2012), amely egy tartományban elhelyezkedő „n" szektorból álló „*x"* járműsűrűség állapotvektorral jellemzett belső hálózati elemet tartalmaz. A modellhez „m" darab külső szektorok is tartozik, amelyek közvetlen input és output kapcsolatokkal rendelkeznek valamely belső szektorral, ill., szektorokkal.

Ez utóbbiak „*s"* járműsűrűség állapotvektorát valósidőben történő mérés alapján ismertnek tekintjük.

6. sz. melléklet: EU szabványok és előírások jegyzéke

ES-TRIN-2017 szabvány, A belvízi hajók műszaki követelményeit meghatározó európai szabvány.

ADN-2017 szabvány Veszélyes Áruk Nemzetközi Belvízi Szállításáról szóló Európai Megállapodáshoz (**ADN**) csatolt **Szabályzat** belföldi alkalmazásáról.

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) **2017/2397 IRÁNYELVE** (2017. december 12.) a belvízi hajózásban szükséges szakmai képesítések elismeréséről, valamint a 91/672/EGK és a 96/50/EK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg).

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) **2016/1629** IRÁNYELVE (2016. szeptember 14.) a belvízi hajókra vonatkozó műszaki követelmények megállapításáról, a 2009/100/EK irányelv módosításáról és a 2006/87/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről.

Irodalomjegyzék

[1] Götz Sándor – A hajóipar lehetőségei az Innovatív Járműgyártás területén - NIH 2013

[2] PannonRIS Folyami Információs Rendszer Távközlési és rendszertechnikai megoldásai OKF HTE 2019.04.15.Turcsán Zsolt - NOVOFER Zrt.

[3] „Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project”

[4] IEEE Communications Magazine 52 (5), 26. 35.o. DOI:10.1109/MCOM.2014.6815890. ISSN 0163-6804

[5] 5G Mobile and Wireless Communications Technology. Cambridge University . ISBN 9781107130098. „Leading Towards Next Generation "5G" Mobile Services”, Federal Communications Commission

[6] Hungarocontrol - Matias 10.1 rep. irányítási rendszer ált. ismertetése

[7] Tamás Péter and István Lakatos, Vehicle Dynamic-based Approach for the Optimization of Traffic Parameters of the Intelligent Driver Model (IDM) and for the Support of Autonomous Vehicles' Driving Ability, Acta Polytechnica Hungarica Vol. 16, No. 3, 2019. pp. 121 – 142.

[8] T. Péter, F. Szauter, Z. Rózsás, I. Lakatos, Integrated application of network traffic and IDM models in the test laboratory analysis of autonomous vehicles and electric vehicles, Int. J. Heavy Vehicle Systems, **(ISSN: 1744-232X)** 24. (2019). pp. 1-18.

[9] Derbel, O., Péter, T., Mourllion B., & Basset M. (2017), 'Generalized Velocity–Density Model based on microscopic traffic simulation', Transport, DOI: 10.3846/16484142.2017.1292950 To link to this article: http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2017.1292950 ISSN: 1648-4142 (Print) 1648-3480 (Online) Journal homepage: http://www.tandfonline.com/loi/tran20

[10] Derbel, O., Peter, T., Zebiri, H., Mourllion, B., Basset, M. (2013). 'Modified intelligent driver model for driver safety and traffic stability improvement', IFAC Proceedings Volumes 46(21): 744–749. https://doi.org/10.3182/20130904-4-JP-2042.00132

[11] Derbel, O., Peter, T., Zebiri, H., Mourllion, B., Basset, M. (2012). 'Modified intelligent driver model', Periodica Polytechnica Transportation Engineering 40(2): 53–60. https://doi.org/10.3311/pp.tr.2012-2.0

[12] Péter, T. (2012) 'Modeling nonlinear road traffic networks for junction control', International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS), 2012, Vol. 22, No. 3. pp. 723-732. DOI: 10.2478/v1006-012-0054-1

[13] Peter, Fülep and Bede (2011) 'The application of a new principled optimal control for the dynamic change of the road network graph structure and the analysis of risk factors', 13th EAEC European Automotive Congress 13th-16th June 2011. Valencia – SPAIN Society of Automotive Engineers (STA), 2011. pp. 26-36. (ISBN:978-84-615-1794-7)

[14] Péter T. and Bokor J. (2011) 'New road traffic networks models for control', GSTF International Journal on Computing, vol. 1, Number 2. pp. 227 -232. DOI: 10.5176_2010-2283_1.2.65 February 2011

[15] Péter T., and Bokor J. (2010.1) 'Research for the modelling and control of traffic', In: Scientific Society for Mechanical Engineering, 33rd Fisita-World Automotive Congress: Proceedings, Budapest, Magyarország, 2010.05.30-2010.06.04. Budapest: GTE, 2010. pp. 66-73. (ISBN:978-963-9058-28-6)

[16] Péter T., and Bokor J. (2010.2) 'Modeling road traffic networks for control', Annual international conference on network technologies & communications: NTC 2010. Thaiföld, 2010.11.30-2010.11.30. pp. 18-22. Paper 21. (ISBN:978-981-08-7654-8)

[17] Péter, T. and Lakatos I. (2017) 'Hybrid model of vehicle and traffic for combined dynamic analysis', Int. J. Heavy Vehicle Systems, (ISSN: 1744-232X) 24: (2) pp. 1-14. (2017).

[18] Péter, Tamás és Szabó, Krisztián (2017) Combined Mathematical Modeling of Different Transport Networks, Considerations and Complex Analysis. ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA, 14 (2). pp. 7-26. ISSN 1785-8860 10.12700/APH.14.2.2017.2.1

[19] Peter, T., Lakatos, I., Szauter, F., Pup D. (2016) 'Complex analysis of vehicle and environment dynamics', 12th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications. (MESA) August 29-31, 2016, Auckland, New Zealand, pp. 1-7. Paper 34. (ISBN:978-1-5090-6190-7)

[20] Péter, T., Lakatos, I. and Szauter, F. (2015) 'Analysis of the complex environmental impact on urban trajectories', ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference: Mechatronics for Electrical Vehicular Systems, 2–5 August, Boston, Massachusetts, USA, Paper No. DETC2015-47077, pp. V009T07A071; p.7, DOI: 10.1115/DETC2015-47077, ISBN: 978-0-7918-5719-9.

[21] Péter T., Fazekas S. (2014) 'Determination of vehicle density of inputs and outputs and model validation for the analysis of network traffic processes', Periodica Polytechnica Transportation Engineering 42:(1) pp. 53-61. (2014) (Budapest University of Technology and Economics)

A kísérleti budapesti mobilitási pont hatásainak elemzése

Dr. Andrejszki Tamás – Tóth Patrik – Dr. Csendes Bálint – Dr. Munkácsy András – Kovács Tamás

Közlekedéstudományi Intézet
telefon: +36 1 3715806
e-mail: andrejszki.tamas@kti.hu, toth.patrik@kti.hu, csendes.balint@kti.hu, munkacsy.andras@kti.hu, kovacs.tamas@kti.hu

Kivonat: 2019. május 1. és június 30. között kísérleti jelleggel „mobilitási pont” működött a budapesti Szent Gellért téren a Cities4People európai uniós kutatás-fejlesztési projekt keretében. A német és osztrák városok példái alapján, közösségi tervezéssel kialakított mobilitási ponton a felhasználók öt szolgáltató megosztáson alapuló mobilitási eszközeit (kerékpár, elektromos roller, elektromos autó) vehették igénybe. Jelen tanulmány a szolgáltatók bérlési adatai, illetve a felhasználók és a szolgáltatók visszajelzései alapján, statisztikai és térinformatikai módszerek alkalmazásával a kísérleti beavatkozás eredményeit ismerteti. Fő következtetése, hogy a mobilitási pont alkalmas eszköz lehet a (főként free-floating rendszerben üzemeltetett) mikromobilitási eszközök rendszerezett, városi közlekedésbe integrált, fenntartható használatának elősegítéséhez.

Kulcsszavak: mobilitási pont, mikromobilitás, megosztás alapú közlekedés, fenntartható városi mobilitás

Bevezetés

A Cities4People (C4P) projekt célja közösségi tervezés révén olyan emberközpontú mobilitási megoldások kialakítása, megvalósítása és értékelése, amelyek a későbbiekben jó példaként szolgálhatnak más európai városok számára, és hasznosak lehetnek a jövőbeli hazai mobilitástervezési folyamatok során is. A projekt öt európai város (Trikala, Hamburg, Oxfordshire megye – Oxford, Isztambul – Üsküdar kerület és Budapest) helyi, lakókörnyéki (*neighbourhood*) szintű közlekedéssel kapcsolatos közös kihívását kívánja megoldani [1]. A projekt hazai partnerei: Budapest Főváros Önkormányzata, Budapesti Közlekedési Központ (társult partner), Közlekedéstudományi Intézet.

A projekt budapesti célterülete a Duna-part Margit híd és Műegyetem rakpart közötti budai szakasza. 2019. május-júniusi pilot beavatkozások – köztük egy mobilitási pont – a több mint egyéves közösségi tervezési folyamat részeként lettek bevezetve [2]. A mobilitási pontok fő célja a többféle közlekedési mód és szolgáltatás elérhetővé tétele mindenki számára, központi helyre, kis területre koncentrálva. A bécsi városi mobilitási terv [3: 68] szerint: *„A Mobilitási Pont egyszerű és gyors hozzáférést biztosít az alacsony károsanyag-kibocsátású mobilitási megoldásokhoz a nap 24 órájában”*. A tanulmány célja, hogy bemutassa a Szent Gellért téren létesített mobilitási pont működését, illetve annak hatásait.

1. A mobilitási pont kialakítása

1.1 Közösségi tervezés

A C4P projekt keretében kidolgozott közösségi tervezési módszerek [4] alapján Budapesten 2017 nyarán kezdődött meg az a folyamat, amely egy mobilitási pont kialakításához vezetett. A közösségi tervezési folyamat során a lakosság és más érintettek bevonásával azonosítottuk a célterület mobilitási problémáit, majd közösen átfogó megoldási javaslatokat dolgoztunk ki. A közösségi tervezés gyakorlati feltételeinek megteremtéséhez létrehoztuk a Lakossági Mobilitási Műhelyt, amely 2018 tavaszán és nyarán több helyszínen várta az érdeklődő, együtt gondolkodásra, közös tervezésre nyitott városlakókat. Az interaktív folyamat során a felmerült problémákra reagáló, innovatív mobilitási megoldásokat tartalmazó beavatkozási ötletlistát dolgoztunk ki. A megoldási javaslatok közül a lakosság online és offline is elérhető szavazással választotta ki, hogy melyik legyen az a három beavatkozás, amelyet 2019 tavaszától kísérleti jelleggel kipróbálunk és értékelünk. A három kísérleti beavatkozás részleteit a projektpartnerek szakértő közreműködők bevonásával dolgozták ki. A beavatkozások egyike a Szent Gellért téren létrehozott, különféle közlekedési szolgáltatást magában foglaló – külföldi példa [5] nyomán javasolt – mobilitási pont volt.

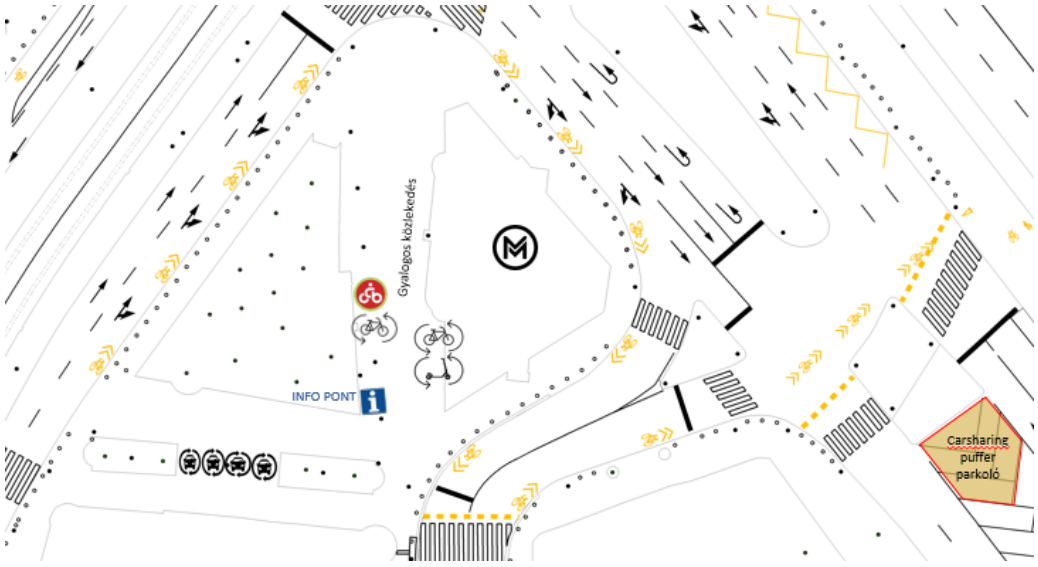
1.2 A mobilitási pont kialakításának alapelvei

A kísérleti budapesti mobilitási pont tervezéséhez német és osztrák városokban rendszerszinten működő mobilitási pontok adtak jó példát. A budapesti mobilitási pont létrehozásának további fő céljai:

- A *multimodális közlekedés*, a *megosztáson alapuló mobilitás* (shared mobility) és az aktív közlekedés népszerűsítése.
- Az *innovatív* (kis helyfoglalású, környezetbarát, fenntartható eszközök, mobilalkalmazás-alapú, megosztáson alapuló rendszerek) közlekedési szolgáltatások bemutatása/népszerűsítése.
- A városlakói *visszajelzések* és a bevont szolgáltatók üzemeltetési *tapasztalatainak értékelése*. A tesztidőszak eredményei segítik a felkészülést a jelenlegi budapesti közösségi közlekedési szolgáltatási csomag kiterjesztésére/fejlesztésére.
- *Mikromobilitással* kapcsolatos igények, szükségletek, lehetőségek és kockázatok kutatása, megértése.
- *Tapasztalat gyűjtése* az együttműködésről az elmúlt hónapokban egyre több európai városban felbukkanó mikromobilitási szolgáltatókkal.

1.3 A budapesti mobilitási pont

A Szent Gellért téri mobilitási pont 2019. május 1-én nyílt meg. Az M4 feljáró előtti téren öt szolgáltató eszközeit vehették igénybe a felhasználók: két közösségi kerékpármegosztó, két közösségi autómegosztó és egy közösségi elektromosroller-megosztó volt jelen. A téren (egy új) dokkoló állomás mellett több új kerékpártámasz is létesült. Az elektromos autók számára két-két parkolóhely létesült a tér déli részén, feloldva a tér parkolási tilalmát a szolgáltatók járművei számára. A rollerek részére nem jelöltek ki pontos parkolóhelyeket: a kerékpáros támaszok mellett megfelelően el lehetett helyezni az eszközeit, amint azt a mobilitási pont terve (2. ábra) is mutatja.



2. ábra: A budapesti mobilitási pont terve

2. A mobilitási pont hatásai

2.1 A kutatás módszertana

Az elemzés alapját a mobilitási ponton jelen lévő öt szolgáltató által elektronikusan gyűjtött bérlési adatok képezik. A mobilitási pont működése közbeni bérlések számát egyrészt az előző évi azonos időszak, a mobilitási pont megnyitását közvetlenül megelőző időszak és a mobilitási pont bezárását közvetlenül követő időszak bérléseit vettük figyelembe a Szent Gellért tér vonzáskörzetében. A 3. ábrán látható lehatárolásban tehát nem csak a Szent Gellért téri mobilitási pont bérlései a mérvadóak: így megkülönböztethetővé válik, hogy a környékbeli bérlések helye tolódott-e át a mobilitási pontra, vagy nőtt a bérlések száma (a lehatárolt területen) a mobilitási pont működése során. Ezáltal tehát azok a bérlésekkel történtek a számítások, amelyeknek kezdőpontja vagy végpontja a 3. ábrán látható területen belül találhatóak.

A teljes összehasonlításnak több korlátja is van. Az e-roller megosztó szolgáltatásai 2019. május 1-én (a mobilitási pont megnyitásával) indultak el Budapesten, így ezeket a bérléseket nem tudjuk korábbi adatokhoz viszonyítani. Az egyik autómegosztó szolgáltatónál olyan mértékben bővült a szolgáltatás elérhetősége (nagyobb lett a zónahatár, illetve több lett a jármű), hogy a vállalat a 2018-as adatokat nem tartotta összehasonlításra alkalmasnak. Emellett a mobilitási pont zárása utáni időszak adatai is hiányoznak ennél a szolgáltatónál.

Az idősorokon felül vizsgáltuk, hogy hogyan alakult a napi bérlések átlaga a bontott időszakokban, azaz:

- 2018. május 1. és június 30. között;
- 2019. május 1. előtti két hét;
- **2019. május 1. és június 30. között (mobilitási pont üzemelése);**
- 2019. június 30. utáni három hét.

Végül pedig a GPS koordináták alapján hőtérképen vizualizáltuk, hogy a zónából induló felhasználók jellemzően hová utaznak, illetve a zónába érkezők honnan indulnak.

3. ábra: A budapesti mobilitási pont lehatárolt vonzáskörzete

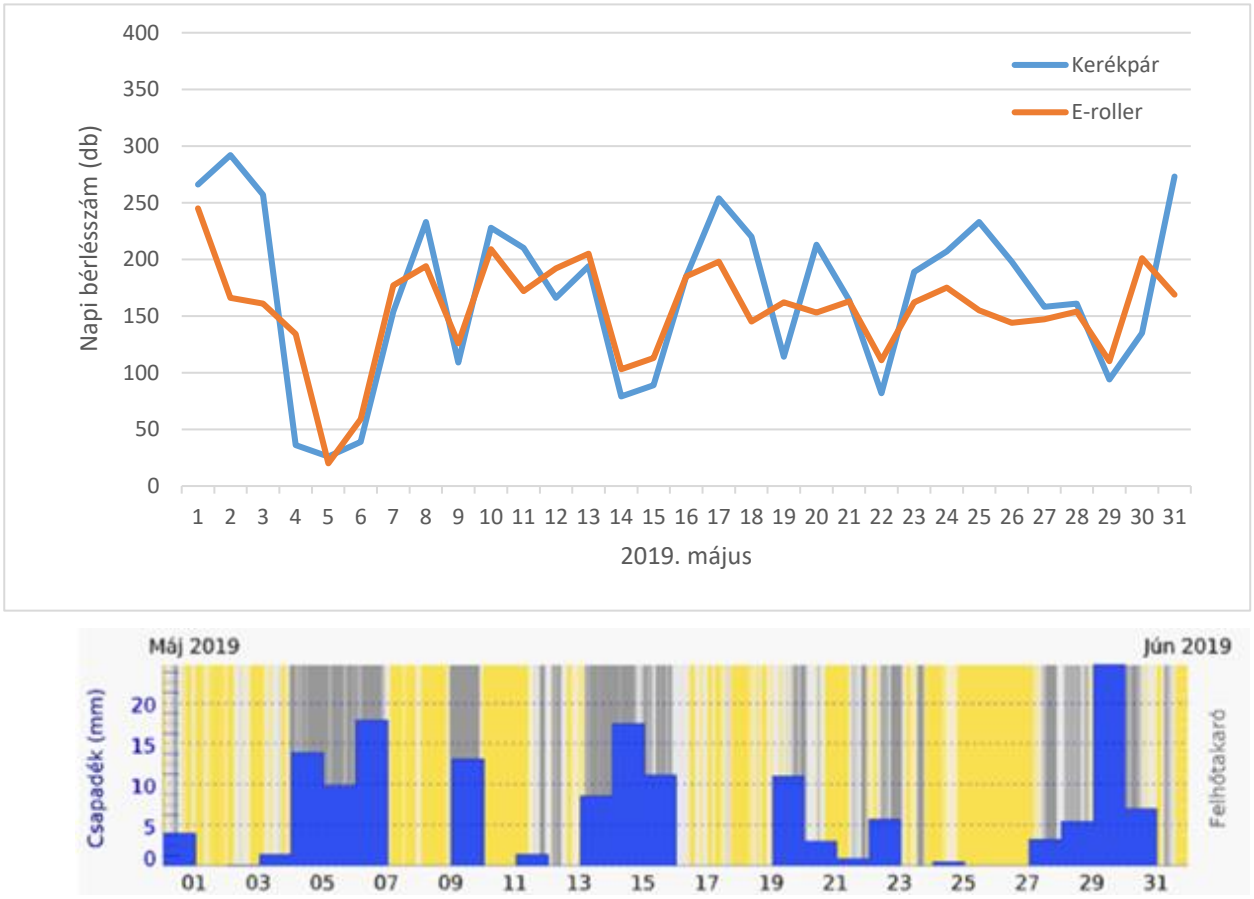
2.2 Eredmények

A mobilitási pontot két hónap alatt összesen 2535 felhasználó vette igénybe a szolgáltatók által megküldött bérlési adatokból következően – kerékpárt 7-en, illetve 822-en, e-rollert 1483-an, (jellemzően elektromos) autót 69-en, illetve 154-en vettek fel vagy adtak le a Szent Gellért tér közepén. Az alacsony bérlésszámú kerékpármegosztó szolgáltatás aktivitása alapvetően azzal magyarázható, hogy a szolgáltatást zömmel igénybe vevő turisták számára a felső rakpart sétányán található támaszok kényelmesebben megközelíthetőek: 205 bérlés történt a mobilitási pont üzemelése alatt a szomszédos támaszoknál. Ennek tükrében kijelenthető, hogy a mobilitási pont nem volt hatással e kerékpármegosztó szolgáltatásaira – így a továbbiakban e szolgáltató adatait nem vesszük figyelembe. A többi szolgáltatást tekintve az 1. táblázatban láthatók a napi átlagos bérlésszámok adott időszakokra vonatkozóan a mobilitási pont vonzáskörzetében.

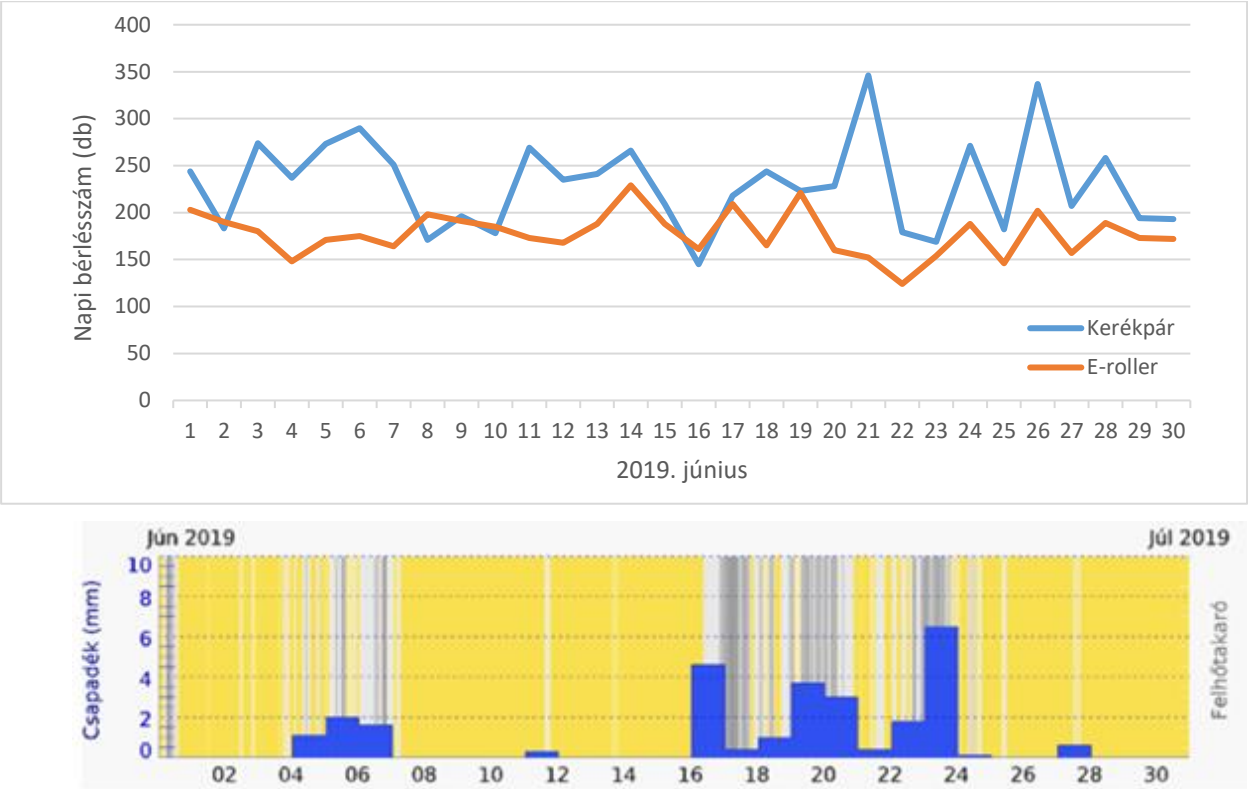
1. táblázat: Átlagos napi bérlések száma a mobilitási pont vonzáskörzetében

	Kerékpár megosztó	E-roller megosztó	Autó megosztó	Autó megosztó
2018. május-június	342,8	n.a.	n.a.	35,3
2019. május 1. előtti két hétben	215,1	n.a.	10,5	39,9
2019. május-június	**199,5**	**165,9**	**13,3**	**36,4**
2019. június 30. utáni három hétben	231,2	200,8	n.a.	31,1

Az 1. táblázat adatai szerint egyik szolgáltatónál sem emelkedik ki egyértelműen az átlagos napi bérlésszám a mobilitási pont működése alatt. Az egyik autómegosztónál csökkenő tendenciát figyelhetünk meg, míg a másiknál növekedést (a 2019. júliusi adatok hiányában). A rollereket is többen bérelték 2019 júniusa után, a kerékpárok esetén pedig a mobilitási pont időszaka gyengébb volt a vonzáskörzetben, mint előtte vagy utána. A kerékpár- és rollerbérlések esetén azonban fontos megjegyezni az időjárásra való érzékenységet, amelyet jól szemléltet a 4. és 5. ábra. Egyértelműen látszódik, hogy a csapadékos napoknál jelennek meg az idősorok lokális minimumértékei.

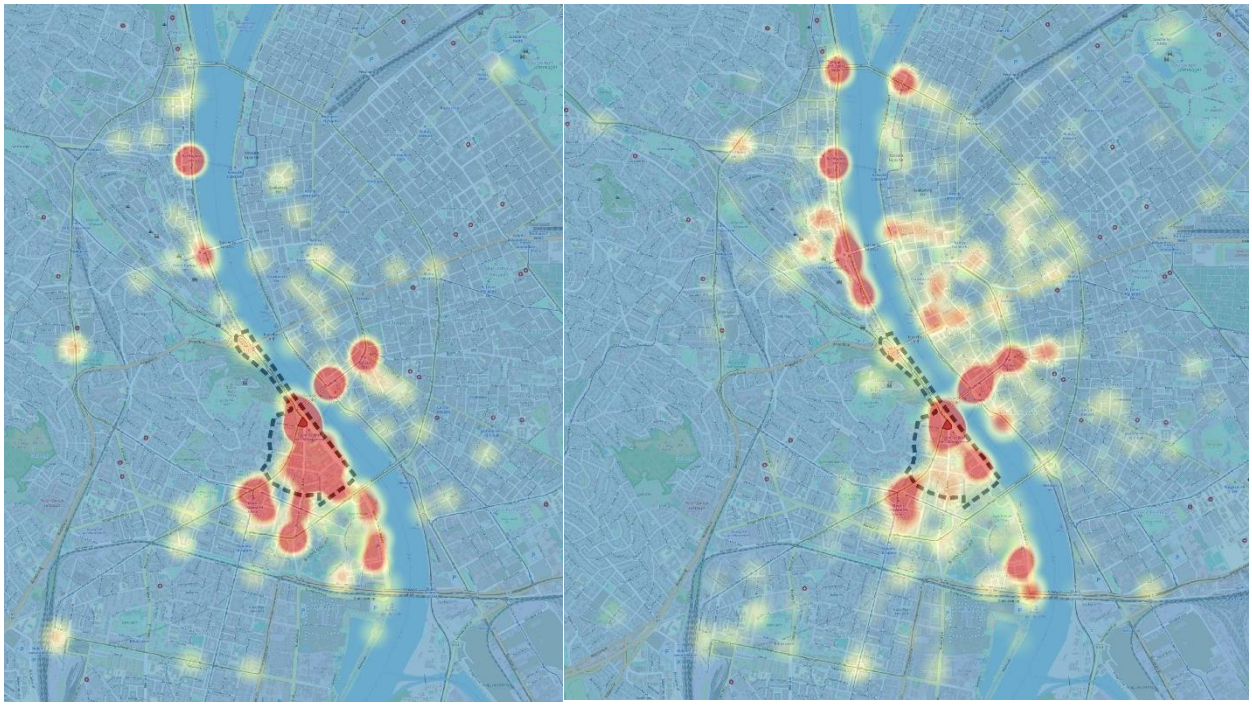


4. ábra: A kerékpárok és az e-rollerek vonzáskörzetbeli napi bérléseinek, illetve a csapadék napi mennyiségének alakulása 2019 májusában [6]



5. ábra: A kerékpárok és az e-rollerek vonzáskörzetbeli napi bérléseinek, illetve a csapadék napi mennyiségének alakulása 2019 júniusában [6]

Amennyiben csak a mobilitási pont használóit vesszük számba (tehát nem a teljes vonzáskörzetet), releváns kérdés lehet, hogy mi az úti céljuk az innen indulóknak és mi a kiindulási pontjuk az ideérkezőknek. Az autómegosztók esetén kevés pont áll rendelkezésünkre, amelyekre jellemző, hogy arányaiban sok utazás kötődik feltételezhetően egy-egy rendszeres felhasználóhoz, a többi utazás pedig teljesen véletlenszerűen oszlik el Budapest teljes területén, ezért a térképi elemzés eredménye nem tekinthető reprezentatívnak a mobilitási szolgáltatások szélesebb felhasználói körére nézve.



6. ábra: A mobilitási ponthoz érkező, illetve onnan induló e-rollert bérlők kiindulópontjai (balra) és utazási céljai (jobbra)

A mobilitási pont területéről induló vagy oda érkező e-rollerek bérlési adatait tekintve (6. ábra) feltűnő a különbség a célok és a kiinduló pontok között. Ez az aszimmetria abból adódik, hogy a Szent Gellért tér alapvetően nem turisztikai célpont, viszont praktikus kiindulási pont a Duna és a Duna-part közeli látványosságok kötetlenebb megközelítésére mikromobilitási eszközzel. Ezáltal a hivatásforgalmi (leginkább kétirányú) utazásokat a turisztikai célú (aszimmetrikus) mozgások torzítják el. A két ábra metszeteként jelenik meg a Szent Gellért tér csomópontja, ami a körutazásokat fedi le, amely feltehetően turistákhoz kötődik. Jelentős kétirányú forgalom figyelhető meg a Móricz Zsigmond körtér, a Kálvin tér, a Fővám tér, a Batthyány tér, a Műegyetem és az Infopark, illetve a mobilitási pont között – ezen utazásokban már szignifikánsan jelen van a hivatásforgalom. Ezt az is bizonyítja, hogy a reggeli (6 és 9 óra közötti) időszakban a rollerezők átlagos utazási ideje 12,37 perc, míg napközben (9 és 15 óra között) 21,7 perc, délután (3 és 6 óra között) pedig 19,43 perc, tehát a reggeli időszak használói (a munkába igyekvők) egyértelműen más célra használják a mikromobilitási eszközöket, mint a későbbi felhasználók átlaga. Megfigyelhető, hogy a turisztikai attrakciók jellemzően csak utazási célként jelennek meg, míg onnan ritkábban indulnak utazások a Szent Gellért térre – ilyenek például a Parlament, a Clark Ádám tér, a Várkert Bazár és a Kopaszi-gát.

A kerékpármegosztó esetén jobban hasonlít egymásra a két hőtérkép (7. ábra), ami arra utal, hogy erősebb a rendszeres használók jelenléte, mint az e-roller használói esetén. A legnépszerűbb kétirányú utak a Szent Gellért térről a dél-budai csomópontok felé (Móricz Zsigmond körtér, Schönherz-kollégium, Műegyetem, Infopark), a Fővám térre és a Kodály köröndre vezetnek. A Kodály körönd körüli sűrűsödés meglepő, hiszen a Szent Gellért térre vezető kerékpáros infrastruktúrán át (Andrássy út, Károly körút, Múzeum körút, Szabadság híd) egyedül a Fővám tér forgalma azonos nagyságrendű, míg sem az Oktogonnál, sem a Deák Ferenc téren, sem az Astoriánál nincs hasonló mértékű közösségi kerékpárhasználat. Érdekes jelenség még a Kosztolányi Dezső tér, ahonnan jelentős számban indulnak utazások a Szent Gellért térre, ám visszafelé egyáltalán nem.

7. ábra: A mobilitási ponthoz érkező, illetve onnan induló közösségikerékpár-használók kiindulópontjai és utazási céljai

Konklúzió

A két hónapos pilot időszak alatt mért bérlési adatok nem támasztották alá, hogy a mobilitási pont javította volna a jelen lévő szolgáltatások vonzerejét. Ennek okai között jelen lehetnek időjárási körülmények (esős volt a május-június), a mobilitási pont kedvezőtlen fekvése (szűk és nehézkes parkolási lehetőség autóval), a visszafogott marketingtevékenység (helyi kitáblázottság, láthatóság, lakossági tájékoztatás) és kísérleti alkalmazás rövidsége. A (jelen cikkben részletesen nem elemzett) kérdőíves felmérés azonban azt mutatta, hogy a mobilitási pont használói számára magasabb szolgáltatási színvonalat, nagyobb kényelmet jelentett, hogy a szolgáltatások ilyen módon kis területen belül igénybe vehetők voltak. A pilot kiterjesztéseként

tervezetten 2020. március 1-től kísérleti mobilitási zóna fog működni a Szent Gellért tér és az Infopark közötti területen 4 mobilitási állomással és 8 mobilitási ponttal.

Megjegyzendő viszont, hogy a mobilitási pont funkcióját tekintve egyértelműen megoldást nyújthat városrendezési, közlekedésszervezési kérdésekben a megosztható közösségi járművek összegyűjtésével. A free-floating jellegű mikromobilitási szolgáltatások közterület-használata ugyanis kritikus kérdés Budapesten (és más városokban is). Ennek eredményeképpen az V. kerületi önkormányzat 2019. június végén kihirdetett egy rendeletet, amelynek megfelelően elkezdte begyűjteni a nem szabályosan elhelyezett elektromos rollereket és segwayeket, és csak közigazgatási eljárás után szolgáltatta vissza. A közösségi e-roller megosztó szolgáltató válaszul kivonult a kerületből [7]. A gyalogos forgalmat akadályozó elektromos rollereket a VII. kerület (Erzsébetváros) jegyzője 2020 januárjától talált tárgyként tartja nyilván, és a jogosult jelentkezéséig gondoskodik az őrzésükről [8]. Ezen incidensek tükrében is érzékelhető, hogy szabályozott keretekre van szükség a mikromobilitási eszközök kölcsönösen előnyös jelenlétéhez – a mobilitási hálózat (ahol a mikromobilitási járművek felvétele és lerakása is csak mobilitási ponton vagy mobilitási állomáson támogatott) potenciálisan egy ilyen rendszer lehet a jövőben.

A kutatás a Cities4People európai uniós kutatás-fejlesztési projekt (H2020, No 723194) keretében valósult meg.

Irodalomjegyzék

[1] https://cities4people.eu/hu/about/our-goals/ (2020.02.07.)
[2] https://budapest.hu/Lapok/2019/majus-1-jen-indul-az-elso-mobilitasi-pont-budapesten.aspx (2020.02.07.)
[3] Urban Mobility Plan Vienna, 2015
[4] Noring, Luise, Isabel Froes, Ditte Tellgren: Contextualising Mobility Variables, Sustainable Development and Planning, WIT Press, 2018.
[5] Simmering - Smart for the Future (Implementation Report of Smarter Together Vienna), 2019
[6] https://www.met.hu/
[7] https://www.belvaros-lipotvaros.hu/_user/rendeletek/R2019013%20k%C3%B6z%C3%B6ss%C3%A9gi%20egy%C3%BCtt%C3%A9l%C3%A9s%20rend%20m%C3%B3d_PDF.pdf (2020.02.10.)
[8] https://www.erzsebetvaros.hu/erzsebetvaros-hirei/hirek-es-kultura/hirek-es-kultura/matol-erzsebetvaros-talalt-targykent-kezeli-az-elektromos-rollereket (2020.02.10.)

A közlekedési "sharing economy" rendszerek szabályozási szükségszerűsége

Dr. Szeri István[1] - Berente István[2]

[1]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
tudományos főtanácsos
e-mail: szeri.istvan@kti.hu

[2]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
közszolgáltatási központvezető
e-mail: berente.istvan@kti.hu

Kivonat: A megosztott alapú gazdaság növekszik. A társadalom digitalizálódásából fakadó összekapcsolhatóság terjed. Ez aktivitást eredményezett, az állampolgárok körében, akiknek az alacsony tranzakciós költség elvárásaival egybeestek. A létrejött megosztás alapú gazdaság optimalizálta a szabad eszközök használatát.
A megosztott gazdaság mérete azonban kontroll nélkül növekszik, (gondoljunk csak a lakásmegosztásokra a telekocsikra vagy a lakáséttermekre,) növekvő aggodalmak is felmerülnek, hogy hogyan kell kezelni társadalmi, erkölcsi, jogi, szociológiai stb. szempontokból.
A cikk a személyszállítás „sharing economy" hatásaival foglalkozik. Kétségtelen tény, hogy a „telekocsik" hazánkban is pozitív externáliáikat eredményezhetnek, szolgálhatják a társadalmi mobilitást, amelyeknek a szabályozásban is meg kell jelennie.
Ez nem jelentené azt, hogy a társadalom ne ismerje el a magánszemélyek jogait, hogy megosszák a tétlen, eszközeiket, hanem ellenkezőleg a cél az lenne, hogy bevezessék ezeket a tevékenységeket a társadalmi kontroll alá, biztosítva ezzel az utasok jogait.
A modellek eltérő adózási és jogi következményeket eredményeznek az eszköz „megosztók" számára. Olyan önszabályozási mechanizmusok kellenek, amelyek egyértelműen meghatározzák, hogy a fuvarozók mikor alkalmazhatnak költségmegosztást, ill. realizált nyereséget.

Kulcsszavak: sharing economy, megosztott alapú gazdaság, digitalizáció, szabályozás, telekocsi

Bevezetés

A sharing economy vagy a megosztott gazdaság növekedése

A társadalom digitalizálódásából fakadó látványos összekapcsolhatósággal az emberek együttműködése széles körben terjed. Ez azonnali összefüggést eredményez az alacsony tranzakciós költségekkel, ami jelentős potenciált biztosít a társadalmilag hasznos erőforrás-hatékony gazdasági cserék (együttműködések) számára.
A létrejövő megosztási gazdaság optimalizálja az eszközök használatát, amelyek hatékonyan oszthatók meg a felhasználók között.

Pozitív hatásai számosak:

- erőforrásaink, megtakarításaink vagy további bevételi forrásaink jobb felhasználása a vásárlóerőt növeli
- további hozzáadott értékeket biztosít diverzifikált megoldásokkal, új társadalmi interakciókkal, amelyek emberi szinergiákat biztosítanak a digitális gazdaság számára
- szolgálják a társadalmi mobilitás erősödését is.

Mivel a megosztott gazdaság mérete exponenciálisan növekszik, (gondoljunk csak a lakásmegosztásokra a telekocsikra vagy a lakáséttermekre, hogy csak a legelterjedtebbeket említsük) növekvő aggodalmak is megfigyelhetőek, amelyeket hatékonyan kell kezelni a pozitív externáliák elősegítése érdekében. Valamennyi résztvevő számára előnyössé válhat a jól megválasztott együttműködés, azonban a gyorsan növekvő tendenciához, szükséges az egységes definíció az Európai Unióban így hazánkban is. A létrejövő megosztás alapú gazdaság optimalizálja a készenléti vagy szabad eszközök (helyek) használatát, amelyek hatékonyan oszthatók meg sok felhasználó között.

Ez a tanulmány a közlekedési „sharing economy” hatásaival szeretne foglalkozni. Valamennyi résztvevő számára előnyös lehet, ha jól meghatározott összefüggéseit e gyorsan növekvő tendenciákhoz igazítjuk, amelynek elsősorban a **szabályozásban** kell megjelennie.
Ez persze nem jelentené azt, hogy a társadalom (állam) ne ismerje el a magánszemélyek jogait, hogy megosszák a tétlen, vagy kihasználatlan eszközeiket, hanem ellenkezőleg a cél az lenne, hogy bevezessük ezeket a tevékenységeket a társadalmi kontroll alá, biztosítva ezzel az állampolgárok (utasok) jogait.

1. Megosztás vagy nyereség

1.1 Elvárt elvek

- az állampolgároknak/használóknak fontos, hogy minden uniós ország elismerje a magánszemélyek jogait, hogy megosszák a tétlen eszközeiket
- szükséges megkülönböztetni egy eszköz megosztását a pénzügyi költségekhez való hozzájárulása esetében ahol a megosztónak nem keletkezik nyeresége
- vagy a bevételt (nyereséget) realizáló fuvarozás kérdéskörét
- ezek elkülönítése eltérő adózási és jogi következményeket kell, hogy eredményezzen az eszközök tulajdonosai számára.

A személyszállítási szolgáltatásban ez azt jelenti, hogy a jármű használója és az utazni kívánó megosszák az útjuk során keletkező költségeket. Ha azonban mindez nyereség érdekében, tehát viteldíj beszedésében mutatkozik meg az, már nem költségmegosztás, hanem hivatásos személyfuvarozás.

2. Az EU már kifejtette nem hivatalos ajánlásaiban, hogy szükség van

- az összes európai ország ösztönzésére,
- melyhez tisztázni kell a magánszemélyek jogát arra, hogy megosszák az eszközöket és a kapcsolódó költségeket,
- de olyan adózási mechanizmusokkal kell rendelkezni, amelyekkel egyértelműen meghatározhatják, hogy mikor alkalmaznak költségmegosztást, vagy deklarálható nyereséget,
- ezért kulcsfontosságú lenne a megosztott gazdaságnak a jól meghatározott kontextusba való helyezése.

3. Költségmegosztók (sharing economy) terjedése a hazai közforgalmú közlekedésben

Ma sok vita van a vasúti és autóbuszos távolsági közforgalmú közlekedés értékelése kapcsán, hogy a személygépkocsis költségmegosztók (köznapi nevükön a TELEKOCSI rendszerek) működése mennyire szabályszerű, s arról, hogy tevékenységük mennyiben befolyásolják a közszolgáltatási szerződéssel rendelkező hivatásfuvarozók eredményességét?

A probléma megértéséhez egy kis szakirodalmi áttekintés is szükséges, csupán annyiban, hogy lássuk e tevékenység társadalmi hasznosságát, amennyiben van ilyen. A költségmegosztás vagy angol nevén „sharing economy” méginkább „collaborative economy” nem más, mint közösségi gazdaság, vagy megosztásalapú gazdaság, amire jellemző, hogy megosztáson alapul, kihasználatlan kapacitásokra épül, a kereslet-kínálat azonnali találkozása. Ma már informatikai technológiai megoldásokon keresztül érhető el, fontos eleme a benne szereplők kölcsönös egymás értékelése (tehát bizalmi jellegű), jórészt közösségi élményt nyújt, és kétségtelen tény legalábbis a közlekedési szolgáltatásokban, hogy fenntarthatósági szempontokat is figyelembe vesz. Persze igazságtalanok lennénk, ha nem említenénk meg azt, hogy a költségmegosztású gazdaság más ágazatokban még inkább beépült a mindennapokba. Hiszen ki ne ismerné a legelterjedtebb ilyen irányú szolgáltatást az ún. lakásmegosztást, rövidtávra (napi néhány órára) kiadott garázsok, vagy lakáskonyhai költségmegosztásokat. Magyarországon 17 költségmegosztás típusú szolgáltatás azonosítása történt meg s ezek száma - elsősorban Budapesten - évről évre nő.

A közlekedési költségmegosztás, mint mobilitás igény a szállás igény után a közösségi gazdaság második siker ágazata. A legismertebb vállalkozások: Uber, Lyft, a BlaBlaCar, Wunder, Zipcar, Waze, túl a hazai legsikeresebb az Oszkár telekocsi rendszer.

Néhány gondolat az üzleti modellről, melynek alapja az ún. C2C (consumer-to-consumer), ahol a szolgáltatást nyújtók és igénybevevők egy tőlük független digitális platformon keresztül lépnek kapcsolatba egymással. Tehát a platform, közvetítő tevékenységet nyújt a fuvarozóknak, akik úti céljukba eső személyeket szállítanak elvileg költségük egy részének megtérítésével. A megosztás típusai szerint persze lehet hosszú távú autómegosztás (car sharing, carpooling, akik hosszabb távra vagy állandó periódusban utazó útitársakat keresnek. A rövid távú autómegosztás (ride sharing) rövidtávon (jellemzően városon belül) keres utastársakat ez jórészt céljában is nyereségérdekelt.(pl. Uber), de szóba jöhet az (On-demand) autóbérlés is, amely során a bárki által használható és lerakható autókat biztosítanak eseti használatra.(Pl. Budapesten a GreenGo, LIMO). Sok országban például az USA egyes államaiban vagy az EU néhány tagországában a társadalmi költségek és a fogyasztók szempontjából előnyösnek minősítik, mert az innovatív gazdasággal összefüggő növekedési lehetőségeket kínál. Ám minden ilyen szolgáltatás fogyasztójogi, adójogi és munkajogi stb. kérdéseket is felvet, nevezetesen, hogy melyek azok a paraméterek a mindenkori szabályozók függvényében melyeket az ilyen típusú szolgáltatásoknál maguknak a szolgáltatóknak nem csak az üzleti etika terén, hanem az adózás a fogyasztóvédelem, és felelősség kérdésében figyelembe kell venniük. Az világosan látszik, hogy ma még az eltérő nemzeti szabályozások vagy hiányuk jogbizonytalanságot eredményeznek, és gátolják a szabályszerű megosztásalapú gazdaság fejlődését.

4. A célokról

Melyek lehetnek a célok a megosztásalapú gazdaság keresztül, kínált szolgáltatások terén, hogy ne vezessenek adókikerüléshez, tisztességtelen versenyhez, ne sértsenek jogszabályokat, ne illessék meg őket a pozitív diszkriminációk a hagyományos gazdasági tevékenységekkel szemben, valamint a kaucionális, biztosítási, tevékenység engedélyezése stb.. ugyanúgy vonatkozzanak rájuk, mint az összes többi gazdasági ágazatra?

Nézzük azonban a teljesség igénye nélkül a magyar szabályozást: A 176/2015. (VII. 7.) Korm. Rendelet a személygépkocsival díj ellenében végzett közúti személyszállításról melynek hatálya kiterjed többek között, a személytaxi-szolgáltatást és a személygépkocsis személyszállító szolgáltatást folytató vállalkozásra, a díj ellenében személyt szállító személygépkocsi vezetőjére, a személyszállító szolgáltatást igénybe vevőre (az utasra). Azonban, hogy megértsük, nézzük a szabályozás paramétereit a személygépkocsival ellenérték fejében végzett közúti személyszállítás, a rendelet feltételei szerint, egyéb szolgáltatás részeként kiegészítő szolgáltatásként, vagy a fő szolgáltatáshoz közvetlenül kapcsolódóan végezhető. Szükséges hozzá tevékenységi engedély melyet a hatóság akkor adhat, ki ha a vállalkozás igazolja, szakmai irányítójának személyes megbízhatóságát, alkalmasságát, megfelelő pénzügyi teljesítőképességét, személygépkocsi műszaki feltételeit, amivel fuvarozni kíván, és az önfoglalkoztató, vagy alkalmazotti végzettség feltételeit. Ehhez képest mi az, ami megvan a hazai közlekedési költségmegosztóknak? Nagyjából 10%-ékuk rendelkezik tevékenységi engedéllyel, a többi nem felel meg az előírt tevékenységi feltételeknek, mert nem vállalkozásként működnek, nincs adószámuk (így nem is adóznak), ugyanakkor díj ellenében fuvaroznak (számlát, nyugtát nem adnak), nincs kaucijuk, nincs utas biztosításuk, tehát (tisztelet a kivételnek) a szürke és feketegazdaságban dolgozik jó részük, és hivatásszerűen. A személygépkocsival végzett személyszállítási szolgáltatás kapcsán számos kérdés merült fel az utóbbi időben szinte az egész világon. Annak érdekében, hogy a szolgáltatás hosszabb távon is megfelelő, feszültségektől mentes és minél inkább versenysemleges, az igénybe vevő (utas) szempontjait messzemenően kielégítő környezetben bonyolódhasson le, elérkezett az idő, egy szabályozási koncepció létrehozására.

5. Feladat

Korábban az MKIK GVI és a KTI is egy-egy tanulmányban foglalkozott a tevékenység versenyhelyzetével, szabályozási környezetével, hogy a különböző „szürke” és „fekete” alágazati tevékenységek, miben szolgálják az egyenlő versenyhelyzetet és az a célkitűzést mellyel a magyar gazdaságot tovább lehet „fehéríteni”.

Részletesen kell tehát megvizsgálni a jelenlegi helyzetet, s ennek ismeretében lehet most megfogalmazni a rövidebb és a hosszabb távra vonatkozó javaslatokat.

Érdemes tehát feltárni azokat a területeket, amelyeket a későbbiekben, részleteiben is érdemes vizsgálni, illetve az ott levont következtetések alapján kiterjeszteni az egész közforgalmú személyszállítási rendszerére.

6. A helyzetelemzést, mind a javaslatok terén három szempont köré célszerű összpontosítani

- a szolgáltatás követelmény rendszerének szabályozása
- gazdálkodási környezet
- a szolgáltatás engedélyezésének feltételei.

Érdemes a legjobb nemzetközi gyakorlatokat is megvizsgálni és kitérni azok hazai alkalmazásának lehetőségeire is.

7. A jelenlegi helyzet és annak következményei

A személyszállítási (személygépkocsival végzett és taxi szolgáltatás) nyújtásának szabályozási kereteit alapvetően három törvény és két rendelet határozza meg:

- 1990. évi LXXXVII. törvény az árak megállapításáról
- 2012. évi XLI. törvény a személyszállítási szolgáltatásokról
- 89/1988. (XII. 20.) MT rendelet a közúti közlekedési szolgáltatásokról és a közúti járművek üzemben tartásáról
- 31/2013 (IV.18.) Főv. Kgy. rendelete a személytaxival végzett személyszállítási szolgáltatás és a személytaxi-szolgáltatást közvetítő és szervező szolgálat működtetésének feltételeiről, a taxiállomások létesítésének és igénybevételének rendjéről és a személytaxi-szolgáltatás hatósági áráról
- 176/2015. (VII. 07.) Korm. rendelet a személygépkocsival díj ellenében végzett közúti személyszállításról.

A kezdeti jogszabályok értelemszerűen nem foglalkoznak a költség megosztáson alapuló autóhasználattal, aminek eredeti gondolata nem az üzleti haszonszerzés, hanem az egyirányú gépkocsis utazások összevonásából származó egyéni és társadalmi előnyök kihasználása. Amíg a napi gyakorlat megmaradt ennek keretei között, addig nem érték támadások, sőt, támogatást élveztek az ezt alkalmazók annak ellenére is, hogy már akkor látszott miszerint az adózási és tevékenységi szabályrendszerek nem voltak betartva. Természetesen ezeknek megvoltak a nemzetközi gyakorlati előnyei is, gondoljunk csak pl. a „HOV lane" létesítésekre, amikor a zárt forgalmi sávokat – elsősorban csúcsidőben – csak azok a járművek használhatják, amelyek több személyt szállítanak. Ám a korszerű informatikai technológia (internet, majd applikációk stb..) lehetőségeit kihasználva jöttek létre azok az alkalmazások és gyakorlatok, amelyek már messze túlnyúlnak a költségmegosztáson alapuló autóhasználat társadalmilag elfogadott keretein. Az így létrejött anomáliák irányították rá a figyelmet a szabályozás nemzetközi és hazai elégtelenségére. Szakmailag az látszik, hogy hiba lenne az új jelenségeket, a korábban rögzített elavult keretei közé szorítani. A helyzetértékelés során részletesen meg kell vizsgálni a jelenlegi szabályozást. Értékelni kell a taxi és személygépkocsis személyszállító szolgáltatókkal szemben támasztott követelményeket, azok szükségességét, korszerűségét, s a már említett piacot befolyásoló hatásokat.

Nagyon fontos a megfelelő megoldás megtalálása, fel kell tárni majd értékelni, kell, hogy hol húzódik, és milyen ismérvek határozzák meg azt a határvonalat. Ami a társadalmi elfogadottságot jelenti, ami elválasztja a legálisan működő taxi és személygépkocsis személyszállításokat valamint az egyéb alternatív személyközlekedési szolgáltatásokat a társadalom egy rétege által támogatott költségmegosztó autóhasználatot és a szabályozást tudatosan megkerülő nem jogkövető szolgáltatókat és fuvarszervezőket. Ez azért is lényeges, mert a jelenség sokkal szélesebb körű, mint ami a felszínen látszik, mert nem csak hivatalosan működő digitális szolgáltatók (OSZKÁR,BlaBlaCar,Wunder stb.) keretén belül, hanem zárt közösségi média kereteken belül is működnek és egyre terjednek.

Megvizsgálva a személygépkocsis személyszállításra és a taxi járműre és a jármű vezetőjére vonatkozó állami és önkormányzati előírásokat, látható, hogy a szabályozás túlzó és szigorú. Feltéve a kérdést: mennyiben szolgálják a szabályozások az eredeti célt, azaz az utas biztonságos célba juttatását, a jármű és a vezető biztonságát? Az látszik, hogy az alágazati szereplők nem szenteltek elég figyelmet a folyamatosan változó társadalmi elvárásokra. Kevésbé figyelték meg és vizsgálták a környezeti hatásokat, s nem szenteltek nagyobb odafigyelést arra, hogy a felhasználó (utas) az olcsóbb és gyorsabb eljutást választja, még akkor is, ha tisztában van vele, hogy a vele alkalmi jogviszonyban lévő szolgáltatók ”adó és szabálykerülők” s nem rendelkeznek semmilyen garanciális elemmel a fuvarozásra (pl. utasbiztosítás vagy gépkocsivezetői munkaidő szabályozás stb.)

Pedig a legális és illegális szolgáltatások gazdálkodása nagyon is eltér egymástól még az egyik esetben legális magán vagy társas vállalkozóként dolgozik a szolgáltató s a szabályozást figyelembe veszi, a másik esetben nem teszi ezt, hiszen nincs komoly ellenőrzése a rendszernek. Így a legális szolgáltató, több módon adót fizető vállalkozó, mely szolgálja az állam, mint az adót beszedő szervezet érdekeit, másik esetben nem is látja az adóhatóság, hiszen nincs adó alá bejelentkezve.

Megvizsgálva a taxi (illetve taxi jellegű) szolgáltatás engedélyezését több olyan elem van elvárásként megfogalmazva, amelyek már túlhaladottak. Célszerű lenne a kérdést az utas oldaláról megközelíteni. Mi szolgálja a szolgáltatás elegendően magas és fenntartható színvonalát, amiben a fizikai és az anyagi elérhetőség, a biztonság egyaránt szerepet játszik? Ez természetesen magában foglalja a legális vállalkozás szempontjait is. Ennek a kérdéskörnek a részét képezi a személygépkocsis és taxisszolgáltatás egyik kulcselemét, az utazásszervezői tevékenységet, ahol az utóbbi időben részben nagy fejlődés volt tapasztalható, részben pedig megpróbálták azt technikai módszerekkel megkerülni.

Már most látszik, hogy a „költségmegosztás” az ismert területeken túl (személygépkocsis személyszállítás, taxi, lakáshotel, lakáskonyha stb..) újabb területeket nyitnak ki ahol rövidesen hasonló, jelenségek várhatóak.

A fenti, a jelen elfogadott szolgáltatások „racionalizálási” lehetőségeit kereső vizsgálatot követően célszerű rátérni azon szolgáltatások elemzésére, amelyek a jelenlegi korlátokat áthágják. Lehetséges, hogy egy jövőbeni részletes vizsgálat arra mutat rá, hogy racionális korlátok már nem ott húzódnának, mint ahol most a szabályozások rögzítik. Ezt mind figyelembe kell venni a javaslatok kidolgozásánál.

A „fekete” és „szürke” piaci szereplők üzleti modelljének jobb megismerése tehát kulcskérdés. Nem csak azért, mert hasznosítható ötletekre is vezethetnek, hanem rámutathatnak a szabályozási hiányosságokra, illetve az új piaci szereplők esetlegesen eltérő gondolatmenetére, „innovációjára” aminek ismerete elengedhetetlen a megfelelő, rájuk is a tervezett hatást gyakorló szabályozás kialakításához.

8. Ma még a tisztánlátáshoz is, de a felelős javaslatokhoz is sok elvégzendő kutatási, szabályozási feladat van

A személyszállítás területén az utóbbi időszakban a különböző újszerű – jórészt „sharingeconomy” formájában – megjelenő szervezett személyközlekedési formák jelentős zavarokat okoztak az eddig megszokott és gyakorolt szervezett szállítási rendszerekben. Az ennek következtében jelentkező ellentmondások, ill. ellentétek feloldása nagy valószínűséggel nem történhet meg a jórészt történelmileg kialakult rendszer „foltozásával”, hanem az egész rendszer működtetését, szabályozását célszerű újragondolni. Ennek szükségességét alátámasztja egyrészt a külhoni gyakorlat, amiből egyértelműen nem lehet mindenható eljárásokat átvenni; másrészt az eddigi intézkedések, amelyek nem tudtak átütő eredményeket hozni.

9. Alapvető érdek tehát egy újszerű szabályozási rendszer kidolgozása

A szabályozás alapja a 2012 évi XLI. személyszállításról szóló törvény, melynek alapvető célja a szervezett személyszállítással (közösségi közlekedéssel) összefüggő kérdések átfogó törvényi szintű szabályozása volt. Ennek megfelelően az egyéb nem menetrendszerű személyközlekedési szolgáltatókkal (közösségi és iskolabuszok) alapvetően abból a célból foglalkozott, hogy ezek a közösségi közlekedés rendszerébe hogyan lehessen integrálni. Az amúgy úttörőnek mondható törvény értelemszerűen nem foglalkozhatott azokkal a személyközlekedési módokkal és jelenségekkel, amelyek akkor még nem is voltak.

Az előzőekben ismertetett rendeletekkel összhangba hozva javasolható a törvény és a hozzá tartozó egyéb szabályozások felülvizsgálatát szolgáló munka elvégzése, ami kiterjedne a teljes személyközlekedési rendszer működésére illetve működtetésére, ötvözve a menetrendszerű, a nem menetrendszerű és az egyéni alapú (taxi, személygépkocsis személyszállítás, bérautó, limuzinszervíz, sofőrszolgálat stb.) beleértve a megosztási rendszerekre támaszkodó üzletszerűen működő egyéni szolgáltatókat is. (Szerencsére a carsharing szolgáltatásra már legalább készült hazai szabályozási koncepció.)

10. Tehát szükséges egy olyan munka elvégzése, amely alapján,

- definiálható és egzakt mutatók alapján rögzíthető, hogy ki a személyszállítási szolgáltató, és ki nem az
- meghatározható, hogy milyen hatósági jellegű szabályok vonatkoznak rá
- egyértelműsíthető, hogy milyen gazdasági tevékenységet folytat és milyen adózási szabályok vonatozzanak rá
- előírható, hogy hol és kivel kell kooperálnia.

Már most kijelenthető: nagyon lényeges a gazdasági működőképesség szempontjából a járműbeszerzéshez, az üzemanyaghoz kötődő adóterhelések alágazati egységesítése, valamint a közlekedési szolgáltatásokat igénybe vevők adóterheinek ésszerű, a mai igényeknek megfeleltetett valamint az általános köz- és szakmapolitikai elvárásokat szolgáló rendszer kialakítása.

Ha a közösségi közlekedés részének tekintjük az ellenőrizhető hivatásforgalmi szolgáltatást, akkor egyenlő helyzetet kell teremteni, például az üzemanyag jövedéki adó visszatérítésben, vagy bármely „hivatásos" fuvareszköz beruházási áfája visszaigényelhetősége terén.

Ha elfogadható az a tény, hogy a személygépkocsival végzett személyszállítás is egyfajta közszolgáltatás akkor a szolgáltatás költségeit is ennek megfelelően kell alakítani.

Nem lehet ugyanis a mai viszonyok között abban hinni, hogy csak adminisztratív eszközökkel/büntető szankciókkal/ kiszoríthatóak a kontárok a piacról. Azt a helyzetet kell megteremteni, hogy a jogkövető állampolgárnak már ne legyen érdeke az illegális vállalkozásokkal alkalmi szerződést kötni.

11. Már most javasolható:

- a szolgáltatást legalább 15%-os kedvezményes áfa kulcs alá helyezni
- a fuvareszköz áfájának visszaigényelhetőségi lehetősége, ha azt kifejezetten csak üzleti célokra használja
- a felhasznált üzemanyag áfájának visszaigénylési lehetősége, de csak az üzleti célú felhasználás területén
- az üzemanyag jövedéki adójának más alaágazatokkal egyező visszaigénylése, de csak az üzleti célú felhasználás területén
- a vállalkozások adózási rendszerének választhatóságának kiszélesítését. (tételes vagy átalánytípusú) stb…
- a személygépkocsis szolgáltatásokat különösen a taxi szolgáltatást licencia vagy koncessziós keretek közé vinni.

12. A jelenségről

Ez a tanulmány nem alkalmas arra, hogy a társadalmi szereplők javaslatait teljes mértékben visszaadja, alkalmas lehet azonban arra, hogy felhívja a társadalom figyelmét a jelenségre és a szükséges intézkedések megtételére. A „telekocsi" jelenség túlfeszítette a mai jogszabályi kereteket, s elsősorban felhasználói ösztönző rendszerekkel egyenlő versenyhelyzeti szabályozással (egyszerű adópolitikai eszközök stb,) lehet a társadalmilag is érzékeny ügyet nyugvópontra helyezni. Biztosra vehető, hogy a szektor semleges, és hatékony és belső kooperációra kész folyamatok kialakítása nélkül a konszenzus nem jön létre a társadalmi szereplők,(utas, szolgáltató és legális költség megosztó) között.

Összefoglalva

Alapvető érdek tehát egy olyan újszerű szabályozási rendszer kidolgozása, amely

- képes megkülönböztetni a valódi költségmegosztó mobilitás optimalizáló tevékenységet az üzletszerű személyszállítási szolgáltatástól
- társadalmilag elfogadható, betartható és szektor semleges adminisztratív hatósági szabályozáson alapul, képes megkülönböztetni a valódi költségmegosztó mobilitás optimalizáló tevékenységet az üzletszerű személyszállítási szolgáltatástól
- közgazdaságilag, adójogilag különbséget tesz az üzletszerű-, és a „costsharing" alapú magánjellegű tevékenység között, de nem tesz különbséget a különböző formájú üzletszerű tevékenységek között.

Amivel pedig szeretnénk alátámasztani a fenti elgondolást, az egy a Közlekedéstudományi Intézet Közszolgáltatási Központjának mini kutatása, melyet január végétől március elejéig folytatott egyszerű adatgyűjtés módszerével, melynek konklúzióit a konferencia előadásban kívánjuk ismertetni.

Irodalomjegyzék

[1] Dr. Szeri István: Költségmegosztók (sharing economy) terjedése a hazai közforgalmú közlekedésben, Városi Közlekedés 2019/1 26-28
[2] Szántó Péter: Mi az a sharing economy, Piac és Profit 2019.

A közösségi kerékpár megosztó rendszerek csoportosítása klaszterelemzéssel

Mátrai Tamás[1] - Dr. Tóth János[2]

[1]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
telefon: +36-20-260-6171
e-mail: tamas.matrai@mail.bme.hu

[2]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
telefon: +36-1-463-1953
e-mail: toth.janos@mail.bme.hu

Kivonat: A közösségi kerékpár megosztó rendszerek (Public Bike Sharing - PBS) elterjedésével kiemelkedően fontossá vált a rendszerek közötti különbségek megértése. Egy doktori kutatás részeként olyan teljes keretrendszer került kialakításra, amely vizsgálja, értékeli, összehasonlítja és csoportosítja ezen rendszereket. Ez a cikk a világ különböző rendszereinek összehasonlítására koncentrál. Az első probléma egy átlátható, elérhető, nyilvános adatokat tartalmazó adatbázis hiánya volt. Emiatt az kutatás első lépése a szükséges adatok összegyűjtése és rendszerbe szervezése volt. Az adatbázis 8 fő szemponton belül, nagyságrendileg 80 paramétert tartalmaz. Ezen adatok alapján a meglévő rendszerek csoportokba rendezhetőek és az ezen csoportokhoz tartozó tipikus modellek azonosíthatóak. A klaszterelemzés során nem az összes paraméter került felhasználásra, csak annak kiválasztott része, valamint az azokból származtatott értékek egy csoportja. Az eredményeket könnyen megjeleníthető formába állítottuk elő. A fő feltételezésünk az volt, hogy a rendszerek 90%-a besorolható négy nagy klaszter valamelyikébe. Ugyanakkor a kutatás eredményeként kiderült, hogy ez a feltételezés túlságosan optimistának bizonyult. A kialakított és bemutatott módszertan csak a rendszerek 65%-át volt képes az általunk megfelelőnek tartott csoportba sorolni, a maradék 35% az egyéb kategóriába került. Az eredmény egy olyan általános módszertan, amely képes egy tervezett vagy meglévő rendszer néhány paramétere alapján azonosítani annak típusát.

Kulcsszavak: közösségi kerékpár kölcsönző rendszer, klaszterelemzés, csoportosítás, megjelenítés

Bevezetés

Az ENSZ előrejelzése szerint a világ népessége 2017 közepén körülbelül 7,6 milliárd ember volt, és 2050-re várhatóan eléri a 9,8 milliárd főt. Ezzel együtt várhatóan növekedni fog az urbanizáció [1]. A kerékpározás az egyik leggyorsabban fejlődő fenntartható közlekedési megoldás [2]–[5]. A modernizált, városi életmód csökkentette a mindennapi élet fizikai aktivitását, és ez az ülő életmód által okozott veszélyt jelentett a népesség egészségére [6]. A becslések szerint a fizikai inaktivitás az emlő- és vastagbélrák 21–25% -át okozza, még ennél nagyobb arányban pedig a cukorbetegséget (27%) és az ischaemiás szívbetegséget (30%) [7]. A nyilvános kerékpár-megosztó rendszerek elterjedésével nagyon fontos megérteni a rendszerek közötti különbségeket [8]–[11]. A különbségek megértése nélkül ezeknek a rendszereknek nem határozható meg a hatása, továbbá minőségi döntéstámogatás sem lehetséges.

Egy doktori kutatás során egy teljes keretrendszert került kidolgozásra a nyilvános kerékpár megosztási rendszerek elemzésére, összehasonlítására és kategorizálására, mivel ilyen átfogó rendszer eddig még hiányzott a szakirodalomból [12]. A kidolgozott rendszer első szintje a meglévő rendszerekre vonatkozó adatok gyűjtése, valamint az ezen adatokon végzett klaszterelemzés. Második lépésként az egyes klaszterek SWOT elemzése a vizsgált rendszerek alapján elvégezhető. A harmadik lépés egy benchmark eszköz létrehozása, amely támogatja a rendszerek értékelését. A negyedik szinten elvégezhető a hatásvizsgálat [13]–[16].

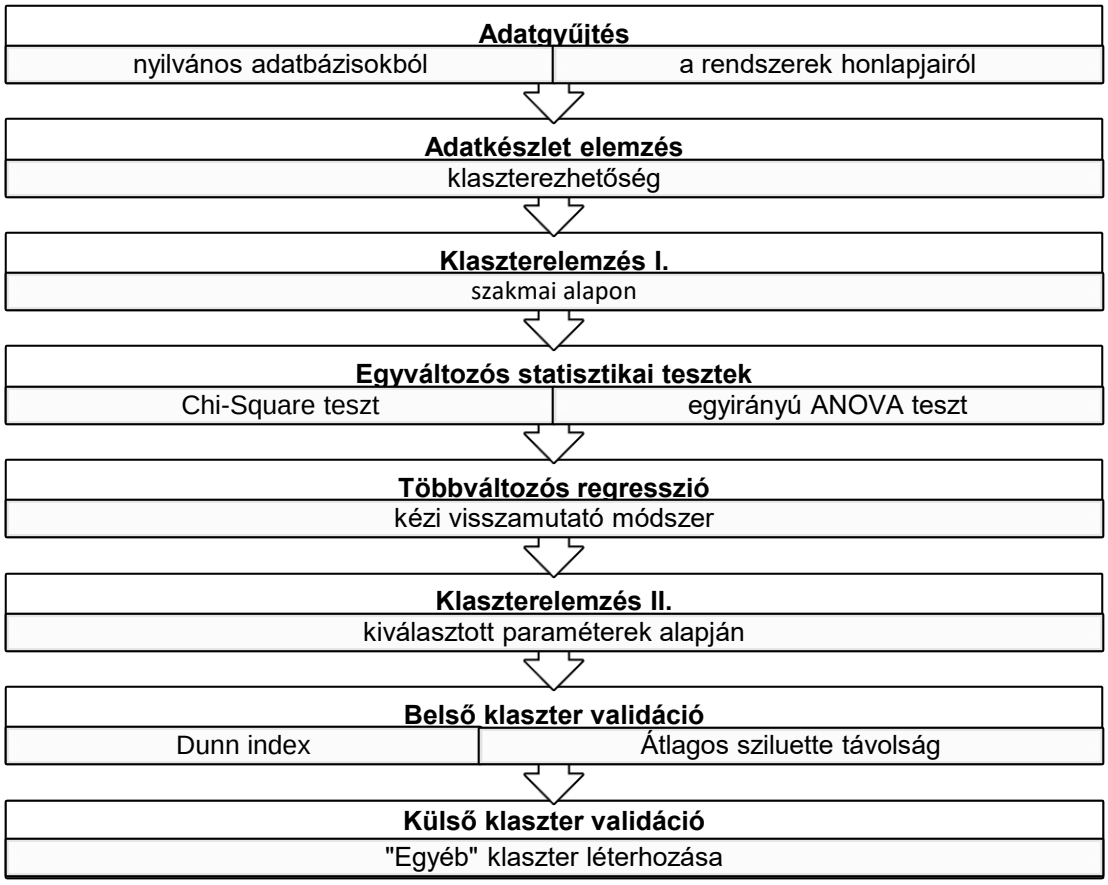
Ez a cikk a világban megtalálható különféle kerékpár-megosztó rendszerek csoportosítására fókuszál (azaz a rendszer első szintjére vonatkozik). A PBS-rendszerekről szóló átfogó adatbázis hiánya a világon nem teszi lehetővé a rendszerek egyszerű összehasonlítását vagy értékelését [17]. Ezenkívül a PBS rendszerek létrehozásának eredeti célja gyakran nem egyértelmű [18]. A kezdeti cél ismerete nélkül a rendszer sikere nem értékelhető.

Számos cikk elemezte a kerékpár-megosztási rendszer értékteremtését [8], [19], [20], bár mindegyik abból a feltételezésből indul ki, hogy a kerékpár megosztására számos különálló üzleti modell létezik. Eredeti elképzelésünk az volt, hogy egy nem felügyelt gépi tanulási algoritmust alkalmazzunk egy adatkészletre, amelynek az üzleti modellekkel kapcsolatos megállapításokhoz kell vezetnie. A klaszterezési folyamat célja az adatkészlet csoportjainak (objektumcsoportok) létrehozása oly módon, hogy: (i) az adott klaszter objektumai a lehető legnagyobb mértékben hasonlóak legyenek; és (ii) a különböző klaszterekhez tartozó objektumok különbözzenek amennyire csak lehetséges [21].

Fő feltevésünk az volt, hogy a világban megtalálható nyilvános kerékpár megosztó rendszerek nagy részét (kb. 90%-át) 4 klaszter egyikébe lehet besorolni. Ezeket a klasztereket a tulajdonos típusa és az üzemeltető típusa alapján fogalmaztuk meg. Az ezen kategorizáláson alapuló SWOT-elemzés elősegítheti a PBS projektgazdákat és tulajdonosokat a jobb minőségű rendszerek kidolgozásában.

1. Módszertan

Az általunk kidolgozott módszertan összesen 8 lépésből áll (lásd 1. ábra). Az első lépés az adatgyűjtés volt, amelyet az adatkészlet-elemzés követett. Ezután elvégeztük az első klaszteranalízist a szakértői vélemények alapján. Ezek után statisztikai teszteket és a regressziós elemzést alkalmaztunk a második klaszteranalízis paramétereinek kiválasztására. a kiválasztott paraméterekkel elvégeztük a klaszterelemzést. Végül mind belső, mind külső klaszter érvényesítési technikákat alkalmaztunk.



1. ábra: A klaszterelemzés folyamatábrája

Az eredmények elemzése során három forgatókönyvet hasonlítottunk össze egymással, ahol különféle paramétereket vettünk figyelembe:

- a teljes adatkészlet (az összes összegyűjtött 64 paramétert),
- a statisztikai tesztek és multinomális regresszió alapján kiválasztott paraméterek,
- csak az üzemeltető és a tulajdonos paraméterek.

1.1 Adatbázis, adatgyűjtés

Az eredeti elképzelés egy olyan adatbázis összeállítása volt, amelybe a világ 125 rendszerének 80 paraméterét gyűjtöttük volna össze. Ezen adatok gyűjtése nyílt webes adatbázisokon és a különböző

kerékpáros megosztási rendszerek weboldalain alapult. Feltételeztük, hogy a kerékpár-megosztó rendszer weboldalának adatai naprakészek és pontosak. Kiindulópontunk a Meddin által összegyűjtött rendszerek voltak [22], ez az adatbázis 2124 aktív rendszert tartalmazott 2019 elején. A 125 rendszert az alábbi kritériumok alapján választottuk ki:

- 50 rendszer Európából, 50 rendszer Ázsiából, 5 rendszer Ausztráliából és Új-Zélandról és 20 rendszer Amerikából,
- ¾-ük hagyományos rendszer legyen, míg a többi dokk nélküli.

Egy 6 hónapos gyűjtési időszak után 64 rendszerre és 64 paraméterre kellett redukálnunk az adatkészletet. Úgy döntöttünk, hogy kizárjuk a dokk nélküli rendszereket (n = 31) az elemzésből, és csak a dokkolt kerékpár megosztásra összpontosítunk. Számos rendszer létezett (n = 30), ahol - minden erőfeszítés ellenére - nem tudtuk összegyűjteni a minimálisan szükséges információakt. Ezeket a rendszereket kizártuk az elemzésből, hogy ne torzítsák az eredményeket. Az eredetileg kívánt 80 paraméter közül néhányat ki kellett zárnunk a rendelkezésre álló adatok hiánya miatt. Például szándékunkban állt információk gyűjtése a különböző rendszerek céljairól, bár ez nem volt lehetséges, mivel nagyon kevés rendszer deklarálja kezdeti célját, amint arra Ricci korábban rámutatott [18].

A végső adatbázist a következő fő témákra osztottuk fel:

- A rendszerek elhelyezkedése (kontinens, ország, város stb.)
- Kontextuális adatok (éghajlat, működés kezdeti éve, város nagysága, a szolgáltatási terület mérete, népesség, jövedelem, város topológiája stb.)
- A rendszer adatai (tulajdonos, üzemeltető, kerékpárok száma, állomások száma stb.)
- Díjrendszer (hozzáférési díj, használati díj, letét stb.)
- A rendszer működésével kapcsolatos adatok (mikor van zárva, hogyan lehet kerékpárt bérelni stb.)
- Származtatott adatok (kerékpár sűrűség, állomás sűrűség stb.)

1.2 Adatok elemzése

Az első lépés az adatkészlet kétdimenziós térben történő megjelenítése volt. Mivel maga az adatkészlet több paramétert tartalmaz, egy főkomponens-elemzési (PCA) algoritmust használtunk a dimenziók számának csökkentésére. Az algoritmus az eredményeket Scattered-plot diagram formájában mutatja be, amely könnyen érthető vizuális ábrázolást ad nekünk az adatkészletre [21].

Az egyes megfigyelési párok közötti távolság kiszámításához több módszer létezik. A Gower távolság [23] azon kevés mérőszám egyike, amelyek képesek mind kategorikus, mind folyamatos változók kezelésére, ezért ezt a módszert használtuk a számításhoz. A két változó közötti különbség az egyes változók hozzájárulásának súlyozott átlaga. Ez automatikusan azt jelenti, hogy egy-egy szabványosítási folyamatot alkalmaznak minden egyes változóra.

A „Cluster" csomagból származó „daisy" függvény alkalmas a Gower távolság R programban történő kiszámítására [24]. E távolságok kiszámításának eredményét különbözőségi mátrixnak nevezzük. A Gower távolsága a következő (1) egyenlettel írható le.

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{p} \omega_k * \delta_{ij}^{(k)} * d_{ij}^{(k)}}{\sum_{k=1}^{p} \omega_k * \delta_{ij}^{(k)}} \quad (1)$$

ahol

- d_{ij} - súlyozott átlag,
- ω_k - a súly,
- $\delta_{ij}^{(k)}$- a 0-1 súlyszám,
  - akkor nulla, ha az x[, k] változó hiányzik egyik vagy mindkét (i és j) sorban, vagy ha a változó aszimmetrikus bináris, és mindkét érték nulla.
  - Minden más helyzetben az értéke 1,
- $d_{ij}^{(k)}$ - a változó hozzájárulása a teljes távolsághoz.

A teljes adatkészletet a klaszter tendencia szempontjából elemeztük. Ebben az esetben a képen látható szín szintje arányos a megfigyelések közötti különbség értékével. Ugyanazon klaszter megfigyelései egymás utáni sorrendben jelennek meg [25]. A klaszterezési tendencia vizuális értékelése során (VAT megközelítés) a következő lépéseket alkalmaztuk:

1. Kiszámítottuk az adatkészlet különbözőségi mátrixát a Gower távolság segítségével.

2. Újrarendeztük a különbségi mátrixot úgy, hogy a hasonló elemek közel kerüljenek egymáshoz, ami rendezett különbségi mátrixot eredményez.
3. A rendezett különbségi mátrixot képpé alakítottuk annak vizuális ellenőrzése céljából.

A vizuális elemzés után a Hopkins statisztikának nevezett statisztikai módszert is alkalmaztuk a klaszterezhetőség értékelésére. Ez a módszer annak a valószínűséget méri, hogy egy adatkészletet egységes eloszlás alapján állítottak-e elő, tehát teszteli az adatok térbeli véletlenszerűségét. A számítási lépések a következők:

- Egy véletlenszerű mintát veszünk az eredeti valós adatkészletből;
- Kiszámítjuk a távolságot az eredeti valós adatkészlet minden pontjától a legközelebbi szomszédjukig;
- Véletlenszerű adatkészletet generálunk az egyenletes eloszlás alapján ugyanolyan variációval, mint az eredeti valós adatkészlet;
- Kiszámítjuk a távolságot a véletlenszerű adathalmaz minden egyes pontjától a legközelebbi szomszédjukig;
- Kiszámítjuk a Hopkins statisztikát (H) a legközelebbi szomszéd távolsága alapján a véletlenszerű adatkészletben, osztva az eredeti valós és a véletlenszerű adatkészlet legközelebbi szomszéd távolságának összegével. A Hopkins statisztikák képlete az alábbiak szerint határozható meg (2).

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{\sum_{i=1}^{n} x_i + \sum_{i=1}^{n} y_i} \qquad (2)$$

ahol:

- H a Hopkins statisztika,
- y_i a legközelebbi szomszéd távolsága a véletlenszerű adatkészletben,
- x_i a legközelebbi szomszéd távolsága a valós adatkészletben
- n az adatkészletben szereplő mintapontok száma.

A null hipotézis az, hogy az eredeti valós adatkészlet egyenletesen oszlik el (azaz nincsenek értelmező klaszterek). Alternatív hipotézis az, hogy az adatkészlet eloszlása nem egyenletes (azaz lehet találni értelmes klasztereket). Ha a Hopkins statisztika közel van az 1-hez, akkor elutasíthatjuk a nullhipotézist és azt a következtetést vonhatjuk le, hogy jelentős klaszterezhetőség áll fenn. A 75% -nál magasabb érték magas szintű klaszterezhetőség jelez, 90%-os konfidenciaszinten.

1.3 Klaszterbe sorolás szakmai alapon

Fő hipotézisünk az volt, hogy a PBS rendszerek többsége a tulajdonos és az üzemeltető típusa alapján csoportosítható. Ezért az adatgyűjtés során két tulajdonoskategóriát használtunk: Közintézmény és magáncég, míg az üzemeltető típusában 4 kategóriát hoztunk létre: reklámcég, magánvállalat, szolgáltató és közintézmény. Ezen típusok alapján 4 klasztert hoztunk létre, amelyek az 1. táblázatban láthatók.

1. táblázat: A kalaszterek kialakítása üzemeltető és tulajdonos alapján

#	Tulajdonos	Üzemeltető	Megjegyzés
1	Köz-intézmény	reklámcég	Egy reklám társaság szolgáltatást nyújt közintézménynek, a reklámozó cég jövedelme valószínűleg nem a közvetlen felhasználói díjakból, hanem a város környékén található egyes hirdetési helyekből származik.
3	Köz-intézmény	Szolgáltató	Egy szolgáltató egy rendszert működtet a közintézmény nevében, ezeknek a szolgáltatóknak a jövedelme elérhetőségi kifizetés lehet.
4	Köz-intézmény	Közintézmény	Közintézmény működteti a rendszert vagy létrehoz egy működőképes saját tulajdonú társaságot, a jövedelem közvetlenül a felhasználói díjakból származik.
2	Magánvállalat	Magánvállalat	A rendszer tulajdonosa ugyanaz a magánvállalat, mint az üzemeltető, a bevételek a felhasználói díjakból és a hirdetésekből származnak.

1.4 Egyváltozós statisztikai tesztek

Annak meghatározásához, hogy a 64 paraméter közül melyiket kell beépíteni a többváltozós regressziós modellbe, előválogatásra van szükség [26]. Mivel a függő változók között vannak mind kategorikusak, mind folyamatosak, míg a független változók kategorikusak, kétféle statisztikai tesztet kellett alkalmaznunk. Az SPSS statisztikai szoftvert használták ezekre a tesztekre.

A Pearson chi-négyzet tesztjével elemeztük hogy, van-e kapcsolat két kategorikus változó között. Mivel az összes változót rendes vagy nominális szinten (azaz kategorikus adatokkal) mértük, és mindkét változó legalább két független csoportból áll, a teszt alkalmazható volt. A null hipotézis szerint az 1. változó (klaszter) a 2. változótól (az összes többi kategorikus változótól) függ [27].

Az egyirányú ANOVA tesztet alkalmaztuk annak meghatározására, hogy van-e statisztikai különbség a független csoportok átlaga és a populáció között. A független változó (esetünkben klaszter) az adatkészletet kölcsönösen kizáró csoportokra osztja. Ezt a tesztet akkor használtuk, ahol a függő változók folyamatosak voltak. A null hipotézis szerint az összes csoport átlag egyenlő, míg az alternatív hipotézis az volt, hogy a csoport átlagának legalább az egyike nem egyenlő a többiekkel. Mivel az egyirányú ANOVA egy omnibusz teszt, nem tudjuk, melyik csoport különbözik a többitől [28].

Mindkét tesztnél magasabb szignifikanciaszintet választottunk, hogy ne zárjuk is a lehetséges jelölteket a többváltozós regressziós elemzésből, amint azt Bursac és társai javasolták. Ha a p-érték alacsonyabb volt, mint a választott szignifikancia szint ($\alpha = 0{,}25$), akkor elutasítottuk a nullhipotézist, és arra a következtetésre jutottunk, hogy a két változónk között kapcsolat van, ezért a további tesztekhez kiválasztottuk a függő változót [26].

1.5 Többváltozós regresszió

Multinomális logisztikus regressziót alkalmaztunk a nominális függő változó (a PBS rendszer klasztere) előrejelzésére az előre kiválasztott független változók (mind kategorikus, mind folyamatos) alapján. Ez a módszertan lehetővé teszi a független változók közötti interakciót a függő előrejelzéséhez. Ehhez is az SPSS statisztikai szoftvert használtuk.

Ennek a módszernek az alkalmazhatósága a következő feltételezéseken alapul:

- A függő változó névleges, valamint kölcsönösen kizáró.
- Két vagy több független nominális vagy folyamatos változó létezik.
- Nem lehet multikollinearitás.
- Kapcsolatnak kell lennie minden folyamatos független változó és a függő logit transzformációja között.
- Nincsenek kiugró értékek.

A teljes adatkészletet ellenőriztük az első három feltételezés szempontjából. A multikolinearitás feltételezését folyamatosan teszteltük minden egyes modellnél, a többi automatikusan tesztelésre került az SPSS-ben.

Mivel a szoftver a kategorikus változók miatt nem képes automatikus modellezési folyamatok futtatására, úgy döntöttünk, hogy a visszamutató módszert használjuk, és az egyes lépéseket manuálisan kiszámoltuk.

Először kiküszöböljük azokat a független paramétereket, amelyekben azt gondoltuk, hogy a függővel való kapcsolat csak statisztikai, de nincs valódi összefüggésük (például a működés kezdete, ország stb.). Ezután az összes fennmaradó paramétert hozzáadtuk a modellhez. A multikolinearitású változókat kiválasztottuk, és az egyiket a szignifikancia alapján kiküszöböltük. Csökkentettük a modellt, amíg statisztikailag szignifikáns nem lett.

1.6 Klaszteranalízis a kiválasztott paraméterek alapján

Klaszterelemzést használtunk a csoportok létrehozásához az adatkészletből. Ugyanazt a módszert használtuk a különböző paraméterkészletekkel. Gondos mérlegelés után úgy döntöttünk, hogy egy k-medoid algoritmust használunk, amely a k-mean klaszterezési megközelítésekhez tartozik. A leggyakrabban használt módszer a Partitioning Around Medoids (PAM) algoritmus [29]. A PAM algoritmus megkeresi a reprezentatív k adatpontot az adatkészletben, majd a fennmaradó adatkészletet ezek köré csoportosítja. Mivel nem használja a klaszter átlagát, ez a módszer kevésbé érzékeny a kiugró értékekre. A módszer két fázisból áll: az építési és a csere fázisból. Az építkezési szakaszban az első lépés a k medoid kiválasztása. A második lépés a különbözőségi mátrix kiszámítása, míg a harmadik lépés az

egyes megfigyeléseknek a kiszámított távolság alapján a legközelebbi medoidokhoz (tehát klaszterbe) történő hozzárendelése. A negyedik lépés – a cserefázisban -annak ellenőrzése, hogy a klaszter aktuális medoidjának az adott klaszter bármely más objektumára való cseréje csökkenti-e az átlagos különbözőséget. Ha ez megtörténik, akkor a klaszter medoidját meg kell változtatni az új objektumra, és vissza kell térnünk a harmadik lépésre, majd újra kell azt kezdenünk. Ha a medoidok egyike sem változik a negyedik lépésben, az eljárás leáll. Az R szoftvert [30] és a factoextra csomagot [31] használtuk a klaszterezés kiszámításához. A változók különbözőségének kiszámításához a Gower távolságot használtuk.

1.7 Belső klaszter validáció

Annak meghatározása érdekében, hogy mennyire jó a klaszterezés, belső klaszter-érvényesítési statisztikákat alkalmaztunk. A belső klaszter érvényesítése az egyes klaszterek belső információit használja, külső adatok nélkül. Az összes statisztika a különböző klaszterek tömörségét, szétválasztását és összekapcsolhatóságát méri [24], [32].

A klaszterek közötti átlagos távolság a klaszterek elválasztását méri, ahogy az átlagos távolság növekszik, ugyanúgy, az elválasztás is. A klaszterobjektumokon belüli átlagos távolság méri a klaszterek tömörségét, ahogy ez csökken, a tömörség növekszik. Az átlagos sziluett szélesség a klaszterek közötti távolságot is méri. Minden sziluett szélességi együttható közel 1, ha az objektum a megfelelő klaszterben van, 0 azt jelenti, hogy az objektum a klaszterek között van, és -1 azt jelenti, hogy az objektum teljesen rossz klaszterben van. Ezért azt akarjuk, hogy az átlag legyen a lehető legközelebb az 1-hez. A Pearson Gamma vagy a normalizált gamma együttható a távolságok és a 01-vektor közötti korrelációt mutatja, ahol 0 ugyanazt a klasztert jelenti, 1 különféle klasztereket jelent. A Dunn-mutatót kétféle módon lehet kiszámítani, de mindkét esetben a Dunn-indexet maximalizálni kell: az első változatban a minimális elválasztást osztva a legnagyobb átmérővel; a másodikban, a két klaszter minimális átlagos különbözőségét osztva a klaszterbeli különbségek maximális átlagával.

A statisztikai indexek mellett vizuális módszereket is használhatunk a klaszterezés eredményeinek elemzésére. Az első lehetőség a klaszterek PCA módszerrel történő megjelenítése kétdimenziós térben. A másik lehetőség a sziluett diagram, ahol az ábra az objektumok sziluett együtthatóját mutatja meg rendezett módon, külön-külön az egyes klaszterek számára.

1.8 Külső klaszter validáció

A külső klaszter-érvényesítés során összehasonlíthatunk két klaszter-érvényesítési technikát egymással. Mivel ebben a kutatásban szakértői alapú kategorizálást, valamint kiválasztott paraméter-alapú klasztert készítettünk PAM módszerrel, kiértékelhetjük őket. A külső klaszter érvényesítési paraméterei megmérik, hogy az előre meghatározott klaszterek mennyire esnek egybe a létrehozottakkal.

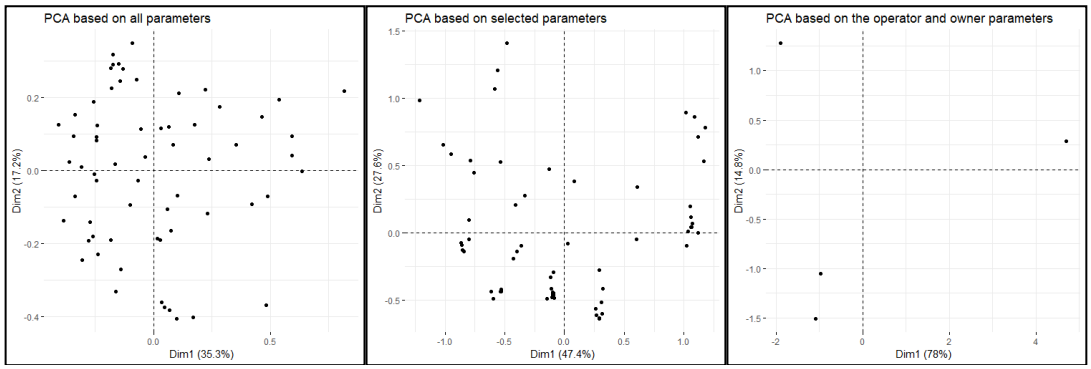
A Rand index [33] két klaszter közötti hasonlóságot méri, tartománya -1 (nincs közös érték) és 1 (teljesen azonos). A Meila által leírt variációs index [34] szintén értékes eszköz a két klaszter hasonlóságának mérésére.

2. Eredmények és azok értékelése

Kutatásunk első szakasza az adatgyűjtés volt. A kutatás során összegyűjtött összes adatot megosztjuk online [35].

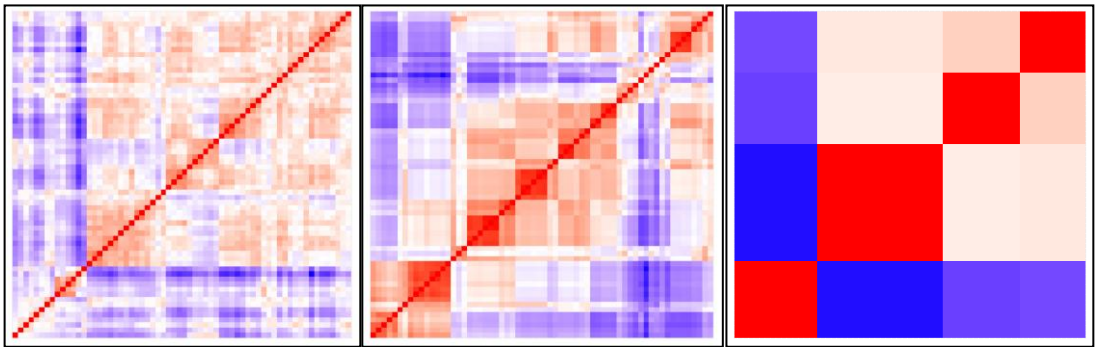
Az eredményeket a továbbiakban három különböző forgatókönyv szerint mutatjuk be. Az első esetben az értékelést mindig a teljes adatkészletre végeztük. A második bemutatott forgatókönyv a multinomális regresszió alapján kiválasztott paraméterekkel rendelkezik. A harmadik eset az, amikor csak az üzemeltető és a tulajdonos paramétereket használjuk.

A nyers adatkészletet kétdimenziós térben jelenítettük meg PCA módszerrel (2. ábra). A két tengelynek nincs konkrét jelentése, csak a megjelenítés céljából mesterséges skálát biztosítanak. Bár az ábrák méretezése és tengelyei nem azonosak, lehetséges a kapott minták egymással történő összehasonlítása. Az összes paraméterrel rendelkező adatkészlet kevésbé klaszterezhető, mint a kiválasztott paraméterekkel rendelkező. Az utolsóban csak négy adatpont látható, mivel a teljes adatkészlet ebbe a négy pontba van csoportosítva.



2. ábra: A PCA-val megjelenített adatkészlet a) az összes paraméter alapján b) a kiválasztott paraméterek alapján c) az üzemeltető és a tulajdonos alapján

Ugyanez a következtetés vonható le az VAT megközelítésből származó hőtérképből (lásd a 3. ábra), valamint a Hopkins statisztikáiból. A factoextra csomag [31] a H_{alt} = 1-H mint H definíciót használja, amelyet a módszertani rész tartalmaz. H_{alt} = 0,2661683 bizonyult az összes paraméternél, míg H_{alt} = 0,1565344 a kiválasztott paramétereknél. A Hopkins statisztikák kiszámításához a 123 magszámot használtuk.

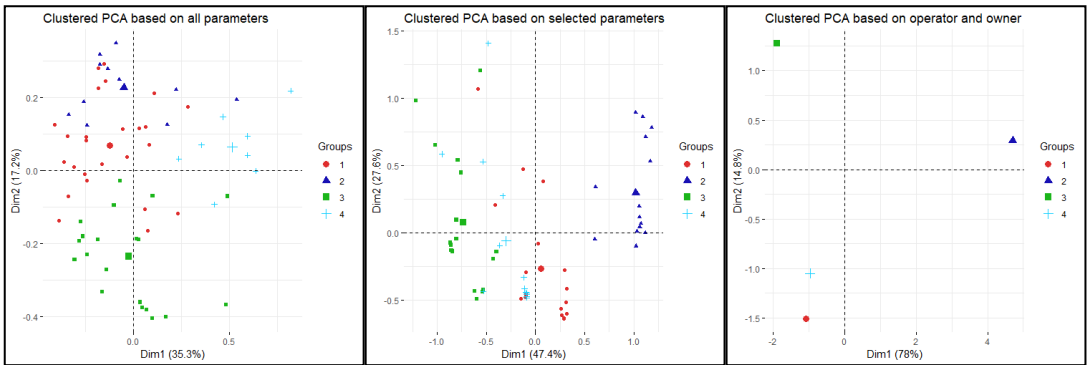


3. ábra: A különbözőségi mátrix megjelenítése a) az összes paraméter alapján b) a kiválasztott paraméterek alapján c) az üzemeltető és a tulajdonos paraméterek alapján

A többváltozós regresszió paramétereinek előzetes kiválasztása az SPSS programmal történt. Chi-négyzet teszt alapján 20 olyan kategorikus változó került kiválasztásra, amelyek p-értéke alacsonyabb, mint a kiválasztott szignifikancia szint (α = 0,25). Az egyirányú ANOVA teszt alapján 15 olyan folyamatos változó került kiválasztásra, amelyek p-értéke alacsonyabb, mint választott szignifikanciaszintje (α = 0,25).

A multinomális regresszióval végzett hét iteráció után a következő paraméterekkel rendelkező modellt választottuk ki: 5 kategorikus változó (Int_PT_fare, Int_user_card, Wout_registration, Deposit_short, Mobile_station), valamint 6 folyamatos változó (First_30, Agglo_coverage, Station_density, Long_aff, E_bike_density, Bikes). A paraméterek nevei az adatkészlet leírása mellett találhatók a az online adatbázisban [35].

A klaszterelemzést az R szoftverben a PAM módszer alkalmazásával végeztük mindhárom forgatókönyv esetében k = 4 értékkel. Mint a 4. ábra mutatja, a csoportosítás jobb a kiválasztott paraméterekkel, mintha az összes paramétert használnánk.



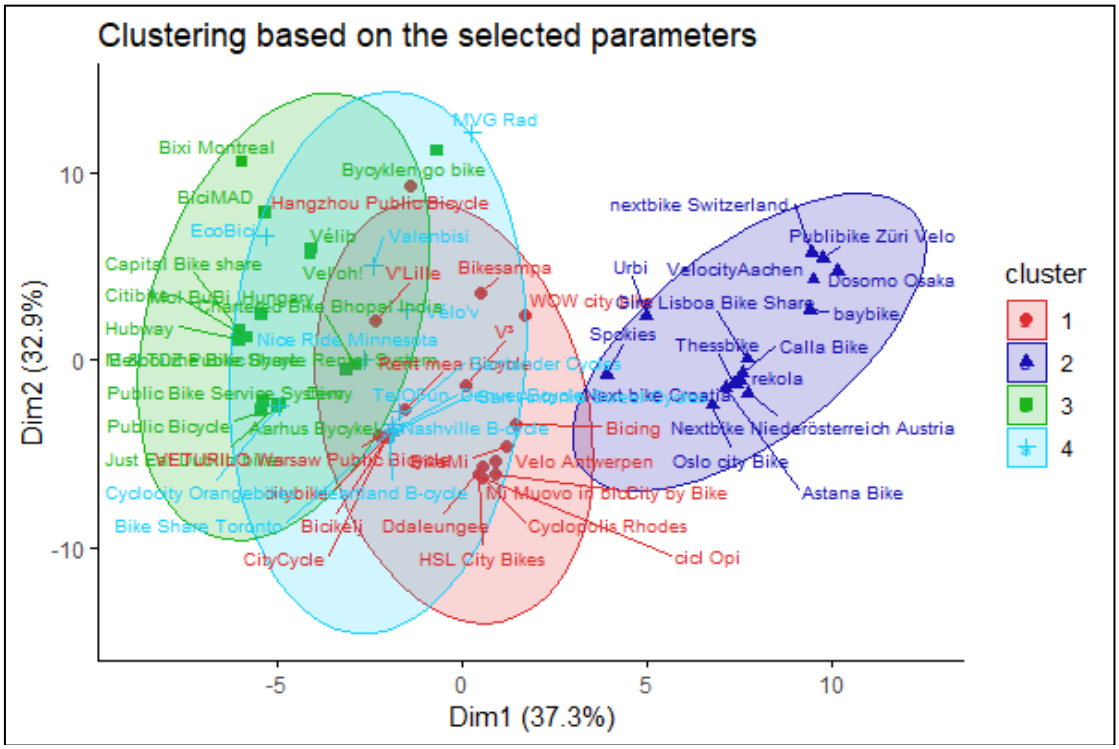
4. ábra: A PCA-val megjelenített csoportosított adatkészlet a) az összes paraméter alapján b) a kiválasztott paraméterek alapján c) az üzemeltető és a tulajdonos paraméterek alapján

A klaszterezés eredményei az egyes klaszterek átlagos sziluett szélességével és a sziluett görbékkel írhatók le. A kiválasztott paramétereken alapuló klaszternek nincs negatív adata az 1. és 2. klaszterben, ami jó klaszterezési eredményt jelent.

A belső klaszter-érvényesítési statisztikák hasonló eredményeket mutatnak. Van néhány kivétel, pl. az első Dunn-index rosszabb eredményeket mutat a kiválasztott paraméterek esetében, mint az összes paraméter használatánál. Ahol ez egyértelmű, ott a tulajdonos és az üzemeltető forgatókönyve rendelkezik az elméleti minimális vagy maximális értékekkel.

A külső klaszter-érvényesítés a szakértői véleményhez kapcsolódó klaszterezésen alapult. Ezek az eredmények is azt mutatják, hogy a kiválasztott paramétereken alapuló klaszterezés jobb, mintha az összes paramétert használnánk.

A kiválasztott paramétereken alapuló klaszterezési algoritmus eredményeit a 5. ábra mutatja be. Van egy külön klaszter, amely egyértelműen különbözik a többitől, míg a fennmaradó három kissé átfedésben van.



5. ábra: A kiválasztott paraméterek alapján PCA-val megjelenített klaszterezési eredmény

Összehasonlítottuk a szakértői alapú csoportosítást a paraméter-alapú klaszterezéssel. A 64 rendszerből 42 ugyanabba a klaszterbe került, mint azt a szakértői alapú módszer feltételezi, a fennmaradó 22 rendszert (35%) a klaszterezési algoritmus helytelenül helyezte el. Eredményeink alapján úgy döntöttünk, hogy ezt a 22 rendszert ötödik klaszterbe kell sorolni, az úgynevezett Egyéb csoportba. A klaszterezés helyes volt azoknak a rendszereknek a vonatkozásában, amelyek egy magánvállalat tulajdonában voltak: egyetlen ilyen paraméterrel rendelkező rendszer sem hiányzott, és egyiket sem sorolták rossz helyre. A tisztán

közrendszerek hasonlóan jó eredményeket mutattak, 12-ből csak 3 volt rosszul elhelyezett, és még ez a 3 mutatt némi hasonlóságot a kiválasztott klaszterekkel (pl. A Bixi Montreal nyilvános rendszer, de hasonlít a kereskedelmi rendszerhez, a másik kettő pedig Kínai rendszer, amelyekben az állami vagy magánvállalatok közötti különbséget néha nehéz felismerni).

11 rendszert helytelenül helyeztek el azon klaszterbe, ahol az üzemeltető reklámcég, bár a valóságban ezeket a rendszereket szolgáltató üzemelteti. Ez fordítva is igaz: az 5-ből 4 rendszert tévesen helyeztek a szolgáltatói klaszterbe, bár ezeknek reklámcég az üzemeltetője. Ez arra utalhat, hogy a szolgáltató és a reklámcég üzleti modellje, valamint ezek a rendszerjellemzők nem különböznek egymástól olyan mértékben, mint a tisztán nyilvános és a tisztán magántulajdonú modellek. Ha csak három nagy klasztert használunk (tisztán nyilvános, tisztán magán és vegyes), akkor a 64-ből csak 6 rendszer kerül tévesen besorolásra.

A kutatás következő lépése a különféle klaszterek elemzése és közös jellemzőik meghatározása. Ezenkívül vannak bizonyos korlátozások a jelenlegi módszertant illetően. Mint fentebb megállapítottuk, az összes paraméter különféle rendszerekből történő összegyűjtése időigényes folyamat. Ezenkívül a jelenlegi adatok nagyon gyorsan elavulnak, mivel nemcsak új rendszerek jelennek meg, hanem a technológiai is változik. Ezen túlmenően, ez a kutatás nem foglalkozik a dokk nélküli rendszerekkel, bár ezek az utóbbi években egyre népszerűbbek. Ugyanakkor ezek a rendszerek szinte mindegyik profit-orientált, magánfinanszírozású rendszer, amely könnyen azonos, különálló kategóriába sorolható. Az ilyen típusú alkalmazott, adatközpontú megközelítés másik problémája az, hogy az adatgyűjtés hibája problémákat okozhat az eredmények értelmezésében. Ez volt az egyik oka annak, hogy egy olyan csoportosítási módszert választottunk, amely kevésbé érzékeny a kiugró tényezőkre.

Konklúzió

Ebben a tanulmányban kifejlesztettünk egy módszert a nyilvános kerékpáros megosztási rendszerek kategorizálására, amely 8 lépésből áll:

1. adatgyűjtés,
2. adatkészlet elemzése,
3. klaszteranalízis I.,
4. egyváltozós statisztikai tesztek,
5. multinomális regresszió,
6. klaszteranalízis II.,
7. belső klaszter érvényesítése,
8. külső klaszter érvényesítése.

Az adatgyűjtés során számos problémával szembesültünk, ezért csak 64 paramétert gyűjtöttünk össze a világ 64 rendszeréből [35]. Az adatkészlet elemzése azt mutatta, hogy az adatkészlet klaszterekbe rendezhető. A szakértő alapú csoportosítás kezdeti paramétereinek az üzemeltető és a tulajdonos paramétereket választottuk, amelyből 4 klasztert hoztunk létre.

Az egyváltozós statisztikai tesztek alapján 19 kategorikus és 15 folytonos típusú paramétert választottunk a multinomális regresszióhoz, amelyek közül 5 kategorikus és 6 folyamatos paramétert választottunk a végső modellhez.

A PAM megközelítésen alapuló klaszterelemzést újra megismételtük a kiválasztott paraméterekkel, amelyek jobb illeszkedést eredményeztek, mint amikor az adatbázis összes paraméterét használtuk. 42 rendszert a megfelelő klaszterekhez rendelt a folyamat, a fennmaradó 22 rendszert a klaszterezési algoritmus helytelenül helyezte el. Eredeti feltételezésünk túl optimista volt, mivel a rendszereknek csak 65% -át lehetett csoportosítani ezzel a módszerrel, vagyis 35% tartozik az „Egyéb” kategóriába. Ugyanakkor, ha csak három fő klasztert használunk (nyilvános, magán és vegyes), akkor a hibát a 22-ről 6 rendszerre csökkentjük. Ez helyes megoldás lehet, mivel a szolgáltató és a hirdető cég üzleti modellje valószínűleg nem tér el annyira egymástól, hogy azokat külön kelljen választani. A folyamatban lévő kutatás következő lépése a különféle klaszterek jellemzőinek elemzése.

Irodalomjegyzék

[1] United Nations, “World Population Prospects The 2012 Revision Volume I : Comprehensive

Tables," New York, 2013.
[2] FLOW, "Walking, Cycling and Congestion," no. 635998, 2018.
[3] F. Rudolph and T. Mátrai, "Congestion from a Multimodal Perspective," *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, vol. 46, no. 4, pp. 215–221, May 2018, doi: 10.3311/PPtr.12048.
[4] Z. Szabó and Á. Török, "Spatial Econometrics – Usage in Transportation Sciences: A Review Article," *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, May 2019, doi: 10.3311/pptr.12047.
[5] D. Pupavac, R. Maršanić, and L. Krpan, "Elasticity of Demand in Urban Traffic Case Study: City of Rijeka," *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, Jun. 2019, doi: 10.3311/pptr.11750.
[6] J. Garrard, "Active transport: Children and young people, An Overview of Recent Evidence," no. December, p. 20, 2009.
[7] WHO, *Global Health Risks*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2009.
[8] S. Shaheen, S. Guzman, and H. Zhang, "Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, Present, and Future," in *TRB Annual Meeting*, 2010, pp. 1–20.
[9] S. A. Shaheen, E. W. Martin, and N. D. Chan, "Public Bikesharing in North America: Early Operator and User Understanding, MTI Report 11-19," *Mineta Transportation Institute Publications*, 2012.
[10] E. Fishman, S. Washington, and N. Haworth, "Barriers and facilitators to public bicycle scheme use: A qualitative approach," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 15, no. 6, pp. 686–698, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.trf.2012.08.002.
[11] E. Fishman, "Bikeshare: A Review of Recent Literature," *Transport Reviews*, vol. 36, no. 1, pp. 92–113, Jan. 2016, doi: 10.1080/01441647.2015.1033036.
[12] G. Wu, H. Si, J. Chen, J. Shi, and X. Zhao, "Mapping the bike sharing research published from 2010 to 2018: A scientometric review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 213, pp. 415–427, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.12.157.
[13] T. Mátrai and J. Tóth, "Comparative Assessment of Public Bike Sharing Systems," in *Transportation Research Procedia*, 2016, vol. 14, doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.261.
[14] J. Tóth and T. Mátrai, "Újszerű , nem motorizált közlekedési megoldások," in *Közlekedéstudományi Konferencia*, 2015.
[15] T. Mátrai, P. Mándoki, and J. Tóth, "Benchmarking tool for bike sharing systems," in *Proceedings of the third International Conference On Traffic And Transport Engineering (ICTTE)*, 2016, pp. 550–558.
[16] T. Mátrai and J. Tóth, "Categorization of bike sharing systems: a case study from Budapest," in *European Conference on Mobility Management*, 2016.
[17] C. Médard de Chardon, "The contradictions of bike-share benefits, purposes and outcomes," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 121, no. January 2018, pp. 401–419, 2019, doi: 10.1016/j.tra.2019.01.031.
[18] M. Ricci, "Bike sharing: A review of evidence on impacts and processes of implementation and operation," *Research in Transportation Business & Management*, vol. 15, pp. 28–38, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.rtbm.2015.03.003.
[19] J. Winslow and O. Mont, "Bicycle Sharing: Sustainable Value Creation and Institutionalisation Strategies in Barcelona," *Sustainability*, vol. 11, no. 3, p. 728, Jan. 2019, doi: 10.3390/su11030728.
[20] B. Cohen and J. Kietzmann, "Ride On! Mobility Business Models for the Sharing Economy," *Organization and Environment*, vol. 27, no. 3, pp. 279–296, Sep. 2014, doi: 10.1177/1086026614546199.
[21] A. Kassambara, *Practical Guide to Cluster Analysis in R: Unsupervised Machine Learning*, Edition 1. STHDA, 2017.
[22] R. Meddin, "Bike Sharing Map," 2009. [Online]. Available: www.bikesharingmap.com.
[23] J. C. Gower, "A General Coefficient of Similarity and Some of Its Properties," *Biometrics*, vol. 27, no. 4, p. 857, Dec. 1971, doi: 10.2307/2528823.
[24] M. Maechler, P. Rousseeuw, A. Struyf, M. Hubert, and K. Hornik, "cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions," *R package version 2.0.8*. 2019.
[25] J. C. Bezdek and R. J. Hathaway, "VAT: A tool for visual assessment of (cluster) tendency," *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, vol. 3, no. February 2002, pp. 2225–2230, 2002, doi: 10.1109/IJCNN.2002.1007487.
[26] Z. Bursac, C. H. Gauss, D. K. Williams, and D. W. Hosmer, "Purposeful selection of variables in logistic regression," *Source Code for Biology and Medicine*, vol. 3, Dec. 2008, doi: 10.1186/1751-0473-3-17.

[27] K. Yeager, “SPSS Tutorials: Chi-Square Test of Independence,” *LibGuides*, 2019. [Online]. Available: https://libguides.library.kent.edu/SPSS/ChiSquare.
[28] K. Yeager, “SPSS Tutorials: One-Way ANOVA,” *LibGuides*, 2019. [Online]. Available: https://libguides.library.kent.edu/spss/onewayanova.
[29] L. Kaufman and P. J. Rousseeuw, Eds., *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1990.
[30] R Core Team, “R: A Language and Environment for Statistical Computing.” Vienna, Austria, 2017.
[31] A. Kassambara and M. Fabian, “factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses.” 2017.
[32] M. Halkidi, Y. Batistakis, and M. Vazirgiannis, “On clustering validation techniques,” *Journal of Intelligent Information Systems*, vol. 17, no. 2–3, pp. 107–145, 2001, doi: 10.1023/A:1012801612483.
[33] A. D. Gordon, *Classification*. Chapman and Hall/CRC, 1999.
[34] M. Meilă, “Comparing clusterings-an information based distance,” *Journal of Multivariate Analysis*, vol. 98, no. 5, pp. 873–895, May 2007, doi: 10.1016/j.jmva.2006.11.013.
[35] T. Mátrai, “Public bike sharing systems database,” *Mendeley data*, 2019, doi: 10.17632/B4V7MR2G7X.1.

A magyar vasút Trianon előtt és azóta

Perger Imre

okleveles közgazda, idegenforgalmi szakközgazdász, nyugdíjas MÁV igazgató
telefon: +36 30 6275282
e-mail: pergeri@t-online.hu

Kivonat: A magyar vasúthálózat és a vasút teljesítményeinek alakulása Trianon előtt. Vasútfejlesztési elképzelések a nagy háború alatt. A trianoni béke által megállapított országhatárok és a vasúthálózat kapcsolata. Érdekességek a határok meghúzásánál. A magyar vasút fejlődése a két háború között és a második világháború alatt. A bécsi békék következményei a vasúthálózat átalakulására. A trianoni határok utóélete és következményei a magyar vasúthálózat fejlesztésében és racionalizálásában a szocializmus építésének időszakában. Milyen vasúti fejlesztésekre és az országok közötti együttműködésre lenne szükség a trianoni határok kedvezőtlen hatásainak felszámolására Magyarországon és az utódállamokban, a „határok nélküli Európában"? A trianoni határok vesztesei és nyertesei a mai magyar településszerkezetben és a vasúthálózatban.

Kulcsszavak: trianoni béke, vasútfejlesztés, határmegállapítás, magyar vasút,

Bevezetés

100 éve történt a magyar történelem talán legnagyobb traumája, a történelmi Magyarország területének harmadolása és hat ország közötti szétosztása oly módon, hogy a kialakított új határok sehol sem találkoznak a korábbiakkal. A régi vicc szerinti kérdés: Hány országgal határos Magyarország? Eggyel: a régivel. Ugyanekkor szűnt meg a 1091. óta fennálló perszonálunió Horvátországgal.

A történteket az elmúlt 100 év alatt sem lehet feledni, de értékelni, magyarázni sokféleképpen lehet.

Az a dolgozat a vasúthálózat szempontjából próbál információkat nyújtani.

1. Előzmények

A magyar vasút hálózatnagysága és hálózatsűrűsége kiemelkedő volt Európában.

1.1 A magyar vasúthálózat és a vasút teljesítményeinek alakulása Trianon előtt

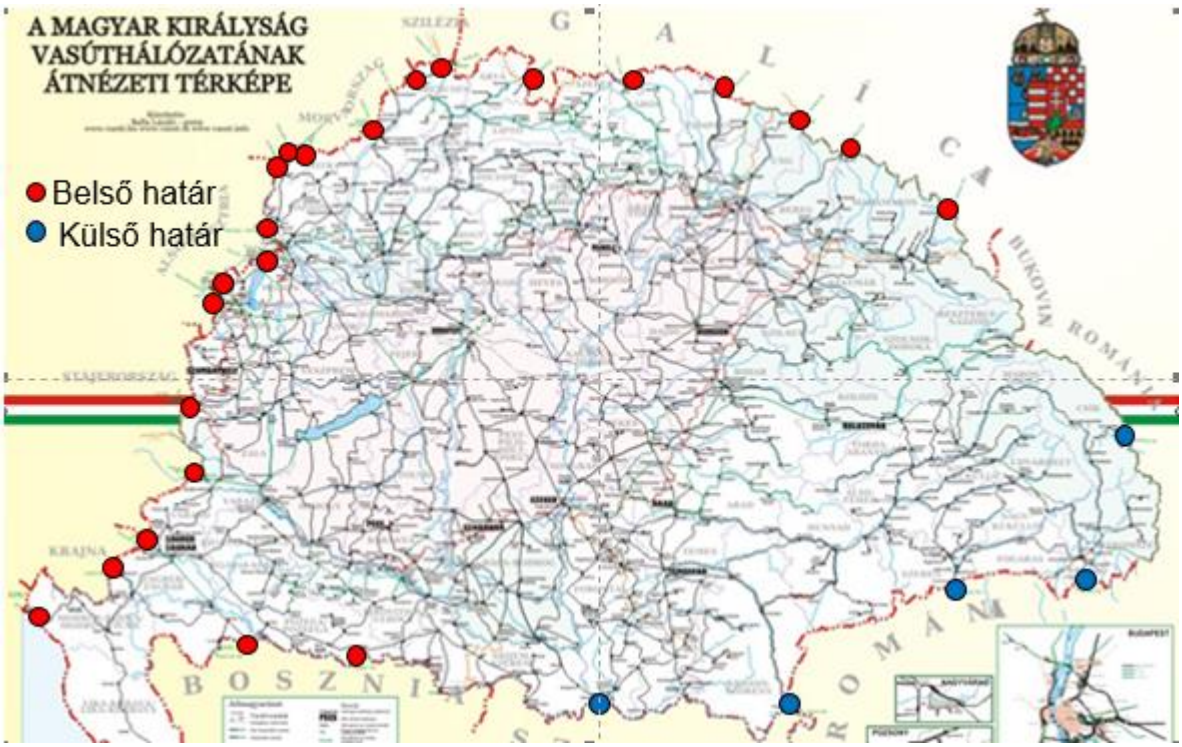
Magyarország vasúthálózata rendszerszemléletű kialakításának és működtetésének előfeltételeként a Magyar Királyi államvasutak 1868. 06. 30-i megalakítását tekintjük. Az államvasutak hálózata két forrásból bővült: egyrészt az állami vasútépítésekkel, másrészt a csőd közelbe került magánvasutak államosításával. Az államvasúti rendszer vezéralakja Baross Gábor (1848-1892), aki államtitkárként, majd miniszterként 1883-1892 között elérte, hogy a magyar vasúthálózat 62%-a állami kézbe kerüljön, ezzel elősegítse az ország pénzügyi egyensúlyának helyreállítását. Hiába volt azonban egységes a hálózat, a magyar személyszállítási tarifa Európában (Törökország után) a legdrágább volt, és a személyszállító vonatok ritkán és csak 20%-os kihasználtsággal közlekedtek.

A kérdés megoldása érdekében Baross Gábor egy teljesen új díjszabási rendszert alakított ki. A dömpingárszerű zónadíjszabást 1989. 08. 01-én vezették be, és kisebb módosításokkal 1912. évig működtették. Baross Gábor szlogenje az alábbi volt: „Azt szeretném, hogy a brassói ténsasszony Budapestre jöjjön kalapot venni!" Az új rendszer nagy kedvezményt adott a rövid távolságú (szomszédos) forgalomban és a 225 km feletti utazásnál. Az első és a második állomás díja hetedére, a közepes távolságú utazásért fizetendő összeg 30-50%-kal, a nagy távolságú utazás díja ötödére csökkent. A tarifarendszer különlegessége volt, hogy Budapest és a Duna metszéspontot jelentett, emiatt a keleti országrészből Bécsbe utazni kétszer annyiba kerül, mint Budapestre. Ezzel a magyar főváros Budapest jelentős versenyelőnyt élvezett a császárváros Béccsel szemben.

A zónatarifa eredményeként az utasszám az 1889. évi 9,056 millióról 1912-re 28,624 millióra, 215%-kal nőtt, a bevétel 14,112 millióról 19, 685 millióra, 40%kal emelkedett. A 25 km alatti utasszám 1,2

millióról 12 millióra, a 225 km feletti utasszám 163 ezerről 657 ezerre nőtt. Végeredményben Európában úttörő módon 1908-ig gazdaságossá vált a vasút üzemmenete!

1900-ban a magyar vasúthálózat hossza 17.281 km volt, 2917 mozdony, 5730 személykocsi, 72513 teherkocsi üzemelt. 64 412 ezer utasfő, 2 320 096 ezer utaskm, 42 577 árutonna, 5 315 183 ezer tonnakm elszállításával 149,3 millió korona költség felhasználásával 375, 3 millió korona bevételt, 126 millió korona üzleti eredményt ért el. A vasutasok létszáma 89 479 fő volt.



1. ábra: Magyarország vasúti határátmenetei 1914-ben (Balla László térképe felhasználásával)

Az első világháború kezdetére a magyar vasút a gazdaság mozgatóerejévé vált.

A háború végén a magyar vasúthálózat hossza 22 869 km volt, 5504 mozdony, 10 668 személykocsi, 119 360 teherkocsi üzemelt. 262 974 ezer utasfő, 12 030 834 ezer utaskm, 74 519 árutonna, 9 911 381 ezer tonnakm elszállítását biztosította a 167 163 vasúti dolgozó.

A magyar vasutak 1914-ben 28 határállomáson csatlakoztak a szomszédos vasutakhoz. Közülük 23 Ausztria, illetve Bosznia felé, ahol nem volt vám- és határvizsgálat: ***Marchegg*** (Dévényújfalu, Dévénytó), Jókút, Holics, Szakolca, Felsőszernye, Csáca (Jablunkai szoros), Csáca (Zwardon), Szuchahora, Orló, ***Lupkow***, ***Sianki***, ***Lawoczne***, ***Kőrösmező***, ***Bosanski Brod***, ***Doberlin***, Fiume, Bubnjarci, Savski Marof, Miksavár, ***Fehring***, Lajtaszentmiklós, Lajtaújfalu, ***Bruck-Királyhida***.

A monarchián kívülre csak 5 vasútvonal vezetett, ahol a határállomások: ***Gyimesbükk***, ***Predeal***, ***Verestorony***, Orsova, és ***Zimony*** voltak. (***A közös határállomások.***) [4]

1.2 Vasútfejlesztési elképzelések a nagy háború alatt.

A MÁV a dühöngő háború közepette 1916-ban nagyszabású tervet készített [10] a békeidőszak vasútfejlesztéseiről. Ebben 45 fejezetben tárgyalták a meglévő vasúthálózattal összefüggő építési feladatokat, köztük a budapesti pályaudvarok korszerűsítését, II. vágányok építését (Ferencváros-Belgrád, Cegléd-Szeged, Pusztaszabolcs-Dombóvár-Gyékényes, Miskolc-Bánréve, Püspökladány-Nagyvárad, Szeged-Szabadka), II.-IV. vágány építését (Ferencváros-Kelenföld, Budapest-Nyugati-Vác), új állomások kiépítését, vonalfejlesztéseket, biztosító- és távírda fejlesztéseket, vontatási telepek, fűtőházak, fordítókorongok építését és korszerűsítését, híderősítéseket, útátjárók kiküszöbölését, kőbányák létesítését. A tervekből nem maradt ki a szociális létesítmények (személyzeti és munkáslakóházak, laktanyák, jóléti és egészségügyi berendezések, tápintézetetek és iskolák) építése sem. Foglalkoztak a mozdony, személy- és teherkocsi beszerzéssel, új vonalak építésével (pl. Bátaszék-Mohács-Pélmonostor, Ogulin-Knin, Székelyudvarhely-Csíkszereda), illetve a helyi érdekű vasutak államosításának feladataival.

Az öt évre lebontott fejlesztési elképzelések összértéke 1 543,324 millió korona volt. Szomorú, hogy az akkori ötéves program egyes tételei jelenleg is sorukra várnak.

2. A magyar vasút Trianon után

2.1 A Trianoni béke. Érdekességek a határok meghúzásánál.

A Békeszerződés szövegében [3] 59 helyen szerepel a vasút szó. A határok megállapításnál sz alábbi fontosabb vasúti meghatározások találhatóak:

„27. Cikk. Magyarország határai következőképen állapíttatnak meg”

„a helyszínén megállapítandó vonal, amely teljesen magyar területen hagyja az oroszvár-csornai vasútvonalat”

„Pomogytól délre halad, Magyarországnak hagyja az egész Főcsatornát és a helyiérdekű vasútvonalat, amely Mexikó állomásról északnyugat felé vezet”

„Magyarország és Horvát-Szlavonországok volt közigazgatási határa, azzal a kiigazítással, hogy a gyékényes-barcsi vasútvonal a gólai állomással együtt teljesen magyar területre essék”

„a szabadka–bácsalmási vasútvonalat Csikéria állomástól körülbelül 1500 m-re keletre, a szabadka–kiskúnhalasi vasútvonalat Kelebia állomástól körülbelül 3 km-re délre átvágja, Horgostól és vasútállomásától északra”

„a helyszínén megállapítandó vonal, amely Nagylak és a vasútállomás között”

„Gyulától, Gyulaváritól és Kötegyántól keletre halad, átvágja a nagyszalonta–gyulai vasútvonalat Nagyszalontától körülbelül 12 km-re a két elágazás között, amelyet ez a vasútvonal keresztezése alkot a szeghalom–erdőgyaraki vasútvonallal; azután Méhkeréktől keletre”

„átvágja a Sátoraljaújhelytől délkeletre fekvő vasúthároms zöget s oly módon halad e várostól keletre, hogy az egész kassa-csapi vasútvonalat a cseh-szlovák területen hagyja”

„a helyszínen oly módon meghatározandó vonal, hogy a bánrévei pályaudvar Magyarországnak maradjon, de amely lehetővé teszi, hogy szükség esetében a pelsőci és losonci két vasúti vonal közt cseh-szlovák területen összekötő vonal legyen építhető”

„oly módon megállapítandó vonal, hogy az Ipolyság állomástól délre haladjon s egészen csehszlovák területnek hagyja az ipolyság–csatai vasúti vonalat, valamint a korponai elágazást is, de egészen Magyarországnak hagyja Berzence és Tésa helységeket”

Külön pontok foglalkoznak a jóvátétellel, az okozott háborús károk megfizetésével, illetve az elcsatolt területek eszközellátásával. Az elcsatolt vasutak építményeit és berendezéseit az 1918. évi november hó 3. napját megelőző legutóbbi leltár szerint, teljesen és rendesen karbantartott állapotban kellett átadni. Külön szakértői bizottságok jelölték ki azokat a mozdonyokat, személy- és teherkocsikat, amelyeket át kell engedni, meghatározták átvételük módozatait és megteszik a szükséges ideiglenes intézkedéseket azok kijavításának a magyar műhelyekben való biztosítására.

A Békeszerződés néhány magyar vonalszakasz utódállam általi igénybevételét külön szabályozta az új vonal megépítéséig, de legfeljebb 15 évre passage forgalmat biztosítva Magyarországon keresztül Csehszlovákiának Csata és Losonc, Romániának Nagyszalontától Békéscsabán át Aradra és Kisjenőre. A vasútállomásától elszakított horvátországi Gola település lakói , illetve a csáktornya–nagykanizsa vonal és a zágráb–gyékényesi vonal közötti forgalom is passage jogot kapott.

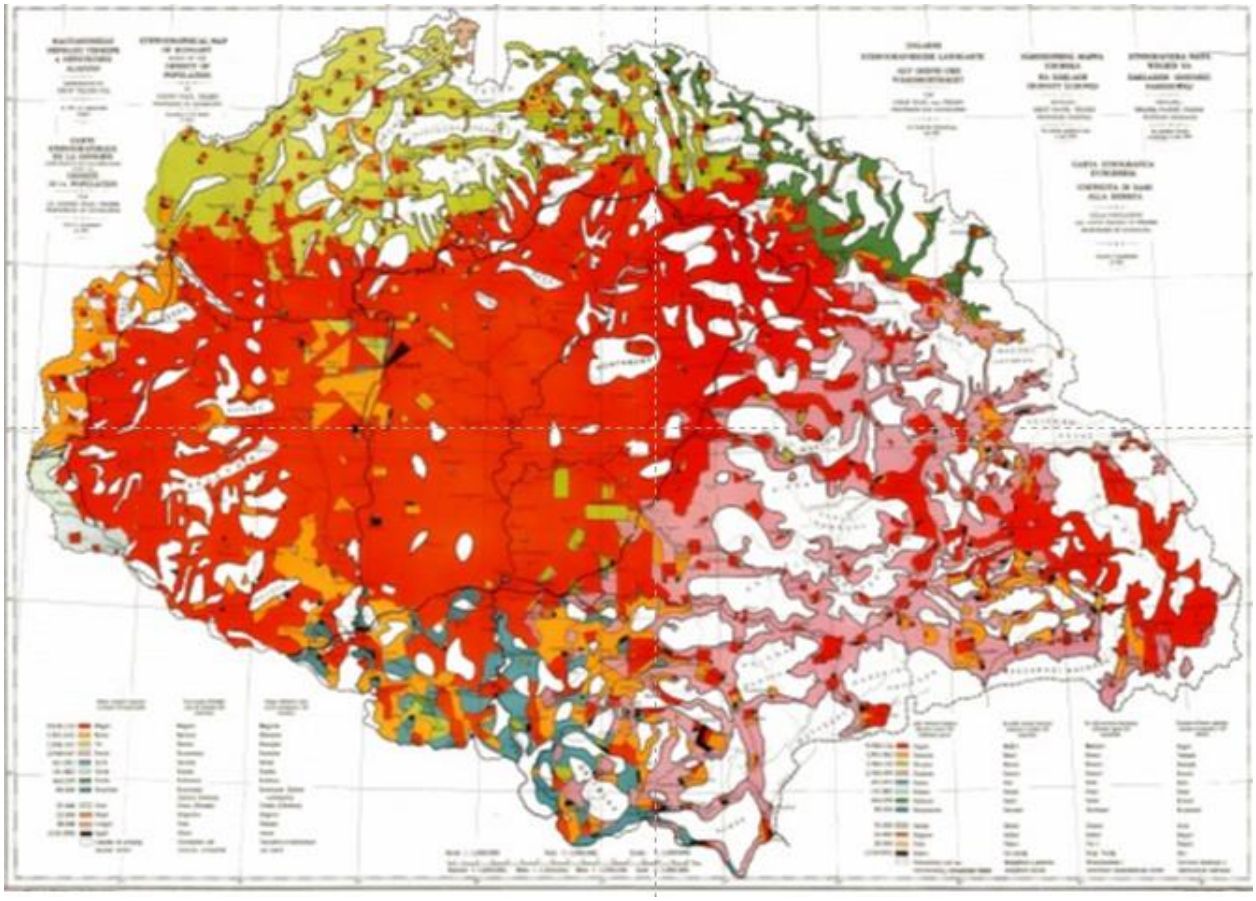
Csehszlovákia is kapott korridorjogot a Pozsony és az adriai kikötők közötti forgalom lebonyolítására Fiumébe Sopronon, Szombathelyen és Murakeresztúron át Pragerhofig, illetve Hegyeshalom–Csorna–Hegyfalu–Zalabér–Zalaszentiván–Murakeresztúron és a hegyfalu–szombathelyi vonalon át. Egyúttal lehetőséget biztosítottak magyar területen mozdonyszínek és kisebb javításokat végző műhelyek létesítésére és a cseh-szlovák vasúti szolgálatot ellenőrző közegek kirendelésére is.

A Békeszerződésben ugyanakkor sehol nem kapott Magyarország jogot az utódállamok vonalán át korridorvonatok közlekedtetésére. (Az egyetlen, rövid ideig működő passage vonal a Sárvár-Répcevis-Kőszeg kapcsolat volt.)

A szájhagyománnyal ellentétben a nem a trianoni békeszerződés foglalkozott az Ausztriával fenntartott vasúti forgalommal, így a GYSEV jövőjével.

A határok megállapításánál nem vették figyelembe a Teleki Pál által vezetett tudóscsoport híres vörös térképét, amely magyarország nemzetiségi viszonyait mutatta be, a magyar többségű településeket vörös színnel jelölve. A határok megállapítása legtöbbször úgy történt, hogy a színmagyar területek kerültek az utódállamokhoz.

Ez különösen a csehszlovák, a román és a szerb határszakaszon volt nyílvánvaló. Ezeket a határmeghúzásokat a legtöbb esetben azzal sem lehet indokolni, hogy a vasútvonalak az utódállamokhoz kerüljenek.



2. ábra: A Teleki Pál féle híres „Vörös térkép”: Magyarország nemzetiségi térképe Trianon előtt

2.2 A trianoni béke által megállapított országhatárok és a vasúthálózat kapcsolata.

A trianoni békeszerződés következtében a magyar vasúthálózat hossza 8 705 km-re csökkent. 2195 mozdony, 3533 személykocsi, 36 871 teherkocsi maradt, amellyel 111 766 ezer utasfő, 2 534 174 ezer utaskm, 19 634 árutonna, 1 593 894 ezer tonnakm elszállítását biztosította a megmaradt 71 950 vasutas.

Az új ország határok következtében valamennyi korábbi határpont külföldre került é új határállomások épültek ki. Az új magyar vasúti határállomás [4] közül a forgalmat nem minden esetben vették fel.

1. táblázat: Vasúti határátmenetek Ausztria felé

Határállomás	A forgalom jellege
Hegyeshalom	Nemzetközi
Pomogy	Helyi
Sopron	Korridor, helyi
Ágfalva	Helyi
Harka	Korridor, helyi

Répcevis	Korridor (rövid ideig, utána szünetel)
Kőszeg	Helyi, korridor
Rohonc	Helyi
Strém	Helyi
Szentgotthárd	Nemzetközi

10 határátmenetből 9 működő.

2. táblázat: Vasúti határátmenetek Csehszlovákia felé

Határállomás	A forgalom jellege
Oroszvár	Helyi
Komárom	Nemzetközi
Szob	Nemzetközi
Hont	Helyi
Ipolytarnóc	Helyi
Somoskőújfalu	Nemzetközi
Bánréve	Helyi
Bódvavendégi	Szünetel
Hidasnémeti	Nemzetközi
Sátoraljaújhely	Helyi
Sátoraljaújhely	Szünetel
Zemplénagárd	Szünetel
Záhony	Nemzetközi

13 átmenetből 10 működik, 3 szünetel.

3. táblázat: Vasúti határátmenetek Románia felé

Határállomás	A forgalom jellege
Zajta	Szünetel
Csenger	Szünetel
Ágerdőmajor	Szünetel
Nyírábrány	Nemzetközi
Nagykereki	Szünetel
Biharkeresztes	Nemzetközi
Körösnagyharsány	Szünetel
Kötegyán	Helyi
Kötegyán	Szünetel
Gyulavárir	Szünetel
Elek	Szünetel
Lőkösháza	Nemzetközi
Battonya	Helyi

Apátfalva	Szünetel

14 átmenetből 5 üzemel, 9 szünetel.

4. táblázat: Vasúti határátmenetek Szerb-Horvát-Szlovén királyság felé

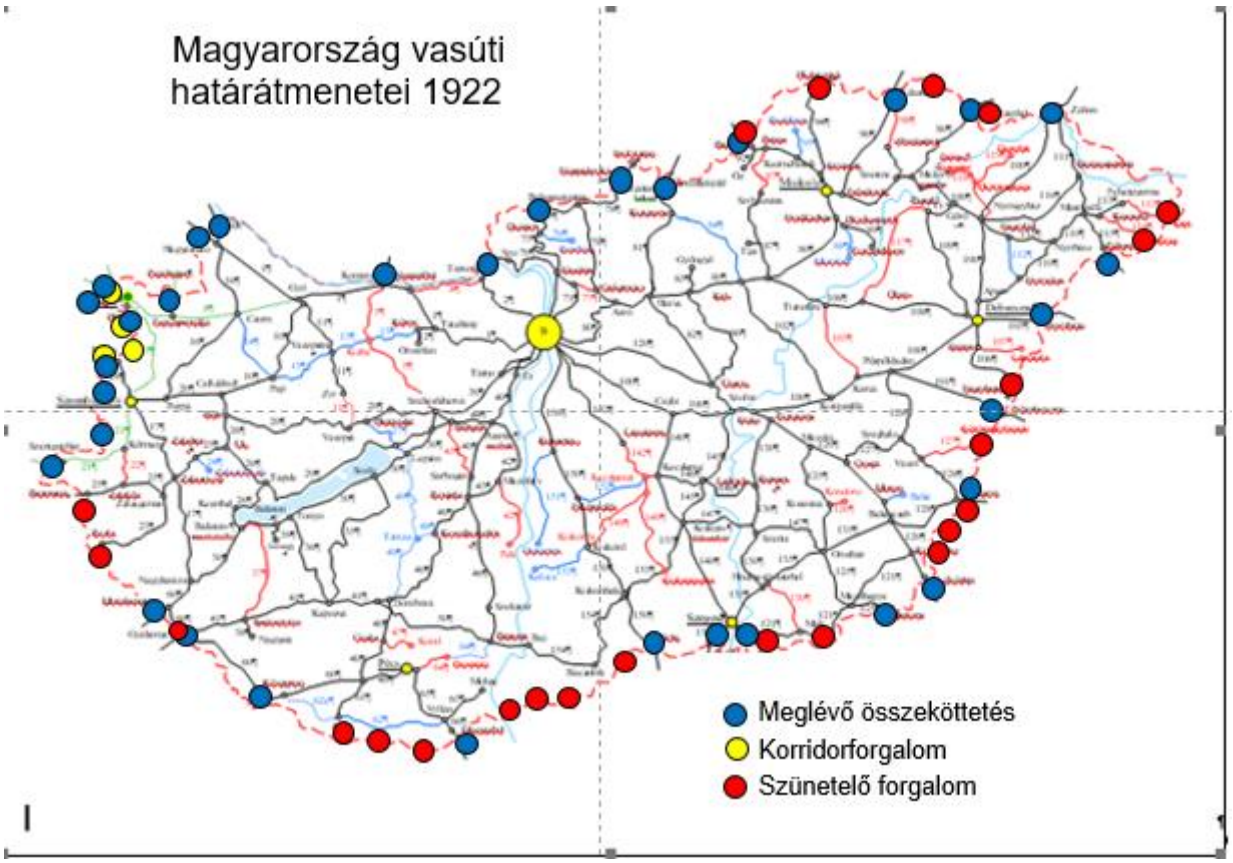
Határállomás	A forgalom jellege
Szőreg	Nemzetközi
Vedresháza	Szünetel
Röszke	Helyi
Kelebia	Nemzetközi
Csikéria	Szünetel
Ólegyen	Szünetel
Gara	Szünetel
Hercegszántó	Szünetel
Magyarbóly	Nemzetközi
Beremend	Szünetel
Drávaszabolcs	Szünetel
Drávasztára-Zaláta	Szünetel
Barcs	Helyi
Gyékényes	Nemzetközi
Zákány	Szünetel
Murakeresztúr	Nemzetközi
Rédics	Szünetel
Dávidháza-Kotormány	Szünetel

A 18 átmenetből 7 működő, 11 szünetelő

A trianoni békeszerződés következtében a normál vasúti nyomtáv 51 helyen metszette el az új határ a vasútvonalakat. (Ezen felül 2 helyen deltavágányt, 2 helyen keskenynyomközű vonalat vágott el az új határ.)

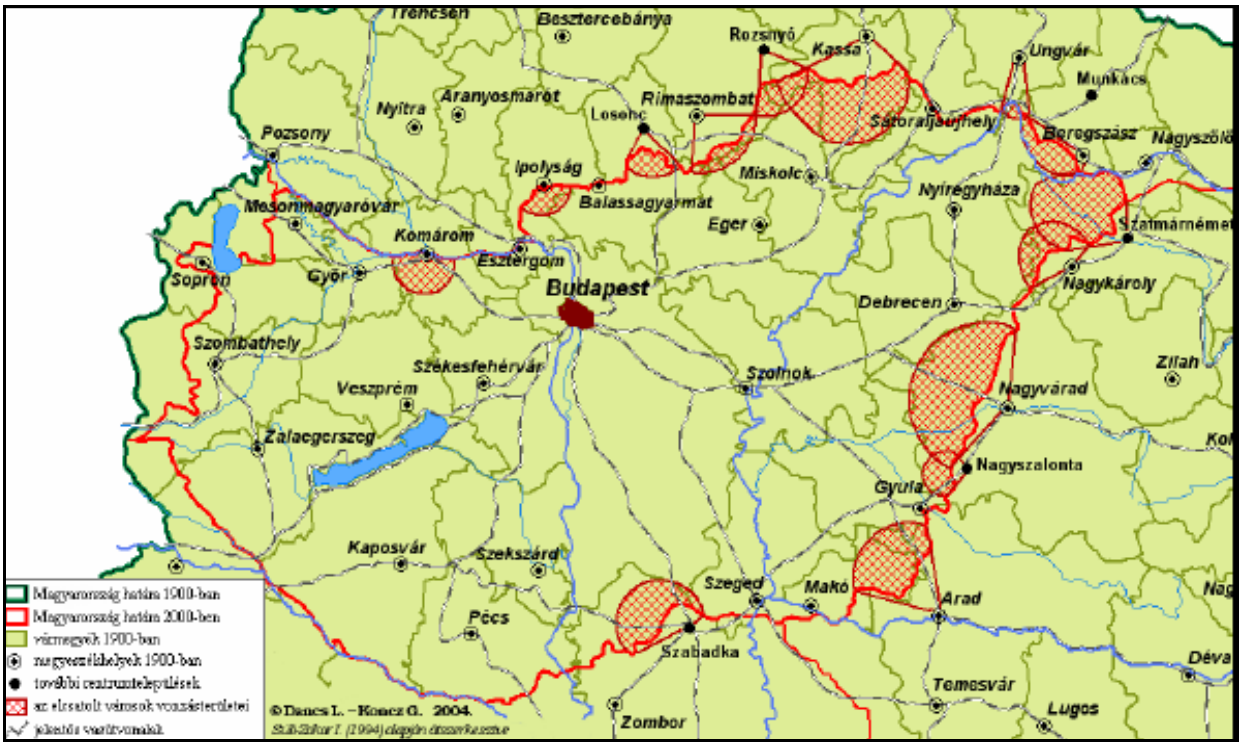
A határ sok esetben a nagyobb folyók természetes vonalát követte (Duna, Mura, Dráva, Maros, Ipoly), de legtöbbször következetlenül.

A tervszerűen kialakított vasúthálózat tudatos szétrombolását mutatja, hogy a határon túlra kerültek többségében magyar lakosságú jelentős vasúti csomópontok Szabadka (Subotica), Nagyvárad (Oradea), Arad (Arad), Szatmárnémeti (Satu Mare), Nagykároly (Carei), Pélmonostor (Beli Monastir).



3. ábra: A Trianon utáni vasúti határátmenetek

Az utódállamok kapták meg a magyar lakosságú stratégiai vonalszakaszokat Párkány-Nána–Szenc (Štúrovo–Senec), Kassa–Sátoraljaújhely–Csap–Királyháza (Košice–Sátoraljaújhely–Čop–Korolevo), Fülek–Bánréve–Rozsnyó (Fiľakovo–Bánréve–Rožňava). Ugyanakkor az Ipolytarnóc–Drégelypalánk vonal Magyarországon maradt, de az Ipoly innenső oldalán lévő Ipolyság vasútállomása Csehszlovákiába került.



4. ábra: A Trianon miatt természetes vonzásközpontjukat vesztett magyar területek.

A város és vonzáskörzete más országba került Sopron, Sátoraljaújhely, Nagyvárad (Oradea), Szabadka (Subotica), Szatmárnémeti (Satu Mare). A károkat súlyosbította, hogy sok munkanélküli vasutas került át a határon túlról. A békeszerződés ugyanakkor a vasutas szóbeszéddel ellentétben nem írta elő egyes kétvágányú vonalak egyik vágányának elbontását (Békéscsaba–Lőkösháza, Ferencváros–Kiskunlacháza-Kelebia–országhatár, Hatvan–Salgótarján, NagykanizsavMurakeresztúr). Ezekre a háború utáni forgalomcsökkenés és a sínhiány miatt került sor.

2.3 A magyar vasút fejlődése a két háború között

A világháború kárai és a trianoni békeszerződés utáni visszaesés és visszafejlődés miatt kevés forrás állt rendelkezésre, emiatt csak mérsékelt vasút fejlesztésre gondolhattak. Hálózat kiegészítésként az 1925. december 31-én átadott Kocsord–Fehérgyarmat között 11 km új vonal építésével megszüntették a zsákvonalat, Dunaföldvár–Solt 11 km építésével új dunai átkelést hoztak létre, összekötő vágányokat építettek Budapesten, összekötő és rakodó vonalszakaszok épültek. Vonalkorrekciók, ívkorrekciók a fővonalakon (hegyeshalmi, hatvani, balatoni), a vonalak pályájának megemelése Budapesten, kétvágányosítás Kápolnásnyék–Székesfehérvár–Szabadbattyán 33,6 km, Szajol–Debrecen 101,9, Sárbogárd–Rétszilas 9,1 km, állomásbővítés, új határállomások kiépítése, 203 km keskeny-nyomközű vasút építése és a Budapest–Komárom–Hegyeshalom vonal villamosítása az országos elektromos hálózatból (100kV) közvetlenül átvett áram felhasználása vasúti vontatási célokra (16kV) 50 Hz.

5. ábra: A Kandó-mozdony.

A gazdasági válság romboló hatása alól a vasút államosításában látták a kiutat. A magánvasutak államosítása 1926-1931 között 58 vonal, 4052 km vonalhossz államosítása. 1932. július 1. a Duna–Száva–Adria Vasúttársaság államosítása 560,7 km vonalhosszal. Az államosítás indokai: célszerűség és takarékosság= racionalizálás! (Ma ugyanezzel a jelszóval privatizálni akarunk.) Az üzleti mutatók romlását garantálta, hogy a hely érdekű vasútvonalak utaskm aránya harmada, árutonna km aránya fele volt a MÁV-énak. A MÁV már akkor kiemelte a hely érdekű vasútvonal-forgalom ráfizetésességét, ugyanakkor a ráhordó jelleg miatt a mellékvonalon felszálló utas és az ott feladott áru csatlakozott a MÁV-hoz, ezzel a MÁV szállítási teljesítményét növelte.

A nehéz gazdasági helyzet ellenére a magyar vasút az európai technikai haladás élvonalában tudott maradni. Korszerű univerzális gőzmozdonyokat szereztek be 424 sorozatú gőzmozdony 1924-1958 (2D tengelyelhelyezés, 14,4 -15,1 t tengelyterhelés, 1295 kW, 90 km/h sebesség, 514 db épült. A mellékvonalak személyforgalmának megjavítása érdekében rendkívül gazdaságos üzemű (motorpótló) gőzmozdonyokat üzemeltettek 275 sorozatú motorpótló gőzmozdony 1928-1940, 1'B'1 tengelyelhelyezés, 10,0 t tengelyterhelés, 199 kW, 70 km/h sebesség, 148 db épült. 29db V 40 Kandó-rendszerű univerzális villanymozdony 1932-1941, 1 D 1 tengelyelrendezés, 18,4 t tengelyterhelés, 1839 kW, 100 km/h .

6. ábra: A 424-es gőzmozdony

7. ábra: A 22-es, majd 275-ös motorpótló gőzmozdony.

A kis tengelynyomású mellékvonalon a személy- és a teherszállítás szétválasztására úttörő módon benzin és dízel motorkocsikat üzemeltettek. E korszerű járművekből sokat exportáltak is. A járművek többsége 50 évig működött. BCmot sorozatú Ganz-Jendrassik dízel motorvonat 1926-1937. A1 tengelyelrendezés, 10,0 -10,8 t tengelyterhelés, 1926-től 55 kW,1934-től 88 kW, 60 km/h sebesség, 15+31 ülőhely 128 db készült a MÁV-nak A távolsági forgalom meggyorsítását szolgálta a gyorssínbusz. A Budapest-Bécs 272 km távolságot 2 óra 58 perc alatt futotta be az új jármű. Több, mint 50 évig nem volt ennél rövidebb menetidővel közlekedő vonat a két főváros között. Az Árpád sínautóbusz 1934-1940 B'2' tengelyelrendezés, 11,0 t tengelyterhelés, 202 kW, 120 km/h sebesség, 72 ülőhely, 7 db készült a MÁV-nak.

8. ábra: A Ganz-Jendrassik dízel motorkocsi.

A két háború között az utódállamok a történelmi Magyarországhoz tartozó területeken nagyon kevés fejlesztést hajtottak végre. 1920-1938 között 156 millió aranypengő vasútépítés történt az utódállamokban.

Csehszlovákia 42 millió aranypengő fejlesztést hajtott végre 7 km új vonal Kassa (Košice), illetve Abafalva (Abovce)–Sajólénártfalva (Lenartovce) és 695 km felépítmény-csere.

Románia 110 millió aranypengő fejlesztés 80 km új normál nyomtávolságú vonal Kisilva (Ilva Mica)–Kosna (Cosna), Szálva (Salva)–Telcs (Telciu), 42 km keskeny nyomtávolságú vonal, 9 km II. vágány Kolozsvár (Cluj-Napoca)–Apahida (Apahida), 14 új forgalmi kitérő, 468 km felépítmény csere.

Jugoszlávia: 4 millió aranypengő fejlesztés - 1 új forgalmi kitérő, 83 km felépítmény csere.

9. ábra: Az Árpád motorvonat.

2.4 Bécsi békék következményei a vasúthálózat átalakulására

A Bécsi döntések után Ausztriával a kapcsolat változatlan maradt. Egyedül a répcevisi (iorábban rövid ideig működtetett korridorforgalom szűnt meg. Szlovákia felé új határállomások létesültek.

Ezek közül a forgalmat felvették Oroszvár, Úszor, Szenc, Galánta, Komját, Léva, Egeg-Szalatnya, Losonc. Osgyán, Rimaszombat, Jolsva, Kuntapolca, Rozsnyó, Ferenctelep, Kassa, Regeteruszka–Legenye-Alsómihályi passage vonal, Legenye-Alsómihályi, Takcsány állomásnál.

Nem közlekedtek a vonatok Verebély, Deregnyő állomástól, illetve Losoncról Poltár felé. (A szlovák állam érdeke volt a vasúti határátmenetek fenntartása, mert a zsákvonalként megmaradó ipar-és bányavasutakról csak Magyarországon keresztül tudtak közlekedni.

Magyar korridor vonat közlekedett néhány évig Somorjából Pozsony-Újvároson át Hegyeshalomba, illetve Kassáról Sátoraljaújhelyre.

Lengyelország felé a tradicionális Sjanki, Lawoczne és Kőrösmező átmenetben jártak a vonatok.

A 2. Bécsi döntés után Észak-Erdélyben a román–magyar határátmenetben 14 új határátmenet jelent meg: Kosna, Gyimesbükk, Uzon, Székelykeresztúr, Balavásár, Nyárádtő, Mezőbánd, Mezőszentmihály, Kolozs-Kolozskara, Zentelke, Kardó, Nagyszalonta. Ezek egyikén sem vették fel a forgalmat.

Továbbra is szünetelt a határforgalom Elek, Gyulavári, Kötegyán és Apátfalva átmenetben. A román–magya vasúti forgalom csak Lőkösháza és Battonya állomáson át bonyolódott.

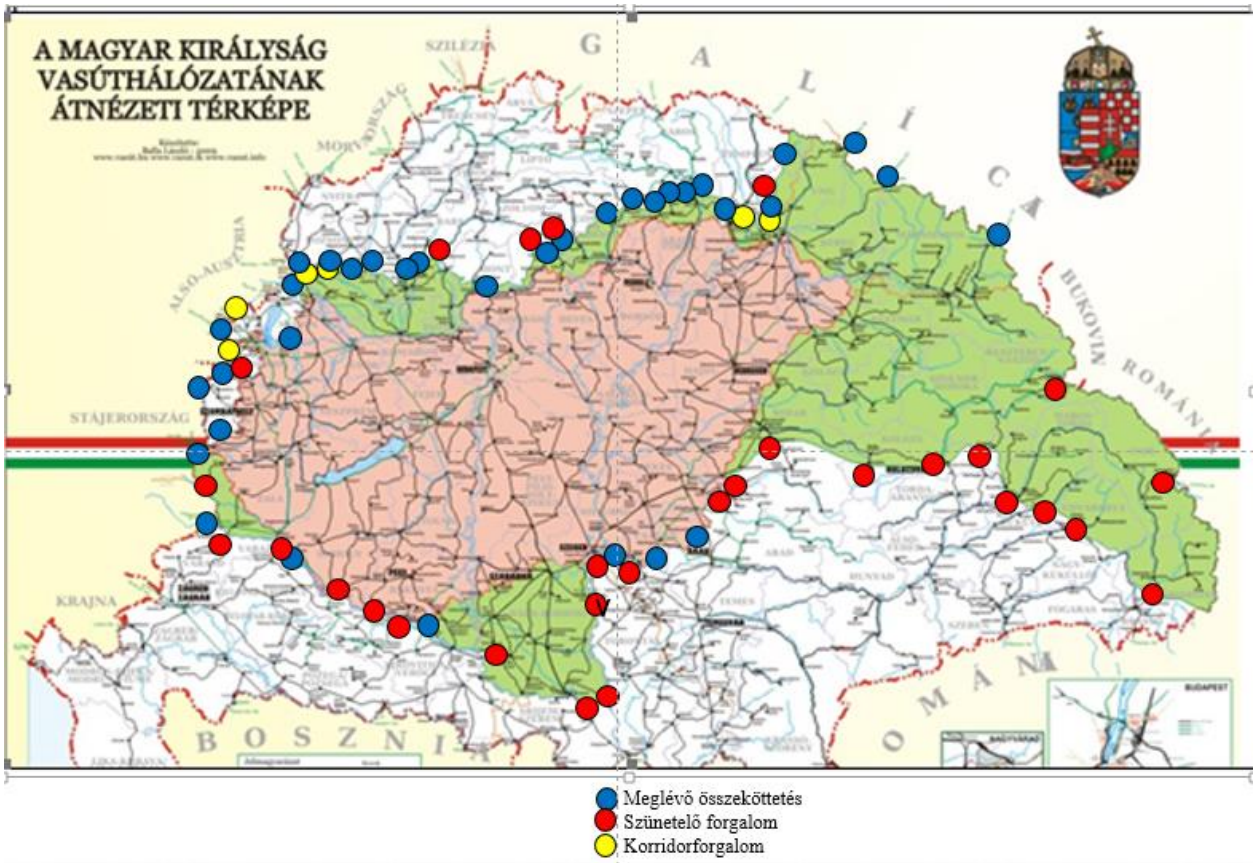
Jugoszlávia megszállása után Szerbia felé a vasúti forgalom a zentai, titeli, újvidéki, gombosi hidak felrobbantása miatt gyakorlatilag megszűnt, egyedül a kübekházi átmenet maradt meg.

Horvátország felé a határforgalom Eszék, Barcs, Gyékényes és Csáktornya átmenetben bonyolódott, mert a háború alatt a barcsi, varasdi és a murahelyi vasúti hidat is felrobbantották. (Az ugyancsak felrobbantott gyékényesi hidat az ideiglenes forgalomra alkalmassá tették.)

10. ábra Magyarorszáb a bécsi döntések után

2.5 A magyar vasút a második világháború alatt.

A II. világháború idején a Bécsi Döntések következtében ideiglenesen Magyarországhoz csatolt területeken intenzív vasútfejlesztés zajlott.



11. ábra: Magyarország vasúthálózata a bécsi döntések után (Balla László térképének felhasználásával)

1938-1943 között 418 millió aranypengő magyar vasútfejlesztés volt a visszacsatolt területen.

A korábbi Csehszlovákia területén 26+22 millió aranypengő Taracköz (Teresva)–Aknaszlatina (Slatina) 16,9 km új vonal építése és 695 km felépítmény-csere.

A visszacsatolt Észak-Erdélyben 352 millió aranypengő értékben folyt a vasútépítés. Megépült a Székelyföld elérését biztosító Szászlekence (Lechinţa)–Kolozsnagyida (Viile Tecii) 16,2 km keskeny nyomtávolságú vonal, majd a Szeretfalva (Sărăţel)–Déda (Deda) 48,0 km új normál nyomtávolságú vonal. 50 km új vágány épült a trianoni határok által megszakított vonalak forgalomba állításához. Zsibó (Jibou)–Dés (Dej) között 76 km hosszon II. vágány létesült. 468 km hosszon felépítmény csere és egyes vonalak elsőrangúsítása is megtörtént. A

A Délvidéken 18 millió aranypengő értékű fejlesztés volt, ennek zömét a Szabadka (Subotica)–Újvidék (Novi Sad) vonal állomásainak bővítésére fordították.

3. A magyar vasúthálózat és a vasút teljesítményeinek alakulása a II. Világháború után

A háború utáni konszolidáció kezdetét a Párizsi Békeszerződés aláírása jelezte.

3.1 A Párizsi Békeszerződés

A Békeszerződés visszaállította [5] Magyarország 1938. január 1-jei határait, egyedül a stratégiai fontosságú pozsonyi hídfő 3 községét (Dunacsún, Horvátjárfalu, Oroszvár) csatolták át Csehszlovákiába. Ezzel a vasúti határállomás Oroszvárról Rajkára került.

Új szomszédos államként jelent meg a Szovjetunió, így Záhony szomszédja a háború után már nem Csehszlovákia, hanem a Szovjetunió lett.

A Párizsi Békeszerződés visszaállította Magyarország 1938. évi határait.

3.2 A háború pusztításai

A háború óriási pusztítást végzett a magyar vasúton. A háborús károk helyreállítása során 82 ezer tonna sín és kapcsolószer, 470 ezer talpfa, 360 ezer köbméter zúzottkő, 5110 tonna vasanyag, 3200 tonna cement, 8 millió db tégla, 23 700 köbméter faanyag került beépítésre.

A Magyar Kommunista Párt az újjáépítést., „Arccal a vasút felé” jelszóval hirdette meg. A cél 500 mozdony és 10000 kocsi megjavítása volt.1945 végére elkészült 1429 gőzmozdony, 18 villanymozdony, 14 motorkocsi, 6477 teherkocsi, 571 személykocsi. Valamennyi nagy folyami híd megsemmisült, újjáépítésük 10 évig tartott. A háborús károk helyrehozatala után mérsékelt fejlesztés is kezdődött. Új összekötő és iparvasúti vonalak építése 178 km hosszban 282 km II. vágány építése. A hihetetlen mértékben megnőtt magyar-szovjet áruforgalom szükségessé tette a záhonyi átrakókörzet fejlesztését. Záhony átrakó pályaudvar fejlesztése során 35 km széles nyomtávú vonal épült 130 km vágányhosszal. Technikai megújhodásként megkezdődött az automatikus és félautomatikus térközbiztosító berendezések építése. A személykocsi hiány miatt teherkocsikat alakítottak át személyszállításra. Ezek voltak az E-kocsik. Befejeződött a magánvasutak államosítása a GYSEV kivételével.

3.3 A trianoni határok utóélete és következményei a magyar vasúthálózat fejlesztésében és racionalizálásában a szocializmus építésének időszakában.

A közúti közlekedés fejlesztése miatt egyre sürgetőbbé vált a vasút megújítása. Ennek eszköze volt az 1968-ban meghirdetett Közlekedéspolitikai koncepció. Ennek során a gazdaságtalannak ítélt mellékvonalak vasúti forgalma megszüntetésre, illetve körzetesítésre került. A közlekedéspolitikai koncepció meghirdetett célja volt a kisforgalmú vasútvonalak forgalmának közútra terelése, ezzel a személy- és áruszállítási szolgáltatások színvonalának emelése, a forgalomfelvevő csomópontok kialakítása, az áruforgalom körzetesítése, a gazdaságosság növelése, a közlekedés devizaszerző és –kímélő tevékenységének elősegítése, a munkaerő-gazdálkodás megoldása, a nagyobb állami szerepvállalás a hálózatfejlesztésből és a vontatójármű beszerzésből.

1959-1980 között 1888 km vasútvonal (712 km keskeny, 1176 km normál) megszüntetetésre és felszedésre került. A közlekedési koncepció lehetővé kívánta tenni a vasút technikai megújulását a 70-es években.

Ennek indokait jól mutatja, hogy a MÁV akkori vezérigazgatója így vázolta a magyar vasút helyzetét: a pálya és a biztosítóberendezés állapota elmarad a kor követelményeitől, a vontatójárművek színvonala nem elégíti ki a pálya által megkövetelt kívánalmakat, a vontatott járművek színvonala elmarad a

vonóeszközök színvonalától, az állomási szolgáltatás színvonala nem éri el a gördülőállományét. A vonalmegszüntetések kedvezőtlen politikai hatást keltettek, ezért az eredetileg kitűzött vonalbezárásokra nagy részére nem került sor. Az 1970-es évek végére a magyar vasút történetének csúcsára érkezett. A fejlesztés legfontosabb állomásai: vonalvillamosítás, pályaépítés, személykocsi beszerzés, új vontatójárművek beszerzése volt Ekkor jelent meg a MÁV vontatás robotosa a V43 villanymozdony francia licenc alapján hazai gyártással, az M61 NOHAB – a vasútbarátok szerelme, a személyszállításra alkalmatlan, de áruszállításra megfelelő szovjet dízelmozdony a M62 sorozatú Szergej.

5. táblázat: A határpontokhoz vezető vasútvonalak megszüntetése 1959-1982

Viszonylat	**Hossz**	**Megszüntetés éve**
Körmend—Pinkamindszent—oh.	12 km	1959
Szőreg—Vedresháza—oh.	15 km	1959
Szombathely—Bucsu—oh.	11 km	1960
Bácsalmás—Csikéria—oh.	11 km	1960
Bácsalmás—Ólegyen—oh.	20 km	1960
Drégelypalánk—Hont—oh.	6 km	1960
Sellye—Drávasztára—Zaláta—oh.	9 km	1970
Kétegyháza—Elek—oh.	7 km	1970
Harkányfürdő—Drávaszabolcs—oh.	8 km	1971
Baja—Gara—oh.	19 km	1971
Sárospatak—Zemplénagárd—oh. (760 mm)	52 km	1971
Baja—Hercegszántó—oh.	31 km	1972
Sárvár—Répcevis—oh.	41 km	1974
Zalalövő—Bajánsenye—oh.	19 km	1980
Nagyharsány—Beremend—oh.	31 km	1982

A 15 vonalból a 11 helyen a határ túloldalán megmaradtak a sínek.

Kiemelkedő volt a személyforgalom és az áruforgalom is. A vasút a kapacitásai teljes kihasználásával dolgozott, emiatt minden ősszel komoly árufuvarozási korlátozásokat kellett bevezetni és a rövid távolságra feladott árukat közútra terelték.

A személyszállítási díjak stabilitását mutatta, hogy a MÁV személyszállítási tarifái 1951 és 1980 között változatlanok voltak. 1980-ban is csak menetdíj-kerekítés történt az övezetek számának csökkentésével, de a díjszínvonal növekedése nélkül. A kieső bevételeket az állam 0-szaldóra pótolta a szociálpolitikai kedvezmények teljesárú díjszintre történő fogyasztói árkiegészítésével, illetve a tarifaszint elmaradást pótló 167%-os egységes árkiegészítéssel. 1982-ben 100%-os személyszállítási díjemelés történt, megszűntették az egységes árkiegészítést, a vasút a személyszállítás veszteségeit az árufuvarozás nyereségéből finanszírozta. Az óta a személyszállítási tarifákat évente 5-80%-kal emelték. Jelenleg az 1980. évi tarifa 70 szerese van érvényben!

A rendszerváltás – a közút fejlődésével párhuzamosan – igazi csapást jelentett a vasútra. A megszűnő munkahelyek, a növekvő munkanélküliség következtében csökkent a havijeggyel utazók száma, csökkent a hétvégi ingázók száma, nőtt a kedvezménnyel utazók száma, nőtt a kedvezményt igénylők aránya. Megszűnt a kötelező katonai szolgálat, nincsenek katonai utazások. Nőtt a személygépkocsik száma, a gépkocsiállomány minősége ugrásszerűen megjavult, emiatt a gépkocsikban több az egyéni utazó. Visszaesett a vasúti áruforgalom, ennek következtében finanszírozási hiány lépett fel és elmaradtak a vasúti beruházások.

A megnövekedő közúti forgalom kielégítésére felgyorsult az autópálya építés, emiatt versenyelőny keletkezett a közútnál. A 80-as évek végétől lassú agónia és bizonytalan útkeresés látható a vasútnál. A külföldi tanácsadó cégek1989-ben mintegy 1000 milliárd Ft vasúti beruházási elmaradást észleltek. 2005-

re ez mintegy 5000 milliárd Ft-ra nőtt. Ennek bizonyítékai az elavult mozdonypark, elmaradó fejlesztések. A személykocsik átlagéletkora 1980-ban 17 év, 2008-ban 30 év. 1964-1983 között 3090 új személykocsi beszerzése történt. 1983-2009 között 428 új személykocsit szereztek be. 1994-2004 között gyakorlatilag nem volt személykocsi beszerzés, és a személykocsik karbantartása, felújítása is elmaradt.

A vasút elvesztette arculatát, negatív imázsúvá vált! Azt mondhatjuk, hogy a mai magyar vasút egyetlen igazi európai színvonalú szolgáltatása a 2000. évben Budapesten a volt Északi fűtőház területén megnyitott Magyar Vasúttörténeti Park. A MÁV Nosztalgia Kft. Által üzemeltetett interaktív kiállítás a vasúti eszközök megőrzésével, bemutatásával, nosztalgia vonatok közlekedésével és rendezvények szervezésével mutatja be a vasút történetét.

A vasút megújításának módszereit külföldi tanácsadó cégek segítségével keresték. Vizsgálta a MÁV helyzetét és a vasút jövőjét Knight Wendling, MERCER, Halcrow Fox, Boston Consulting, IFUA-Horvath. Javaslataik gyakorlatilag egyformák voltak: csökkenteni a költségeket, fejleszteni a fővonalakat, racionalizálni a hálózatot, a mellékvonalakat kivonni a MÁV üzletköréből, több állami támogatást biztosítani, emelni a személyszállítási tarifákat, csökkenteni a kedvezményeket, kiszervezni a kiszolgáló tevékenységeket.

A javaslatoknak gyakorlatilag nem lett kézzelfogható eredménye, annak ellenére, hogy fokozatosan megvalósult a korábban egységes MÁV szétdarabolása.

4. Napjaink vasútja

4.1 A vasút az uniós csatlakozás után

A MÁV-nak a KSH részére nyújtott 2018. évi adatszolgáltatása szerint a vasúti pályák építési hossza 7005 km normál és 37 km széles nyomtávú vonal. Ebből nem villamosított 4330 km (továbbá 37 km széles), villamosított 2675 km, két vágányú 1202 km (ebből 12 km nem villamosított). Az összes üzemeltetett vágányhossz 10535 km normál és 106 km széles nyomtávolságú vágány, amelyből 5115 km villamosított, 5420 (és 106 széles) km nem villamosított. A GYSEV 2017. évi adatszolgáltatása szerin a vasúti pályák építési hossza 436 km, ebből egy vágányú 419 km, két vágányú 17 km. Villamosított 394 km, nem villamosított 42 km. A vasúti szolgáltatás minőségét jelentősen befolyásolja a pálya tengelyterhelése és a beépített sínek életkora.

7. táblázat: A magyar vasúti pálya állapota 2018-ban [11, 12]

Tengelyterhelés tonna	16	18	20	22,5
MÁV km	264	1 090	4 936	686 + 37
GYSEV km	22	0	298	116

Sínek életkora év	-10	11-20	21-30	31-40	41-60	60-
MÁV km	864+37	370	325	1 927	2 237	1 282
GYSEV km	130	86	0	0	220	0

8. táblázat: A magyarországi a mozdonyok és vasúti személykocsik életkora. [11, 12]

Életkor 2017-ben év	-2	3-5	6-10	11-15	16-20	21-30	30-
MÁV-START mozdony	0	0	25	10	0	70	706
GYSEV mozdony	9	7	0	0	0	12	1
MÁV-STAR motorvonat.	0	63	73	67	17	31	204
GYSEV motorvonat	*	3	7			12	
MÁV-START személykocsi	**0	2	0	0	51	257	1 482
GYSEV személykocsi	0	0	0	0	0	3	126

*2018-ban 10 db FLIRT került beszerzésre **2019-ben 20 db IC+ állt forgalomba

A MÁV foglalkoztatott létszáma 18 156, a GYSEV-é 1 828, a MÁV-START-é 13 963 fő volt.

A következő évek vasútpolitikájának feladata a beszerzés, felújítás, karbantartás egyensúlyának helyreállítása lenne. Ehhez az évtizedes lemaradások korrigálása elengedhetetlen, és ezzel párhuzamosan szükséges az európai átjárható közlekedéshez szükséges műszaki fejlesztési és szabályozási elvárásokat is teljesíteni. Ehhez rengeteg fejlesztési forrásra lenne szükség. Korrekt, gazdasági számításokkal alátámasztott politikai döntés és annak következetes végrehajtása szükséges a hálózatnagyságra, a szolgáltatás terjedelmére, az alágazatok munkamegosztására és mindezek finanszírozására.

Optimizmusunkat csökkenti a tapasztalat: a MÁV 100 éve megfogalmazott fejlesztési elképzeléseinek egy része még mindig előkészítési fázisban van.

4.2 A mai magyar vasút kapcsolatai a szomszédos vasutakkal

12. ábra: Magyarország vasúti határátmenetei napjainkban

A határátmeneti forgalmat a MÁV menetrendje és az utazási ajánlatok alapján vizsgálhatjuk meg. [13,14]. Ez országonként eltérő képet mutat, és mindenképpen érdekes összehasonlításra ad lehetőséget.

9. táblázat: Magyarország vasúti kapcsolata Ausztriával 2020-ban

AUSZTRIA	HELYI VONAT	TÁVOLSÁGI VONAT
Hegyeshalom	11/10	14/14
Fertőszentmiklós	3/5	
Sopron	16/20	
Ágfalva	28/24	
Harka	22/26	
Szentgotthárd	13/13	1

Budapest–Bécs között a legkedvezőbb (korlátozott számban elérhető) ár egy útra 13 €, a normál ár egy útra 47,40 €. Budapest–Graz között a legkedvezőbb (korlátozott számban elérhető) ár egy útra 19 €, a

normál ár egy útra 63,60 €. Győr–Bécs között a legkedvezőbb (korlátozott számban elérhető) ár egy útra 9 €, a normál ár egy útra 26,40 €.

Sopronból a bécsi VOR tarifa érvényes. A menetdíjak Nagymartonba 3,5 €, Kismartonba és Bécsújhelybe 7,0 €, Ebenfurthba 9,40 €, Bécsbe 17,40 €.

10. táblázat: Magyarország vasúti kapcsolata Szlovákiával 2020-ban

SZLOVÁKIA	HELYI VONAT	TÁVOLSÁGI VONAT
Rajka	5/5	
Szob		9/9
Hidasnémeti		2/2

Szob és Párkány között a kishatárforgalmi menettérti jegy ára 2 €. A Vác–Párkány menettérti jegy ára 4 €.A Budapest–Pozsony útvonalon érvényes legolcsóbb menetjegy egy útra 12 €, menettérti útra 20 €. A közvetlen vonatokra érvényes oda-vissza úti menetjegy Budapest–Kassa 24 €, Miskolc–Kassa 9 €, Hidasnémeti – Kassa 4 €.

A Rajka–Bratislava-Petržalka jegy ára egy útra 2,0 €, a Hegyeshalom–Bratislava-Petržalka jegyé 3,0 €.

11. táblázat: Magyarország vasúti kapcsolata Ukrajnával 2020-ban

UKRAJNA	HELYI VONAT	TÁVOLSÁGI VONAT
Záhony	5/6	2/2

Záhony–Csap viszonylatú oda-vissza utazás esetén kishatárforgalmi menetjegy is váltható, kizárólag Záhony állomáson. Ára: 4,80 €. Záhonyból Munkácsra egy útra 3,80 €, menettérti útra 7,50 €.

Munkácsra a jegy ára Budapestről egy útra 25 €, menettérti útra 49,90 €

12. táblázat: Magyarország vasúti kapcsolata Romániával 2020-ban

ROMÁNIA	HELYI VONAT	TÁVOLSÁGI VONAT
Tiborszállás	2/2	
Nyírábrány		3/3
Biharkeresztes	2/2	3/3
Kötegyán	2/2	
Lőkösháza		5/5

Kishatárforgalmi jegyárak a magyar-román forgalomban: Debrecen – Érmihályfalva – Nagykároly oda 6,10 €, oda-vissza 9,10 €, Mátészalka – Nagykároly oda 4,30 €, oda-vissza 6,40 €, Püspökladány–Nagyvárad oda 6,50 €, oda-vissza 10,00 €, Békéscsaba – Nagyszalonta oda 5,40 €, oda-vissza 8,20 €, Békéscsaba – Arad oda 5,60 €, oda-vissza 8,40 € .

Budapest–Nagyvárad, Kolozsvár, Arad és Temesvár között a legkedvezőbb (korlátozott számban elérhető) ár egy útra 15 €, menettérti útra 30 €.

A normál menetdíj Nagyváradra egy útra 22,00 €, menettérti útra 32,30 €. Kolozsvárra egy útra 36,30 €, menettérti útra 54,30 €. Aradra egy útra 22,60 €, menettérti útra 33,30 €. Temesvárra egy útra 28,00 €, menettérti útra 41,50 €.

Budapest–Marosvásárhely, Csíkszereda, Sepsiszentgyörgy, Nagyszeben és Brassó között a legkedvezőbb (korlátozott számban elérhető) ár egy útra 19 €, menettérti útra 38 €.

A normál menetdíj Marosvásárhelyre egy útra 42,70 €, menettérti útra 64,10 €, Csíkszeredába és Brassóba (Aradon át) egy útra 51,50 €, menettérti útra 77,70 €, Sepsiszentgyörgyre és Brassóba (Kolozsváron át) egy útra 55,70 €, menettérti útra 84,10 €, Nagyszebenbe egy útra 45,00 €, menettérti útra 67,70 €.

13. táblázat: Magyarország vasúti kapcsolata Szerbiával 2020-ban

SZERBIA	HELYI VONAT	TÁVOLSÁGI VONAT
Kelebia		1/1 átszállással

A Kiskunhalas–Szabadka kishatárforgalmú jegy egy irányba 2,80 €, oda-vissza 5,60 €. A Kelebia–Szabadka jegy ára egy irányba 2,40 €, oda-vissza 2,70 €.

Budapest–Szabadka között a menetdíj egy útra 19,90 €, menettérti útra 22,70 €. Budapest–Újvidék között a legkedvezőbb (korlátozott számban elérhető) ár egy útra 12 €, menettérti útra 20 €. A normál ár egy útra 27,90 €, menettérti útra 31,80 €.

14. táblázat: Magyarország vasúti kapcsolata Horvátországgal 2020-ban

HORVÁTORSZÁG	HELYI VONAT	TÁVOLSÁGI VONAT
Magyarbóly	4/4	
Gyékényes		1/1 (nyáron 3/3)

Pécs–Eszék egy irányba 3,65 €, oda-vissza 7,30 €. Legkedvezőbb (korlátozott számban elérhető) ár Budapestről Zágrábba egy irányban 15 €, oda-vissza Budapestről 30 €, a normál tarifa 35,70 €.

15. táblázat: Magyarország vasúti kapcsolata Szlovéniával 2020-ban

SZLOVÉNIA	HELYI VONAT	TÁVOLSÁGI VONAT
Hodos	4/3	1/1 (nyáron 2/2)

Budapestről Ljubljanába a legolcsóbb (korlátozott számban elérhető) menetjegy ára 15 €, a normál tarifa 60,90 €.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a vasúti kínálat Ausztria kivételével elégtelen, az eljutási idő hosszú, a szolgáltatás minősége hiányos. Úgy tűnik, hogy a vasúti díjképzés, díjmegállapítás és kedvezményezés teljesen esetleges, az egyéni és az autóbuszos közlekedéssel versenyképtelen.

4.3 Milyen vasúti fejlesztésekre és az országok közötti együttműködésre lenne szükség a trianoni határok kedvezőtlen hatásainak felszámolására Magyarországon és az utódállamokban a „határok nélküli Európában”?

Magyarország és szomszédainak uniós csatlakozása új helyzetet teremtett a vasúti közlekedésben is. Koncepcionális kérdés: Mi legyen a határok által szétszakított vasútvonalak sorsa az egyesült Európában? Magyarország és a szomszédos országok vasúti személyszállítási összeköttetése rendkívül eltérő. Ausztria irányába órás gyakoriságú eljutás van Hegyeshalomnál és Sopronnál, de a többi határállomáson is megfelelő a vonatkínálat. Sopron a bécsi közlekedési szövetség része, osztrák belföldi átszállási állomás. A közszolgáltatási személyszállítást az osztrák állam, Burgenland, Alsó-Ausztria és Bécs finanszírozza.

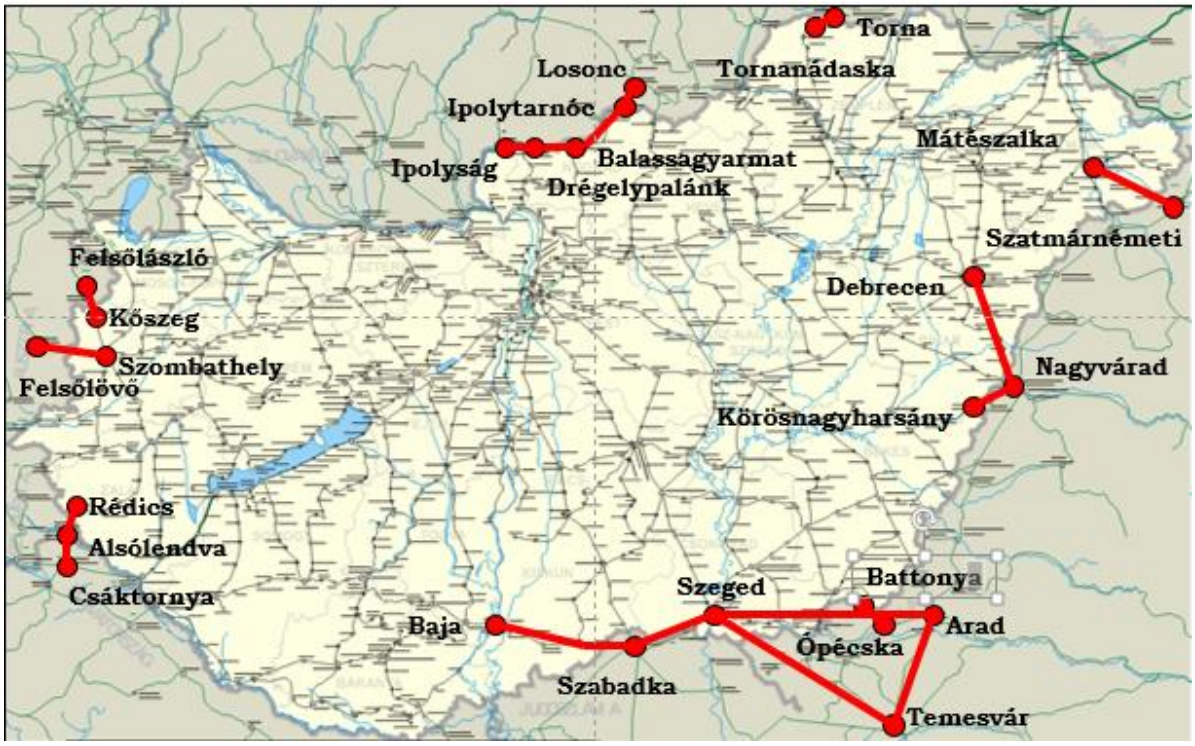
Romániába 2 órás vonatgyakoriság van Lőkösházán. A többi határállomáson, 2-5 vonat közlekedik.

Szlovákiában csak 3 átmenetben van személyszállítás. 2, 5, 9 pár vonattal. A többi határátmenetben a személyszállítás szünetel. A záhonyi átmenet forgalma az utóbbi években emelkedett. Újdonság a Munkácsig közlekedő két vonatpár. Horvátország és Szlovénia fővárosába napi 1 vonatpár közlekedik Budapestről. A 4 pár helyi vonattal Pécsről és Zalaegerszegről csak a határállomás érhető el. A határátmenetek egy részén annak ellenére, hogy a kapcsolat rendelkezésre áll, nincs személyszállítás.

Szerbiába egy pár vonat közlekedik Kelebiáról. Budapestnek nincs átszállás nélküli kapcsolata.

A feladat a versenyképes szolgáltatási gyakoriság biztosítása. Ennek során vizsgálandó a lezárt vasúti határátmenetek felélesztési lehetősége. Megfelelő akarattal és állami támogatással, jaz igényeknek megfelelő viszonylatban azonnal közlekedhetnének a személyszállító vonatok Murakeresztúr, Komárom, Bánréve, Sátoraljaújhely, Röszke átmenetben. Kis beruházással újra indítható lenne a vasúti személyszállítás Nógrádszakál–Bussa (Bušince), Ipolytarnóc–Losonc (Lučenec), Tornanádaska–(Kassa) Košice, között. Romániával új összeköttetés létesülhet Battonya–Pécska (Pecica), Körösnagyharsány–Nagyvárad (Oradea) között. Nagyobb beruházási igényt jelentene a Rédics–Lendva (Lendava), Drégelypalánk–Ipolyság (Šahy), illetve a Zajta–Szatmárnémeti (Satu Mare) és Csenger–Szatmárnémeti

(Satu Mare), valamint a Nagykereki–Nagyvárad (Oradea) forgalom helyreállítása. A lehetséges kapcsolatokat a 2009-ben elkészült Varratmentes Európa II. Vasúti határátmenetek vizsgálta. [8] Azóta nem sok minden történt. A vasúti összeköttetések bővítését és versenyképességét nagyban elősegíthetné, ha a határátlépő vonatok egy része bekerülne a magyar belföldi közszolgáltatásba. Ennek egyik extrém indoka, hogy a tiborszállási és a kötegyáni vonatok esetében a motorkocsi, a személyzet magyar, a romániai pályahasználati díjat is mi fizetjük, a menetdíj nagy részét ennek ellenére a román vasút kapja a tradicionális díjmegállapítás miatt. Ez megmagyarázhatatlan.



13. ábra: A határátmenetek helyreállítására vonatkozó regionális kezdeményezések

Magyarország közlekedési szakembereinek komoly szakmai feladata a vasúti személyszállítás jövőjének meghatározása. Ebben a feladatban az érzelem és a racionalizálás harcára kell felkészülni. A vasúthoz az emberek többsége érzelmileg kötődik, mert jelenlegi állapotában a vasúti közlekedés ma Magyarországon nem versenyképes. A menetdíjak relatív drágák. Két embernek már olcsóbb személykocsival utaznia. Az eljutási idő hosszú a rossz pályák, a korszerűtlen járművek, az elavult üzem- és munkaszervezés és forgalomirányítás miatt. Az utazás kényelmetlen az öreg, lepusztult, elavult járművek következtében. Az elmaradt fejlesztések miatt a menetjegyhez vagy információhoz jutás lassú, nehézkes, bonyolult. Az autóbuszos utazás vonzóbbnak tűnik, mivel azonos a díjszint és a kedvezményrendszer, és korszerűbb a járműpark. Szükség van a vasút korszerűsítésére a pálya-és biztosítóberendezés korszerűsítésére, a villamosításra, a vontatójárművek korszerűsítésére, új személykocsik beszerzésére. Fejleszteni kell a kombinált árufuvarozást, és a finanszírozásba be kell vonni az Európai Unió forrásain felül a közúti közlekedés teljesítményarányos költségfizetéséből átcsoportosítható forrásokat is.

4.4 A trianoni határok vesztesei és nyertesei a mai magyar településszerkezetben és a vasúthálózatban.

Ilyen kérdést nem szabad feltenni, különösen egy nemzeti tragédiával kapcsolatban.

Mégis gondoljuk végig, biztos nyertes Győr, hiszen a konkurens Pozsony helyét átvehette, és a hegyeshalmi vonal is az ország legfontosabbá vált a korábbi marcheggi vonal helyett. Ezt megtoldotta a győri program iparfejlesztése.

Hasonlóképp Debrecen kiszabadult Nagyvárad árnyékából, Miskolc pedig átvehette Kassa helyét (még postaigazgatóságot is kapott).

Selmecbányától Sopron megkapta az erdész, Miskolc a bányászképzést, Szegedre került a kolozsvári professzorok többsége.

Budapest vízfej jellege tovább erősödött, mivel a potenciális ellensúlyok (Kassa, Pozsony, Kolozsvár, Újvidék, Brassó, Arad, Temesvár, Nagyvárad) más országba kerültek.

Sok értelmiségi és közigazgatási tisztviselő települt át az utódállamokból Magyarországra, vállalva a vagonlakók keserves életét. Tudásukkal erősödött az Óhaza.

Ugyanakkor az egész ország nagyon sokat vesztett. A történelmi Magyarország egy önellátásra alkalmas középhatalom volt fejlett infrastruktúrával, iparral, mezőgazdasággal, ásványi kincsekkel. A nyersanyagok többsége a határon túl maradt, a feldolgozóipar a megmaradt országrészen koncentrálódott. Az utódállamok magyarságának megőrzése egyre nehezebb feladat. Sajnos az uniós csatlakozás is kétarcú lehetőséget biztosított. A versenyképes szak- és nyelvtudású magyarok nem Magyarországra igyekeznek, hanem a fejlett nyugatot célozzák meg.

Jelszavakkal, múltba révedéssel, pártos széthúzással nem tudjuk a nemzetet megóvni

Konklúzió

Trianon a magyarság egyik történelmi katasztrófája. A kialakult helyzet rendezésére, élhetővé tételére 100 év nem volt elég, a lehetőségek pedig rohamosan fogynak.

A vonzásközpontját elvesztő magyar határmellék településeinek jelentős része az elmúlt évszázadban a halmozottan hátrányos kategóriába került. Ezt tetézte, hogy megszűntek a kötöttpályás kapcsolatok. A vasúti mellékvonalak és a kisforgalmú határátmenetek jövője a döntéshozók részére megoldhatatlan feladatnak bizonyult.

A vasút és a közút párhuzamos fejlesztése nem működik, a gazdasági szabályozók a könnyebben kordában tartható kötöttpályát kötik gúzsba.

Az uniós csatlakozásunk óta a közúton több határátkelőt nyitottunk meg, a vasútnál inkább hátra léptünk.

Nem szabad a fejlesztésekkel várnunk a román és horvát schengeni csatlakozásig és Szerbia EU-ba történő befogadásáig, mert az utolsó vonat előbb-utóbb elmegy, és a szomszédos országok magyarjai nem Budapestben és Magyarországban fogják a jövőt látni, hanem Bécsben és Berlinben.

Irodalomjegyzék

[1] A magyar vasút krónikája a XX. században MÁV Zrt. 2005.
[2] Magyar vasúttörténet 6. 7. MÁV Rt. Budapest, 1998, 1999.
[3] Az 1921. évi XXXIII. törvénycikk az 1920. évi június hó 4. napján a Trianonban kötött békeszerződés becikkelyezéséről
[4] Dr. Kerkápoly Iván: Vasúti földrajz és történet Budapest, 1943.
[5] Az 1947. évi XVIII. törvény a Párizsban 1947. évi február hó 10. napján kelt békeszerződés becikkelyezése tárgyában
[6] Imre Perger: The History of Railway Passenger Transportation in Hungary – From the Monarchy to the Twenty First Century Eastern, European Railways in Transition Nineteenth to Twenty-first Centuries (szerkesztette Ralf Roth és Henry Jacolin, Ashgate 2013. 87-99 pp.
[7] Imre Perger: Die Personenbeförderung mit der Bahn in Ungarn von der Monarchie bis zum XXI. Jahrhundert IRHA Konferencia előadás Pozsony, 2009. 09. 24.
[8] Miniszterelnöki Hivatala Kissebség- és nemzetpolitikáért felelős szakállamtitkárság nemzetpolitikai ügyek főosztálya: Varratmentes Európa II. Vasúti határátmenetek vizsgálata 2009. Készítette: Káldi István, Kovács Gábor Endre, Perger Imre, Piros András
[9] Balla László térképei
[10] Javaslat a Magyar Királyi államvasutak hálózatán a háború lezajlását követő legközelebbi években szükséges beruházásokról és a hálózat továbbfejlesztésekről Budapest, 1916.
[11] A MÁV Zrt, a GYSEV Zrt és a MÁV-START Zrt 2018. évi beszámolója
[12] A Vasúti infrastruktúra, közlekedési eszközök, üzemi és szállítási teljesítmények adatai (OSOP 1812) MÁV Zrt, GYSEV Zrt, MÁV-START Zrt 2017. és 2018. év
[13] https://www.mavcsoport.hu/mav-start/nemzetkozi-utazas (letöltve: 2020. 02. 10.)
[14] https://www2.gysev.hu/ (letöltve: 2020.02.12.)

A magyar vasutak működése a Nagy Háborúban a gorlicei áttöréstől a Bruszilov-offenzíváig

Dr. Horváth Csaba Sándor

Széchenyi István Egyetem Bölcsészettudományi és Humánerőforrás-fejlesztési Tanszék
telefon: +36208511885
e-mail: horvath.csaba@sze.hu

Kivonat: Ferenc Ferdinándnak és feleségének szarajevói meggyilkolása után egy hónappal, 1914. július 29-én 0 órától megindult a háborús mozgósítás Szerbia felé, ezzel kitört a Nagy Háború. Az 1914-es évben két, a Magyar Királyságot is érintő frontja nyílt meg. Az egyik déli irányban a Balkánon, a másik keleten. A többfrontos háború és a folyamatos növekvő csapat- és utánpótlás-szállítás az év végére elviselhetetlen forgalmat generált a vasúton. Ennek eredményeként lassult a forgalom lebonyolítása a tél kezdetére, ráadásul a harctereken is elmaradtak a sikerek. Már a háború első éve is komoly próba elé állította a magyar vasutakat, azonban 1915-ben Olaszország belépésével még egy front is megnyílt. Ez bár a Monarchián belül közvetlenül Ausztriát érintette, a magyar vasúthálózatra újabb nagy terhet rótt a keresztirányú mobilizáció miatt. Ekkor a német és osztrák–magyar hadtesteknek először Gorlicénél sikerült áttörniük az orosz frontot és Kelet-Galíciát visszafoglalniuk, majd ősszel megindult az összehangolt offenzíva Bulgária segítségével Szerbia ellen. A sikereket csak a vasút működése árnyékolta be. Az elhúzódó háború egyre nagyobb és nehezen megoldható feladat elé állította a magyar vasutakat, konkrétan a vasúti alkalmazottakat és a vasúthálózatot is. 1916 nyarán az antant összehangolt offenzívája Bruszilov vezetésével áttörte a keleti frontot. Ezzel a Monarchia sikeridőszaka lezárult. A magyar vasutak ezalatt mindvégig kiszolgálták a hadi és polgári szállítási igényeket.

Kulcsszavak: Nagy Háború, mobilizáció, gorlicei áttörés, Bruszilov-offenzíva, vasút

Bevezetés

1914. július 28-án az Osztrák–Magyar Monarchia proklamálta a háborút Szerbia ellen, ami egy láncreakciót indított el először Európában, majd a világon. A két hatalmi tömb, az antant és a központi hatalmak között kitört a háború, ami akkor még a Nagy Háború nevet viselte. Az esemény legfontosabb stratégiai–logisztikai szállítási eszközévé a vasút vált. Ezen keresztül bonyolódott a mobilizáció, az utánpótlás szállítása, a sebesültek hadszíntérről való elszállítása stb. Magyarország a Monarchia részeként főként a galíciai és a balkáni front felé szállította a hadtesteket, az utánpótlást és az ellátmányt. Az 1914-es esztendő azonban mindkét fronton vereséggel zárult. A következő évben, 1915-ben fordult a kocka, a német haderők Galícia és Balkán felé való átcsoportosítása a központi hatalmak előrenyomulását eredményezte. Ennek első állomása a gorlicei áttörés volt. A lendület 1916 nyaráig kitartott, ekkor azonban Bruszilov vezetésével a keleti frontot áttörték az oroszok. Tanulmányom célja a magyar vasutak működésének a bemutatása ebben, a tengelyhatalmak által sikerperiódusnak tekintet háborús időszakban.

1. A Nagy Háború kitörése

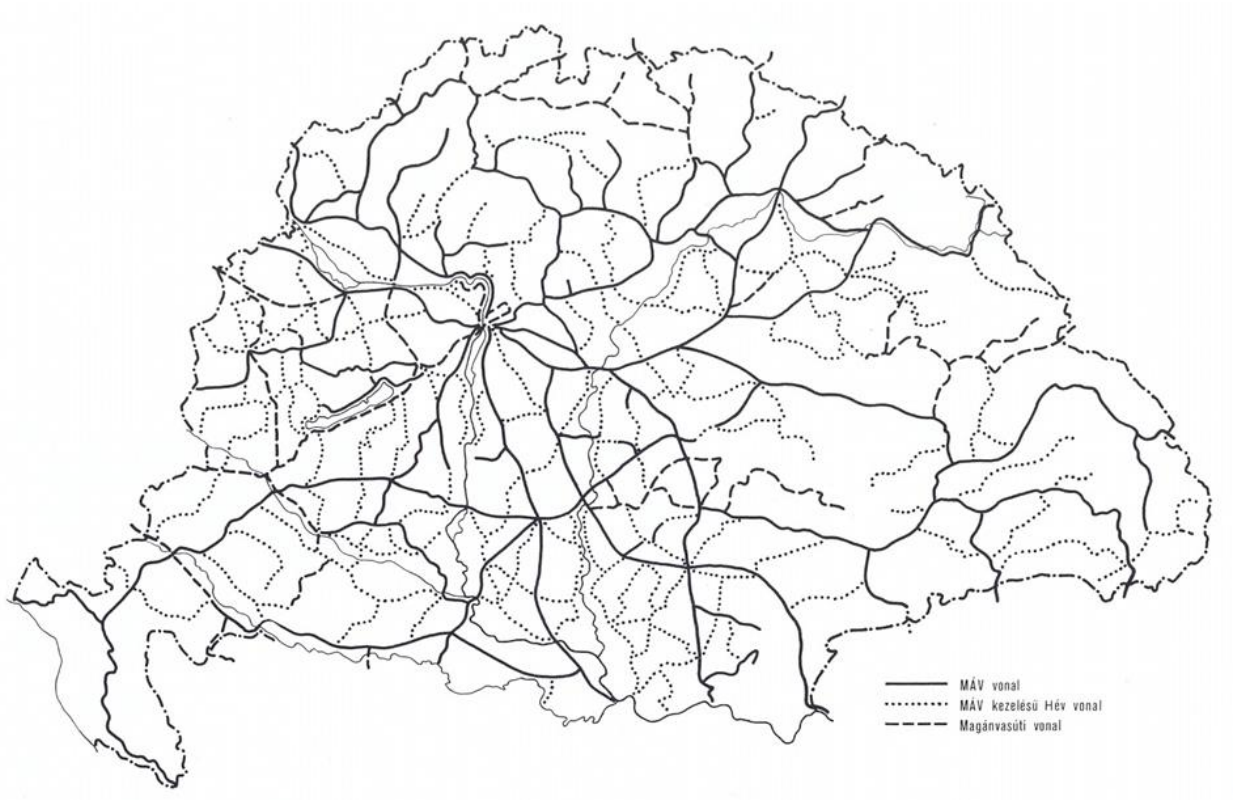
A Nagy Háború kitörésének végső gyújtópontját Ferenc Ferdinándnak és feleségének, Hohenberg Zsófiának, az 1914. június 28-án bekövetkező gyilkossága jelentette. [1] Az Osztrák–Magyar Monarchia trónörökösének boszniai látogatásakor 1914. június 28-án, a szerb nemzeti gyászünnepen (1389-ben ezen a napon bukott el a szerb sereg a törökök ellen) váratlan esemény történt. Több sikertelen kísérlet után Gavrilo Princip lelőtte Ferenc Ferdinándot és feleségét is. A szarajevói parádé így véres tragédiába torkollt, amely az utolsó cseppet jelentette a pohárban. [2] Ezzel az eseménnyel – bár nem önmagában – a két szövetségi tábor között kirobbant végül egy olyan konfrontáció, amellyel elindult egy láncreakció Európában és a világon is. [3]

A merényletet követően a Monarchia ultimátumot küldött Szerbiának, és megszakította a diplomáciai viszonyt velük. [2] Mivel a szerbek feltétel nélkül nem teljesítették azt, a Monarchia 1914. július 28-án hadat üzent Szerbiának, és megindította a mozgósítást. [1] Ezt megelőzően már július 25-étől, [4] illetve 31-ére és augusztus 1-jére virradóra a Monarchiával gyakorlatilag egyidejűleg a kontinens három hatalma, Németország, Oroszország, majd Franciaország is elrendelte a mozgósítást. Majd egyre többen

proklamálták a háborút a másik hatalmi csoport egyes államai ellen. Először a németek az oroszoknak, majd augusztus 2-án megszállták Luxemburgot, 3-án hadat üzentek Franciaországnak, 4-én pedig átlépték a belga határt. Ezt követően Nagy-Britannia és Belgium közölte a hadiállapot beálltát Berlinnel. Augusztusban a Monarchia Oroszországnak, Szerbia Németországnak, a németek Montenegrónak, a franciák, a britek, a szerbek és Montenegró a Monarchiának, Japán Németországnak, végül a Monarchia Belgiumnak üzent hadat. [2] Ez egyúttal azt is jelentette, hogy a háború hamar túllépte az európai kontinens határait, és kezdett kiszélesedni világháborúvá. Mindkét szövetséges hatalmi rendszer törekedett innentől jobbnál-jobb ígéretekkel további államokat maga mellé állítani. Ennek eredményeként először, 1914 októberében az Oszmán Birodalom csatlakozott a tengelyhatalmakhoz. Majd szembefordulva korábbi szövetségeseivel 1915 májusában Olaszország lépett be a háborúba az antant oldalán. Olaszország hadba lépését Bulgária központi hatalmakhoz való csatlakozása ellensúlyozta 1915 októberében. Románia 1916 augusztusában állt az antanthatalmak oldalára. Végül 1917. április 6-án USA is belépett a háborúba az antanthoz csatlakozva, amely döntő fontossággal bírt a háború végkimenetelét illetően. [5] Az európai hatalmi versengésből így végül globális háború formálódott, amelyben a modern technika vívmányai egyre fontosabb szerepet játszottak, így a vasút is a mobilizációt tekintve.

2. A magyar vasúthálózat működése a gorlicei áttörésig

A magyar vasúthálózat 1914-re szinte a teljes kifejlettségét elérte. Az első világháború előtt a közforgalmú vasúthálózat hossza 22.869 km volt, ebből 21.258 km rendes, 1.611 km keskeny nyomtávolságú. Az ország vasútsűrűsége (7,1 km/100 km²) megközelítette a fejlett európai országok és megelőzte a dél- és délkelet-európai országok vasútsűrűségét. A hazai, európai viszonylatban is rendkívül sűrű vasúthálózat hadászati–stratégiai céloknak is megfelelően épült ki, amit későbbi használata is bizonyított. [6]



1. ábra: Magyarország vasúti térképe 1914-ben. Forrás: Czére 1989. 104.

1914 július 28-án a Monarchia vasútjait háborús időszakban koordináló Központi Szállításvezetőség (Zentraltransportleitung) megkezdte működését, és előkészítette szállítóvonalakat a másnap meginduló forgalomra. 1914. július 29-én 0 órakor elindultak a vonatok Szerbia felé a hadtestekkel, és hadimenetrend lépett érvénybe a Budapesttől délre eső és a Marchegg–Budapest vonalakon. A Balkán felé meginduló mozgósítás az első napokban csekély mennyiségű volt, még a polgári forgalom mértékét sem érte el. E

forgalom a Budapest-balparti és központi, a szombathelyi, a zágrábi, szegedi, temesvári és szabadkai üzletvezetőségek vonalain bonyolódott. A vonalak közül a pécsi, a szegedi, a zimonyi és a zágrábi jelentette a fő felvonulási útvonalat napi 30–30 vonattal, amelyeken polgári forgalmat korlátoztak, az áruszállítást időlegesen beszüntették. A balkáni fronton innentől kezdve komoly csatározások folytak.

2. ábra: Balkáni frontot érintő vasúthálózat. Forrás: saját készítés

A déli mellett egy újabb front is kezdett időközben megnyílni. 1914. július 31-én a teljes orosz haderőre kiterjedő általános mozgósítás is megtörtént, amivel Galícia felé is terelődött már a figyelem. A Monarchia uralkodója, Ferenc József ugyanezen a napon 12 óra 35 perckor elrendelte a részleges mellett az általános mozgósítást augusztus 4-től szeptember 4-ig. A harcok is elindultak az érintett térségben.

A balkáni fronton a szerbek augusztus 23-ra az osztrák–magyar csapatokat a kiindulópontjukra, a folyók mögé verték vissza. A Monarchia első katonai expedíciója tehát kudarcba fulladt. A Potiorek-offenzívák ezzel véget értek, az azt koordináló táborszernagyot felmentették, majd nyugdíjazták. E kiszorításnak leginkább morális következményei voltak, hiszen jelentősen rontotta az Oroszország ellen vonulók lelki arculatát. Monarchia csapatai ezt követően a keleti hadszíntéren is hátrálásra kényszerültek. A vasutak alig szállították ki a frontokra a katonákat, szeptember 14-én az orosz előrenyomulás miatt megkezdődött Galícia kiürítése. E front vonalai a balkánival egyetemben olyannyira leterheltté váltak, hogy személyzethiány jelentkezett, amit a hadvezetőség a vasúti alkalmazottak hadkötelezettség alól való mentesítésével próbált orvosolni. Ráadásul erre az időszakra már a szerbek által ágyúzott magyar területek lakossága is ingóságaival együtt visszahúzódásra kényszerült.

1914. október 29-én az Oszmán Birodalom elkezdte bombázni az orosz kikötőket, így a központi hatalmak oldalán belépett a háborúba ellenfelét többfrontos harcra kényszerítve. Ennek tudatában novemberre és decemberre sem csökkent az orosz frontra szállító magyar vonalak terhelése. Egyrészt a közös hadsereg utánpótlás-szállítása napi 50 szerelvényt jelentett Ausztriából Marcheggen és Bruck an der Leithán keresztül. Ez a visszafelé közlekedő szerelvényekkel – beleértve az egyre növekvő fogolyszállítmányok számát – napi 85 vonat volt már. Másrészt a népfelkelő legénységet is szállítani kellett.

Erre az időre a – főként a frontok felé irányuló – nagy, néha már elviselhetetlen méretű forgalom miatt ismételten korlátozni kellett a polgári szállítmányokat, amelyek nem élvezhettek prioritást a hadi – leginkább a hátvidékről a felvonulási területre csapatokat és felszereléseket szállító – szerelvényekkel szemben. Ilyen nehézségekkel, az egyre növekvő forgalommal és kapacitáshiánnyal kellett megküzdenie a magyar vasútnak a Nagy Háború első évében. [7]

3. ábra: Keleti frontot érintő magyar vasúthálózat. Forrás: saját készítés

3. A magyar vasutak működése a gorlicei áttöréstől a Bruszilov-offenzíváig

A háború kitörésének első éve, 1914 szinte az egész magyar vasúthálózatot óriási próba elé állította. A többfrontos háború és a folyamatos növekvő csapat- és utánpótlás-szállítás azonban az év végére már elviselhetetlen forgalmat generált a vasúton, melynek akkor még nem igazán volt komoly alternatívája. Ennek eredményéként a tél kezdetére lassult a forgalom lebonyolítása, ráadásul a harctereken is elmaradtak a sikerek.

A Monarchia szénája nem állt túl jól a második háborús év első napjaiban, hiszen a keleti fronton az oroszok a Kárpátok gerincéig jutottak, több fontos hágót is elfoglaltak, míg a balkáni hadszíntéren a szerbek elleni támadás is kudarcba fulladt. A német vezetés is érzékelte a problémát, amely megoldására az újonnan felállított nyolc német hadosztály keletre való küldése és az osztrák–magyar haderők ottani megsegítése jelenthetett megoldást, amellyel a Monarchia egyes, korábban átvezényelt alakulatainak visszacsoportosítása után a Balkánon sor kerülhet a nagy, döntő támadásra Szerbia ellen. Ezen felül újabb viharfelhők jelentek meg a központi hatalmak egén, hiszen félő volt, hogy mind Olaszország, mind Románia belép a háborúba az antant oldalán. [2] Miután elkezdődtek az átcsoportosítások északkeleti irányba, az érintett vonalakon ismételten hadimenetrend lépett életbe. [8] Márciustól a Ruttka–Fülek–Miskolc(–Kassa) és a Marchegg(–Újzsolna)–Hatvan–Miskolc vonalon 188 német katonai szerelvény robogott Homonna és Bártfa vidékére. Miskolc állomáson ez sokszor komoly forgalmi fennakadást eredményezett. [9]

A megnövekedett hadiforgalomból volt, aki hasznot akart húzni. Több panasz is érkezett a miskolci vasútvonal-parancsnoksághoz arról, hogy a hadba vonuló katonákkal a pályaudvarokon működő restiben a vendéglős nemhogy a szerződésben meghatározott kedvezményes áron, hanem még a normál árakon felül

fizettetett az általuk vásárolt termékekért. A további visszaélések megakadályozása érdekében a vonalparancsnok szigorú ellenőrzéseket rendelt el. [10] Hasonló probléma volt a katonák alkoholfogyasztása is, amely érdekében a rendszert is képesek voltak kijátszani, hiszen civil emberekkel vetették meg az italokat a pályaudvarokon. A hadügyminisztérium ezzel szemben is szigorúan lépett fel innentől. [11]

Nemcsak a katonák voltak kevesen, hanem több nagy pályaudvaron a parancsnokok is hiányoztak. Ebből kifolyólag a hadügyminiszter elrendelte a nyugdíjas tisztek alkalmazását „*Dirigierungs offizier*”-ként, akik az egyedül utazó katonai csapatokat és egyéneket a felvonulást illetően útbaigazítják. [12] Ilyen hivatalnokok kerültek minden háborús területre vezető fővonalak mellé a szállítás és csapatmozgatás koordinálása céljából. [13]

Az időközben összevont és jól koordinált német és osztrák–magyar csapatok 1915. május 2-án Gorlicénél áttörték az orosz frontot. Május közepére 150 kilométerrel sikerült már visszaszorítani a cári haderőt. A négyhónapos hadjárat a központi hatalmak legnagyobb sikerének bizonyult később, amellyel augusztusra az oroszokat a Riga–Dvinszk–Pinszk–Luck–Czernowitz vonalig sikerült visszaverni és behatolni a területükre, így a Monarchia csapatai csaknem egész Kelet-Galíciát visszafoglalták. Ez idő alatt 1915. május 23-án Olaszország felmondta a hármas szövetséget és belépett a háborúba az antanthatalmak oldalán. Ezzel egy újabb front is megnyílt, amely még nehezebb feladatot rótt a Monarchia és Magyarország vasúthálózatára is, hiszen napi 25–30 plusz szerelvényt jelentett innentől az olasz felvonulás. [14] 1915. szeptember 7-én Bulgária a központi hatalmakkal írt alá szerződést, szeptember 22-én pedig már mozgósított is, így Olaszországot némileg kiegyensúlyozta a háborúba való belépésével. [2]

A galíciai határok keletebbre tolásával egy időben az érintett terület vasúti alkalmazottai és családtagjai visszatérhettek lakhelyükre szabadjeggyel és arcképes igazolvánnyal, vagy visszatérési engedéllyel. [15] Mellettük az elfoglalt orosz–lengyel vasutakhoz a hadvezetőség bizonyos számú személyzet átküldését irányozta elő. [16] Végül összesen 2.684 ember tért át az újonnan szervezett hadivasutakhoz, amellyel érezhetően csökkent a MÁV személyzeti létszáma. Ezekkel az intézkedésekkel a Monarchián belüli – elfoglalt területeket is érintő – vasúti forgalom zavartalan és zökkenőmentes fenntartása volt a cél. [9]

A harctérről hazatérő betegnél a kolera után újabb kórok ütötték fel fejüket: a himlő, a kiütéses és hasi tífusz, a visszatérő láz, a bujakór, a vérhas és a malária. [17] Míg a hadszíntéren és az orosz hadifoglyoknál [18] gyakori volt a fej- és ruhatetű. [19] E miatt újabb korlátozást kellett bevezetni a vasúton, így csak a szükséges – és védőoltást kapott, beöltözött – személyzet lehetett jelen az ilyen fertőzött szerelvények közlekedtetésénél. Egyúttal azt is elrendelték, hogy a beteg katonákat és lovakat szállító szerelvényeket, továbbá az állomásokat fertőtleníteni kell. [20] Ez azt is jelentette, hogy a háború hatásai egyre inkább elérték a hátországot is. A hadba nem vonuló és nem harcoló személyek a híreken, a foglyokat, sebesülteket és elhunytakat szállító vonatokon keresztül kerültek kapcsolatba az egyre szörnyűbb eseménnyel, és a vonalak mentén hősi halált halt katonák sírjai is egyre nagyobb számban voltak láthatók a frontokhoz közeledve. Emellett a belső és külső hadműveleti területekre, így a déli, északi és olasz hadtápkörletekbe és azon belül [21] csak a belügyminiszteri rendeletben előírt igazolásokkal lehetett utazni, csak politikailag és erkölcsileg teljesen kifogástalan egyének kaphattak ilyet. A polgári forgalmat tehát ezekben a térségekben, a balkáni és a keleti fronton, korlátozták. A katonavonatokon innentől nem utazhatták már nők. 1915 szeptemberétől Romániába és Svájcba megtiltották a polgári utasok utazását, míg Németországba csak Salzburg, Tetschen és Mittelwalde állomásokon keresztül volt erre lehetőség bizonytalan ideig. [22] A felvonulásokat és az átcsoportosításokat segítve a MÁV gyakran vezetett be az érintett vonalakon hadimenetrendet, illetve katonai gyűjtővonat párokat a rövidtávú, gyors mobilizáció érdekében. Ehelyütt a pályaudvarokra csak hatósági engedéllyel lehetett belépni és senki nem kísérhette be az utasokat az objektum területére. Ennek célja a katonai szállítási ügyek legnagyobb titokban való tartása volt. Egyúttal a prostituáltakat is kitiltották a pályaudvarokról, ezzel megelőzve a katonaságot és a vasúti személyzetet a fertőzésektől. A sok visszaélés miatt fényképezni pedig csak előzetesen, a pályaudvar-parancsnoktól kapott engedéllyel lehetett innentől. [23]

A tranzitszállítmányokat illetően érdekes volt a szeptember 1-jétől megkezdődő török csapatok orosz frontra való szállítása. [14] A Kevevára–Temesvár–Arad–Békéscsaba–Nagyvárad–Debrecen–Királyháza–Kőrösmező vonalon innentől napi 20 vonat vitte (összesen 200 szerelvény) az oszmán katonákat a hadszíntérre. [9]

Az ősz kezdetére készen álltak a központi hatalmak csapatai most már Bulgáriával kiegészülve Szerbia megtámadására. A sikeres offenzíva október 7-én indult, amellyel folyamatosan szorították vissza az

ellenséges haderőt. A nagy túlerőnek köszönhetően két hónap alatt sikerült megszállni egész Szerbiát. [2] Amikor eldőlt, hogy a balkáni fronton totális támadás lesz, onnantól karácsonyig 1.400 szerelvény [14] vitte a katonákat délre, főként Újzsolna, Marchegg, Bruck an der Leitha-Királyhida vagy Fehring állomásokon belépve Budapest–Szeged–Nagybecskerek–Kevevára, Cegléd–Szolnok–Békéscsaba–Szegedrókus–Szabadka–Zimony, Arad–Temesvár–Báziás–Orsova, Szabadka–Újvidék–Zimony és a Szombathely–Nagykanizsa vonalakon. [9] Az északkelet–déli irányú átcsoportosítások a német csapatszállítási igényekkel és a Romániából folyamatosan nyugat felé tartó élelmiszert, főként gabonát szállító szerelvényekkel egyre jobban terhelték a magyar vasúthálózatot. [24] 1915 augusztusától már Ausztriába is folyamatosan közlekedtek a „*Ceres*" jelű szerelvények a gabonaínség miatt. A háborús ipar fellendülése következtében a nyersanyagok szállítása is a magyar vonalakon bonyolódott. A boszniai érc-, a fiumei és erdélyi bauxitszállítmányok a német és a cseh gyárakba, vagy a román–német nyersolajforgalom is Magyarországon mentek keresztül. A hátországi szállítások nagy része hadianyaggyártással volt összefüggésben. Előfordult az is, hogy egy löveg alkatrészeit több városban gyártották, és mire elkészült, illetve a rendeltetési helyére szállították több mint 1.000 kilométert utazott. [25] Emellett még a polgári forgalmi igényeknek is meg kellett volna felelni. A budapest–marcheggi vonalon ez csúcsidőszakban napi 150 vonatot jelentett! A forgalmi nehézségek és a fennakadások redukálása céljából a MÁV bevezette a katonai gyűjtő, valamint a zárt távolsági vonatokat, illetve a hadi szállítmányok kísérővel történő biztosítását. [26] Előbbivel az egyes állomásokon összegyűjtött egyirányú katonai szállítmányokat továbbították, [9] míg az utóbbi alatt az irányát tekintve kijelölt, leginkább hadi ellátmányt szállító, csak a végállomáson megbontható szerelvényt értették. [27]

A jelentős területfoglalás eredményeként a hadsereg főparancsnoksága a belső hadműveletei területet a déli hadszíntéren Šamactól kelet felé a Száva–Duna vonalra helyezte át. [28] Ennek következtében egész Dalmácia, Bosznia-Hercegovinából a tuzlai, szarajevói és mostari kerületek, és majd egész Szerbia beletartozott már. Szigorú előírásoknak kellett megfelelnie annak, aki polgári személyként Szerbiába kívánt innentől utazni, és csak Belgrádnál, illetve Semendria–Kevevárá nál léphette át a határt. [29]

A tartós háborús helyzetre való berendezkedés újabb védelmi intézkedéseket kívánt meg. A belügyminiszter így elrendelte a határ-rendőrkapitányság felállítását a vasútvonal-parancsnokságokon. Ennek egyik legfőbb feladata a kémkedés elhárítása, a kémek felkutatása volt. [30]

1915 karácsonyának közeledtével nyilvánvalóvá vált, hogy a téli, hideg időszakra sem fog befejeződni a háború. Ez egyúttal azt is jelentette, hogy a harctéren lévőket el kell látni meleg ruhákkal. Több vasútvonal-parancsnokság ennek érdekében gyűjtést szervezett a lakosság körében. Az adományokat karácsonyig különvonatok szállították a hadszínterekre. [31]

Megállapítható tehát, hogy az elhúzódó háború egyre nagyobb és nehezen megoldható feladat elé állította a magyar vasutat, konkrétan a vasúti alkalmazottakat és a vasúthálózatot. A folyamatosan növekvő, keresztirányú forgalom óriási fegyelmezettséget és precizitást követelt meg mindenkitől, azonban így is voltak fennakadások, késések, ugyanis a rendszer teljesítőképességének határát is átlépte már. Ráadásul az elfoglalt területek vasútvonalait is a Monarchia Központi Szállításvezetősége irányította a magyar vasutakra még nehezebb feladatot róva, amely csak fokozta a nehézségeket.

Az új év eleje még a központi hatalmak sikereivel indult. Szerbia megszállása után a Monarchia 1916 januárjában elfoglalta Montenegrót és Albánia túlnyomó részét is Durazzóval. A bolgár hadseregnek pedig sikerült a szerbek megsegítésére igyekvő angol–francia katonaságot visszaszorítania a görög határhoz. A Balkán így tulajdonképpen a központi hatalmak kezére került. Míg az orosz fronton egyelőre sikerült a keletre kitolt határvonalat konzerválni. [2]

Orosz-Lengyelországnak a németek által elfoglalt területére a polgári utasforgalmat innentől szigorú engedélyhez kötötték. Ezt csak a varsói Császári Német Főkormányzóság adhatta ki igen indokolt esetben és csak meghatározott időre. [32]

A szerb frontra ekkor leginkább utánpótlás-szállítmányok érkeztek, főként Németországból naponta kétszer, háromszor „*Etappenzug*" elnevezéssel, majd a Balkánról nyersanyaggal rakott szállítmányok tértek vissza a németekhez. [33] Ugyanígy a Balkánon keresztül mentek szerelvények Bulgáriába [34] „*Bulland Transport*" és az Oszmán Birodalomba „*Enverland Transport*" megnevezéssel, hadianyaggal, mezőgazdasági felszerelésekkel, szénnel, ipari termékekkel és kereskedelmi cikkekkel. Innen vissza pedig szintén nyersanyagokat transzportáltak a német birodalomba. Ezzel egy időben kezdődött el a sikeres foglalás után a szerb frontról a német katonák nyugati hadszíntérre való szállítása napi 15–20 vonattal. [9]

A balkáni területfoglalásoknak egyik propagandisztikus elemeként 1916. január 15-től [35] elindult Magyarországon keresztül az ismert méregdrága [36] luxusvonat, a „*Balkanzug*”. Berlintől Breslau, vagy Prága és Bécs, illetve Strasbourgtól Stuttgart és München érintésével Budapesten, Belgrádon Nišen és Szófián át Konstantinápolyig közlekedett közvetlenül heti kétszer (csütörtökön és vasárnap) és vissza az Orient Express analógiájára. [37] Egyúttal jelezve, hogy Németország kiterjesztette hatalmát a Balkánra és a Közel-Keletre is, közvetlen kapcsolatot teremtett az Oszmán Birodalommal [38] összekötve a központi hatalmakat egymással. [39] A vonattal katonai és polgári személyek is utazhattak megfelelő fényképes okmány birtokában. [40]

4. *ábra: A Balkanzug útvonalai. Forrás: https://www.alamy.com/map-balkan-train-railways-berlin-strasbourg-constantinople-graphic-railart-image214440967.html (letöltési idő: 2019. január 4. 9:07)*

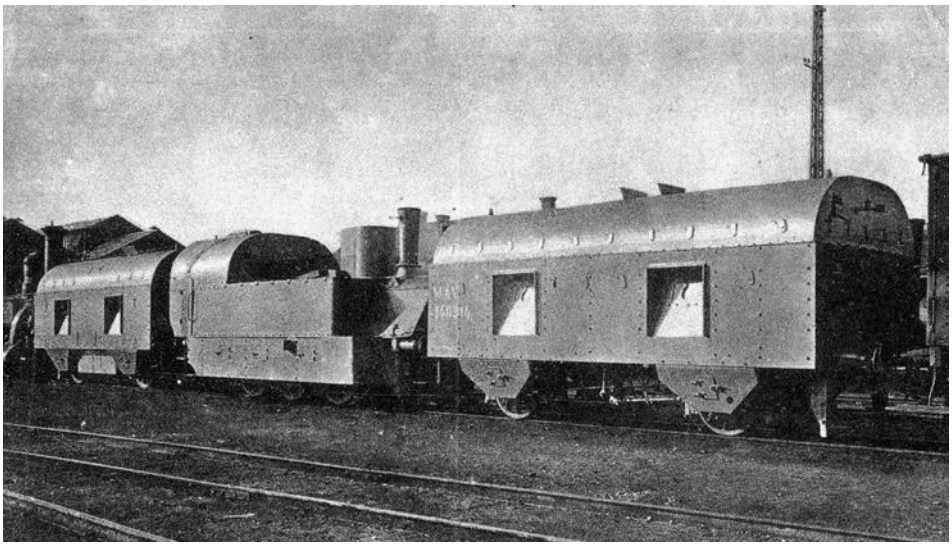
Az egyre több hadifogoly őrzése és szállítása is csak nehezebbé vált. Ebből kifolyólag fordultak elő szökések, amelyekhez a vasutat használták. Elbújtak a szerelvények zegzugos részeiben. Orosz hadifoglyokat találtak például St. Valentin állomáson egy fékbódéban. [41] A foglyok nagy részét mezőgazdasági és közmunkára ítélték, és vonattal, szigorú kíséret mellett vitték őket fogolytáborból a munkavégzés helyére. [42] A szállítás költségeit vagy a katonai igazgatás, vagy a munkaadó fizette. 3-ad osztályú polgári menetdíjak kellett utánuk fizetni. [43]

1916. május 1-jével (igazából április 30-án 23 órától) bevezették Magyarországon is a nyári időszámítást. Ez gyakorlatban azt jelentette, hogy ettől a naptól kezdve szeptember 30-ig az eddig használt közép-európai időszámításhoz képest egy órával előbbre hajtották az órát. Mivel az óraátállítás pontban 0 órakor kezdődött, így az ez időszakban közlekedő vonatok egy órás késéssel érkeztek végállomásaikra. [44] Az országos megtakarítást hozó változás innentől megkövetelte a téli és nyári menetrendek kiadását is, illetve az új vonatvilágítási naptár bevezetését. [45]

Ez az év sem múlt el egy sokakat veszélyeztető kór nélkül. Vérbaj terjedt a katonaság és a vasúti alkalmazottak körében. Leginkább a legénységi állományba tartozó hadkötelesek voltak kitéve a veszélynek, akik a hadtestükhöz való utazás közben a csatlakozóállomásokon kaphatták el a fertőző betegséget. Ezt főként a pályaudvarokon előforduló prostituáltak terjesztették, akiket a csendőrség vagy a rendőrség igénybevételével kellett eltávolíttatni onnan és környékéről. [46]

A – kibővült – vasúthálózat zavartalan működése megkövetelte a legalább elégséges számú alkalmazottak foglalkoztatását. Mivel a személyzet száma a besorozások és áthelyezések miatt csökkent, ezért egyrészt hadsereg főparancsnokság felmentette a katonai szolgálat alól a vasúti üzem lebonyolításához szükséges, nélkülözhetetlen munkaerőt. [47] Másrészt 1916 júniusától a hadügyminisztérium megengedte azoknak a korábbi vasúti dolgozóknak, akiket 1911–12-ben soroztak be és teljesítették sorhadi kötelezettségüket, hogy visszatérjenek eredeti munkakörükbe, ezzel tompítva a szakemberhiányt. [48]

1916 nyarán indult el nagyjából egy időben az antant összehangolt offenzívája a központi hatalmak ellen. A keleti fronton az oroszok Bruszilov vezetésével elkezdték határaikat nyugat felé kitolni. A sikeres támadásuknak köszönhetően a 400 kilométeres arcvonalon 60–120 kilométeres áttöréseket értek el, amely a világháború eddigi legnagyobb orosz sikerének volt elkönyvelhető. Szeptember 20-ig folytatódtak a harcok, ekkor sikerült a központi hatalmaknak állásaikat megszilárdítaniuk. A csata mindkét oldalon óriási emberveszteséget követelt. [2] Ebben az időben kezdték el először alkalmazni az oroszok és az osztrák–magyarok is a dízelmotoros önjáró lövegkocsikat. Korábban is voltak már páncélvonatok, ezek viszont innentől önálló tudtak járni és komoly tüzérségi, páncélelhárító vagy légvédelmi kapacitással bírtak, ugyanakkor észrevétlenebbek voltak a gőzmozdonyoknál. [49]



5. ábra: A II. számú osztrák–magyar páncélvonat 1916-ból. Forrás: http://www.fortepan.hu/?view=all&lang=druswricggyzt&img=2917 (letöltési idő: 2019. január 4. 9:19)

Az orosz területfoglalások miatt június elejétől az olasz frontról, majd Bukovina déli részéből és Nyugat-Galíciából is hirtelen nagyobb csapattesteket kellett a csatatér felé szállítani. Az olaszoktól a Pragerhof–Újdombóvár–Szabadka–Hatvan–Csap–Siankin, illetve Mezőlaborcon át, részben a Marchegg–Hatvan és a Marchegg–Szolnok–Csap–Lawoncze, illetve Sianki vonalakon át napi 20–30 vonattal. Bukovinából a Kőrösmezőn–Sátoraljaújhely–Mezőlaborc vonalon át napi 8 szerelvénnyel. Nyugat-Galíciából a Ruttka–Fülek–Miskolc–Hatvan–Szolnok–Debrecen–Kőrösmezőn, illetve Borson át, továbbá Orló–Kassa–Sátoraljaújhely–Csap–Siankin, illetve Kőrösmezőn át összesen 250 vonattal. [9] Ez keresztirányban óriási terhet rótt a különben is a teljesítőképességének felső határát súroló magyar vasúthálózatra.

1916 késő tavaszától egyre kedvezőtlenebb szelek fújtak Romániából. A román kormány ekkora már az antant biztos győzelmével számolt. Létre is jött a szerződés a két fél között, amelyben elismerték az új hadba lépő fél jogát Erdélyre, valamint Bukovina és a Bánság nagy részére. A román kormány ennek függvényében augusztus 27-én hadat üzent a Monarchiának, és első egységei még aznap éjjel átlépték a határt, majd megkezdték a Kárpátokon átvezető 12 hágó és szoros megszállását. [50] Ezzel a keleti front

kiszélesedett, amely újabb feladatokat rótt a magyar vasutakra. A Monarchia és a központi hatalmak egén is elkezdtek gyülekezni a viharfelhők, az addig pozitív mérleg lassan fordulni kezdett.

Konklúzió

Mindent összegezve elmondható, hogy a magyar vasutak a Nagy Háború kitörésének első napjától egyre fokozódó forgalmat bonyolítottak. Szinte a háborús eredményektől függetlenül mind a balkáni, mind a keleti frontra egyre több embert, utánpótlást szállítottak. A Monarchia 1914-ben és 1915 elején mindkét fronton kudarcokat könyvelhetett csak el. Ezt a német vezetés érzékelte, és kiegészítő hadosztályokat küldött a területekre. Az egyesített haderő Galíciában az oroszokat, a balkáni fronton pedig a szerbeket is sikeresen visszaverte, és foglalt el új területeket. A vasúti szállítást csak fokozta a folyamatos mozgósítás, az átcsoportosítások, és Olaszország hadba lepésével a keresztirányú forgalom növekedése. Emellett különböző kórokkal és a szakemberhiánnyal is meg kellett küzdenie a vasutaknak. Az egyre elviselhetetlenebb forgalom mellett még a különböző, nyersanyagokatt is szállító, illetve propaganda vonatot, a Balkanzugot is továbbítani kellett a magyar vonalakon. A központi hatalmak kedvező helyzete a Bruszilov-offenzíváig tartott. Ezzel az oroszok áttörték az ellenséges frontot, és kb. 100 km-t hatoltak be. Románia háborúba való belépése a keleti frontot tovább szélesítette, újabb vonalakat leterhelve. Így a magyar vasúthálózat saját határai felett teljesített már, nem beszélve arról, hogy a lehetőségekhez képest a polgári forgalmat is igyekeztek fenntartani.

Irodalomjegyzék

[1] Hajdu T. – Pollmann F.: A régi Magyarország utolsó háborúja. 1914–1918, Osiris Kiadó, Budapest, 2014.
[2] Galántai J.: Az első világháború, Gondolat Kiadó, Budapest, 1980.
[3] Majoros I.: Nemzetközi kapcsolatok 1789–1914, In: Vadász S. (szerk.): 19. századi egyetemes történelem 1789–1914, Korona Kiadó. Budapest, 2005. 9-82
[4] A délután izgalmai Belgrádban. *Est*, 1914. július 26. 179., 3
[5] Romsics I.: Magyarország története a XX. században, Osiris Kiadó, Budapest, 2005.
[6] Czére B.: A vasút története, Corvina Kiadó, Budapest, 1989.; Horváth Cs. S.: Sopron környékén zakatoló vicinálisok a kezdetektől 1920-ig, Palatia Nyomda és Kiadó Kft., Győr, 2018.
[7] Horváth Cs. S.: A vasút szerepe a balkáni és a keleti frontra való szállításban a Nagy Háború első évében, Közép-Európai Közlemények, 2019/1. 139–153;
[8] HM HIM Hadtörténelmi Levéltár és Irattár. B. I. 76. Szállítmányok 1914–1916. 4681. doboz. (A továbbiakban: HL 4681.) Polgári menetrend beszüntetése és a hadi menetrend életbe léptetése a hatvan–ruttkai és a miskolcz sz.p.u. –füleki vonalon. 1915. január 10.
[9] Mohácsy B.: A magyar királyi államvasutak a világháború alatt, Hornyánszky Viktor Részvénytársaság, Budapest, 1925.
[10] HM HIM Hadtörténelmi Levéltár és Irattár. B. I. 55 a. Vasúti ügyek 1914–16. HL 4677. doboz (A továbbiakban: HL 4677.) Állomási főnök urnak. 1915. július 26.
[11] HM HIM Hadtörténelmi Levéltár és Irattár. B. I. 55 a. Vasúti ügyek 1914–16. 4669. doboz (A továbbiakban: HL 4669.) Valamennyi külszolgálati főnökségnek. 1915. április 7.
[12] HL 4677. Valamennyi állomásnak és a nagybecskereki forgalmi főnökségnek. 1915. január 6.
[13] HM HIM Hadtörténelmi Levéltár és Irattár. Hadbizottsági iratok 1915. 4780. doboz. (A továbbiakban: HL 4780.) K. u. k. Militärkommando iin Budapest. 1915. október 17.
[14] Kormányjelentés. Statisztikai évkönyv 1915–1918. Budapest;
[15] HL 4669. Rendelet. A vasúti alkalmazottak családtagjainak hazatérése. 1915. augusztus 25.
[16] HL 4669. Rendelet. Valamennyi állomásnak, osztálymérnökségnek és az osijeki forgalmi főnökségnek. 1915. szeptember 7.
[17] HL 4669. 63. számú körrendelet. 1915. május 18.
[18] Hadikórházi tapasztalatok. *Budapesti Orvosi Ujsag*, 1915. május 27. 21. 161–164
[19] A háború egyéb hírei. *Az Ujsag*, 1916. április 6. 95. 103
[20] HL 4677. Eljárás himlőbetegek szállításánál. 1915. január 20.; HL 4677. Állomások tisztántartása és fertőtlenítése. 1915. március 20.
[21] HL 4677. A déli, északi és olasz harcterek hadtápterületei felé való utazásoknál szükséges igazolványok. 1915. szeptember 14.

[22] HL 4677. A Polgári személyforgalom korlátozása az a-z igazolási kötelezettség szabályozása a hadműveleti területeken. 1915. szeptember 19.; HL 4681. Katonavonatokkal utazó nők. 1915. július 14.; HL 4669. Külföldre való utazások korlátozása. 1915. szeptember 8.
[23] HL 4669. Pályaudvarok elzárása és a katonai szállitási ügyek titokban tartása. 1915. január 14.; HL 4669. Prostituáltak távoltartása a pályaudvaroktól. 1915. december 28.
[24] Majdán J.: A közlekedés története Magyarországon (1700–2000), Pro Pannónia Kiadó, Pécs, 2014.
[25] Németh E.: A közlekedés szerepe az első világháborúban, Honvédségi Szemle, 1994/2 25-30
[26] HL 4681. Katonai áruk szállítása kísérővel. 1915. július 26.
[27] HL 4681. Irányított katonai szállítmányok továbbítása. 1915. november 16.
[28] HL 4669. Hadmüveleti területek uj osztályozása t. 1915. december 17.
[29] HL 4677. Hadmüveleti területek határainak megváltoztatása. 1915. december 24.
[30] HL 4677. Határrendőrkapitányság felállítása Temesváron. 1915. október 12.
[31] HL 4669. Katonáinknak karácsonyra szeretet adományok. 1915. november 11.
[32] HL 4669. Utazás Orosz–Lengyelországba. 1916. január 12.
[33] HM HIM Hadtörténelmi Levéltár és Irattár. B. I. 55 a. Vasúti ügyek 1914–16. 4670. doboz (A továbbiakban: HL 4670.) Rücklauf der Etappenzüge vom Balkan. 1916. január 16.
[34] HL 4670. Transporte für Bulgarien-Regelung der Zuführung. 1916. március 5.
[35] HM HIM Hadtörténelmi Levéltár és Irattár. B. I. 55. a. Vasúti ügyek 1917. 4678. doboz (A továbbiakban: HL 4678.) „Balkán vonat" elnevezéssel gyorsvonatpár forgalmba helyezése. 1916. január 10.
[36] Budapesttől Konstantinápolyig egy menettérti utazásért 786 koronát kellett fizetni! A „Balkanzug"-gal Budapesttől Konstantinápolyig. *Pécsi Napló,* 1916. február 19. 40. 3–4
[37] HL 4678. 902. B. számú balkánvonat. Menetrend.; Horváth Cs. S.: Az Osztrák–Magyar Monarchia és az Oszmán Birodalom közötti vasúti összeköttetés létrejötte, Aetas – Történettudományi Folyóirat, 2017/1 81–101
[38] HL 4669. Orientalische Eisenbahnen. Balkanzug. 1916. február 10
[39] Elindult a keleti express. *Budapesti Hirlap*, 1916. január 16. 16. 11–12
[40] HL 4669. Militärische Bestimmungen für die Benutzung des Balkanzuges. 1916.
[41] HL 4669. Hadifoglyok őrzése. 1916. január 19.
[42] HL 4681. Hadifoglyok szállítása és irányítása. 1916. március 5.
[43] Mezőgazdasági és közmunkára kirendelt hadifoglyok és kísérőik szállítása. *A Magyar Királyi Államvasutak Hivatalos Lapja,* 1916. február 29. 16. 1–2
[44] HL 4677. Hirdetmény. 1916. április 23.
[45] HL 4678. Vonatvilágítási naptár.
[46] HL 4669. Prostituált egyének eltávolitása a pályaudvarok területéről és azok környékéről. 1916. február 22.
[47] HL 4669. 7. sorszámú. Hadiforgalmi rendelet! 1916. január 24.
[48] HL 4677. Vasuti alkalmazottak katonai szolgálatból való szabadságolása tárgyában. 1916. július 27.
[49] Illés A.: Páncélvonatok az európai hadművészetben. In: Horváth Csaba Sándor – Imre Lászlóné – Majdán János – Varga Gábor (szerk.): Ezerarcú vasút. Vasút – Történet – Írás. Magyar Vasúttörténeti park Alapítvány – Virágmandula Kft., Budapest–Pécs, 2016.
[50] Pollmann F.: A román front. In: Romsics Ignác (főszerk.): Magyarország az első világháborúban. Kossuth Kiadó, Budapest, 2010.

A magyarországi vasúthálózat „gyenge láncszemei”

Dr. Tóth Bence

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Természettudományi Tanszék
telefon: +36 1 4329000 / 29260
e-mail: toth.bence@uni-nke.hu

Kivonat: A magyarországi vasúthálózat a világon a negyedik legsűrűbb. Ennek ellenére mind a teher-, mind a személyforgalom legnagyobb hányada relatíve kevés számú vasúti fővonalon bonyolódik. Azon állomások tehát, melyek több fővonalnak is részei, kiemelt szerepet játszanak a hálózatban. Az azonban nem triviális, hogy melyek azok a „másodvonalbeli” hálózati elemek, melyek nélkül egyáltalán nem is képzelhető el forgalom. Ennek meghatározásához jelen kutatásban a magyarországi vasúthálózat viselkedését vizsgálom véletlen zavar és célzott támadás esetén. A kutatás egyik megválaszolandó kérdése, hogy a magyarországi vasúthálózat ún. skálafüggetlen tulajdonságú-e, illetve a hálózati elemek mekkora részének kiesése esetén csökken jelentős mértékben a hálózat funkcionalitása. A kutatás másik célja a kiemelten védendő hálózati elemek azonosítása volt, azon állomások és állomásközök beazonosítása, melyek szimultán rombolása a leggyorsabban bénítaná meg a rendszert. Ennek meghatározásához több támadási stratégiát is vizsgálok. Az eredmények azt mutatják, hogy a hálózat már 6-8 megfelelően megválasztott állomás vagy állomásköz kiesése esetén egymás számára elérhetetlen „szigetekre” esik szét; a konkrét hálózati elemek azonban jelentősen különböznek a vizsgált stratégiától függően. .

Kulcsszavak: vasúthálózat, gráfelmélet, kritikus infrastruktúra, robusztusság, támadás

Bevezetés

A jó hálózat kevéssé érzékeny a véletlen zavarokra. Ha egy adatforgalmi kábel, egy nagyfeszültségű távvezeték vagy egy utca valamilyen ok miatt használhatatlan lesz, az az ideális, ha van alternatív út, melyen az adatok, az áram és az autók, kitérővel ugyan, de el tudnak jutni a céljukhoz.

A jelen cikkben bemutatott kutatás célja a magyarországi vasúthálózat, mint kritikus infrastruktúra [1] sérülékenységének vizsgálata véletlen zavar és célzott támadás esetén. A hálózat szerkezetéből adódóan már egy állomás vagy állomásköz rombolása esetén is bizonyos állomások elérhetetlenek lesznek a többi számára [2], több hálózati elem kiesése pedig egész országrészek vasúti kapcsolatát vághatja el [3]. Azonban egy rövid zsákvonal hálózatból való kiesése sokkal kisebb probléma, mint ha az ország egy egész régiója válna elérhetetlenné, ezért fontos az adott sérülés, illetve rombolás hatását jellemző mérőszám helyes megválasztása.

Célom tehát nem a legveszélyeztetettebb hálózati elemek, hanem ezek (akár csoportos) sérülése esetén a veszélyeztetett régiók azonosítása, melyek kapcsolata a törzshálózattal adott támadási stratégia esetén a leghamarabb szűnik meg, melyek ismerete kiemelten fontos az ország védelmi felkészítésében [4].

1. A modell

A magyarországi vasúthálózatot egy élsúlyozott irányított gráffal modelleztem. Mivel ezt a modellt korábbi cikkeimben [5][6] már részletesen bemutattam, ezért itt csak a jelen kutatás megértéséhez szükséges részletességig tárgyalom azt. A számítások és az eredmények vizualizálása az *R* programozási nyelv és környezetben [7] történt a Csárdi Gábor és Nepusz Tamás által fejlesztett *igraph* csomag [8] segítségével.

1.1 A magyarországi vasúthálózat gráfmodellje

A magyarországi vasúthálózatot leíró gráf csúcsai az állomásokat reprezentálták, az élek pedig a köztük levő vasútvonalakat, melyeket két különböző értékkel súlyoztam. Az egyik súly a vonalszakasz hossza, a másik a hosszértékekből és a rajtuk érvényes megengedett sebességből számított menetidők voltak [9]. Emiatt a modellbeli menetidők egy alsó korlátot jelentenek, a különböző sebességkorlátozások miatt ezeknél nem csak a valós menetidők, hanem még a tiszta menetidők is hosszabbak. Minden állomási irányváltásnál figyelembe vettem további 15 perc menetidőnövekedést.

Mivel mind a távolság-, mind a menetidőértékek pozitív valós számok és a gráf is viszonylag kisméretű, így két állomás közötti legrövidebb út meghatározására az *igraph* csomag *distances()* függvényében implementált Dijkstra algoritmust [10] használtam, mely pozitív súlyú gráfokra egyben a függvény alapbeállítása is.

1.2 Hálózatok teljesítőképességének mérőszámai

1.2.1 Hatékonyság

Összefüggő gráfok jellemzésére gyakran használt mérőszám az ún. közeliség (closeness centrality, C_C). Ez az összes csúcspár közti (térben, illetve időben) legrövidebb utak hosszai összegének a reciproka [11], [12]:

$$C_{C,\ell} = \frac{1}{\sum_{\langle a,b\rangle} \ell_{ab}} \tag{1}$$

$$C_{C,t} = \frac{1}{\sum_{\langle a,b\rangle} t_{ab}} \tag{2}$$

ahol ℓ_{ab} az a és a b állomások közti térben legrövidebb út hossza, t_{ab} pedig az a és a b állomások közti időben legrövidebb út menetideje.

Ez a mérőszám azonban egyszeresen összefüggő és egyszeresen élösszefüggő gráfok esetében (mint amilyen a magyarországi vasúthálózat is) egy olyan csúcs vagy él törlésével (azaz olyan állomás vagy állomásköz hálózatból való kiesésével) mely zsákvonalhoz tartozik, nullává válik. Ekkor ugyanis legalább egy állomás elérhetetlen lesz a többi állomás számára, azaz távolsága tőlük és az oda való eljutási idők is végtelenné válnak, ezáltal az össztávolság és az összmenetidő is végtelen lesz, reciprokuk, a közeliség pedig nulla.

Ezek az állomások és állomásközök pedig nem is végtelenül fontosak az egész hálózat szempontjából: amikor 2015-ben megcsúszott a Déli alagútjának támfala, a forgalom Kelenföld állomásról és kisebb részben a Keleti pályaudvarról továbbra is fenntartható volt. Éppen ezért célszerűbb nem az összegek reciprokát, hanem a reciprokok összegét használni a hálózat jellemzésére. Ezt a mennyiséget hatékonyságnak nevezzük [13], [14]:

$$\varepsilon_\ell = \sum_{\langle a,b\rangle} \frac{1}{\ell_{ab}} \tag{3}$$

$$\varepsilon_t = \sum_{\langle a,b\rangle} \frac{1}{t_{ab}} \tag{4}$$

A hatékonyság értéke az egyes állomások és állomásközök kizárásával csökken, de nullává csak akkor válik, ha minden <*a*,*b*> állomáspár elérhetetlen lesz egymás számára.

1.2.2 Kapcsolatköztiség

Egy állomás vagy állomásköz fontosságát jellemezhetjük a rajta keresztülhaladó legrövidebb utak darabszámával is. Ezt a mennyiséget kapcsolatköztiségnek (betweenness centrality) nevezzük és C_B-vel jelöljük. [15] Értéke természetesen különböző a kilométerben és az időben legrövidebb utakra, hiszen a két esetben a pontos útvonalak különbözhetnek és gyakran különböznek is az egyes állomáspárokra.

Míg a hatékonyság az egyes állomások vagy állomásközök kizárásával monoton csökken, ahogy az állomáspárok közti legrövidebb utak hossza nő (de legalábbis nem csökken), addig az állomások vagy állomásközök egymás utáni kizárásával a többi állomásköz kapcsolatköztiség-értéke növekszik (de legalábbis nem csökken) egészen addig, amíg legalább egy állomáspár elérhetetlen lesz egymás számára. Ekkor a kapcsolatköztiség-értékek hirtelen lecsökkennek, azaz ez a függvény már nem lesz monoton.

1.3 Támadási stratégiák

A magyarországi vasúthálózat viselkedését kétféle támadási stratégia esetén vizsgáltam. Mindig vagy csak állomásokat vagy csak állomásközöket töröltem a hálózatból, a kettőt vegyesen nem. A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy nem csak állomásokon, hanem a nyílt pályán sem elhanyagolható az esetleges rombolások valószínűsége [16]. Éppen ezért szükséges az összes lehetséges kockázati helyszín azonosítása és ennek megfelelő védelmének bizotsítása [17][18]

Az első támadási stratégiánál minden lépésben azt az állomást vagy állomásközt töröltem a hálózatból, amely a legnagyobb teljes hatékonyságcsökkenést okozza a hálózatban.

A második támadási stratégiánál minden lépésben a legnagyobb kapcsolatközti ségű állomást, illetve állomásközt töröltem a hálózatból, mely az *igraph* csomag *distances()* függvényének *$epath* értékének felhasználásával egyszerűen meghatározható.

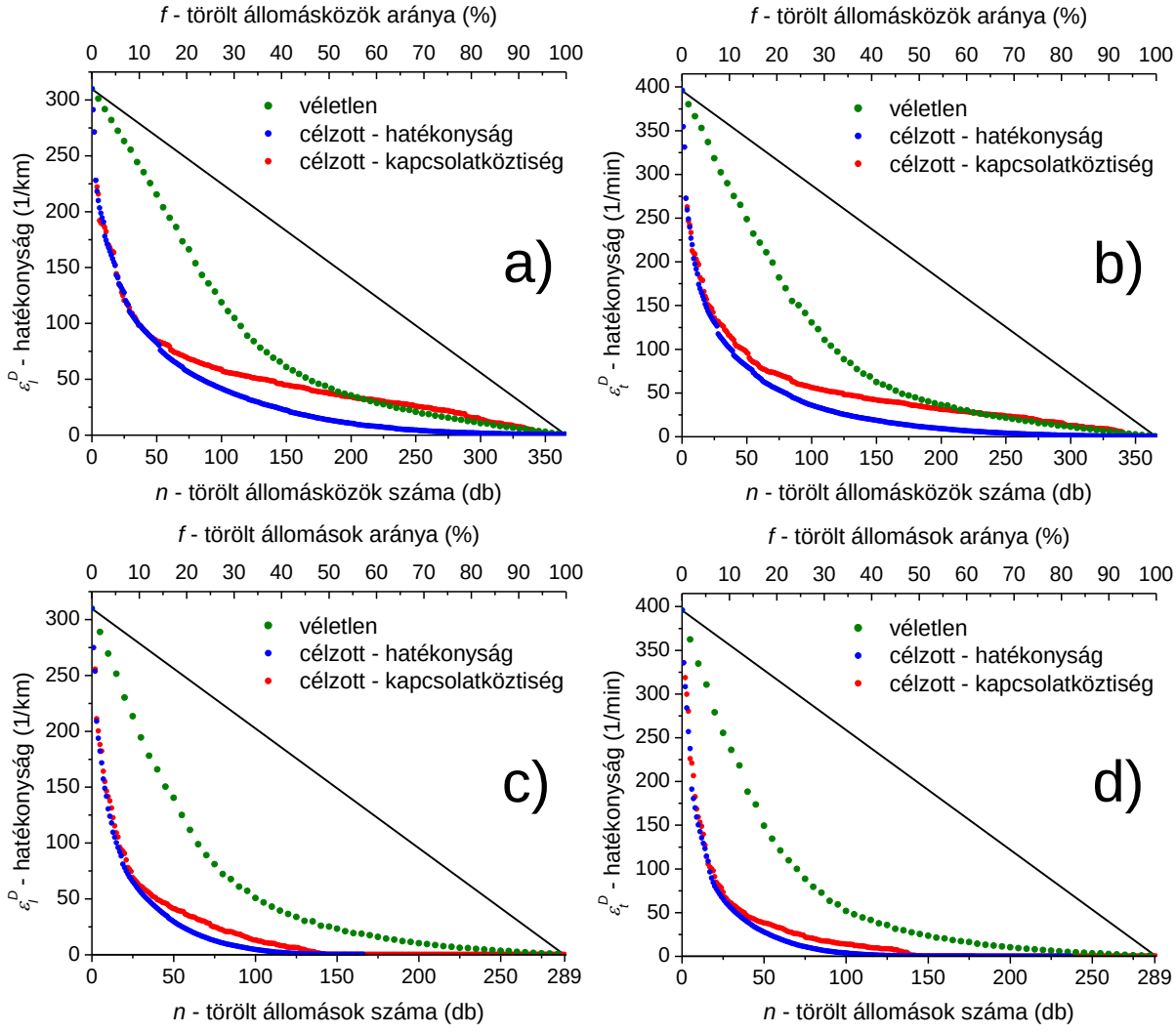
Megvizsgáltam továbbá a véletlen zavar hatását is, azaz hogy mekkora hatékonyságcsökkenést okoz, ha *n* darab véletlenszerűen kiválasztott állomást, illetve állomásközt törlök a hálózatból. Mivel itt az eredmények az állomásközök konkrét kiválasztástól függően erősen szórhatnak, ezért minden *n* értékre százszor lefuttattam a szimulációt és a kapott eredményeket átlagoltam.

2. Eredmények

A következőkben bemutatom a véletlen zavar, a hatékonyságalapú és a kapcsolatközti ség-alapú támadás hatását a hálózatra a hatékonyság és a maximális kapcsolatközti ség változásán keresztül.

2.1 A hatékonyság változása

Az 1. ábrán láthatjuk a hálózat hatékonyságának változását véletlen zavarok és a két vizsgált támadási stratégia esetén a távolság- és a menetidőértékekkel súlyozott gráfban.



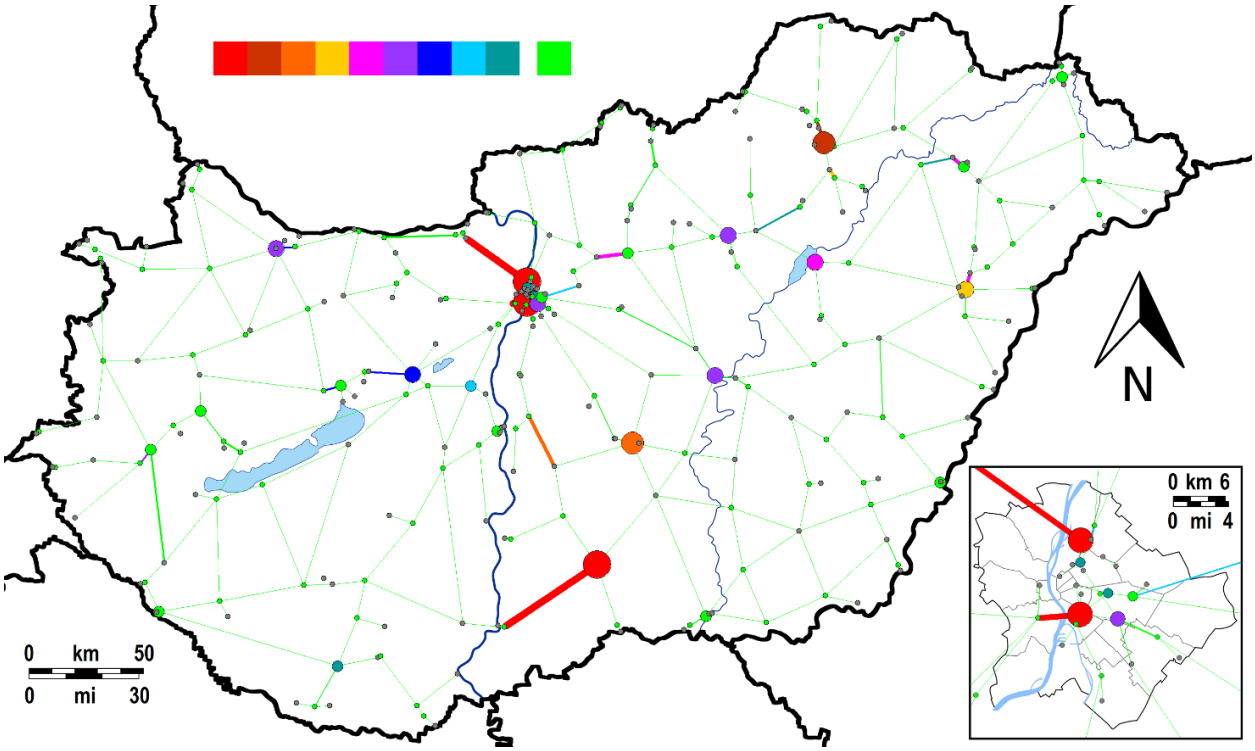
1. ábra: A hatékonyság változása véletlen zavarok, valamint hatékonyság- és kapcsolatközti ség-alapú támadás esetén minimális távolságokra (a, c) és minimális menetidőkre (b, d) állomásközök (a, b) és állomások (c, d) rombolása esetén.

A rendszer kifejezetten ellenállónak bizonyul a véletlen zavarokkal szemben: kb. 100 darab véletlenszerűen törölt állomásközig (azaz az összes állomásköz kb. 30%-áig) mind a távolság-, mind a menetidő-súlyozás esetén a hatékonyság kb. 1%-al csökken, ahogy a kizárt hálózati elemek száma 1-gyel nő, azaz a viselkedés lineáris. Kb. 200 törölt állomásköztől (azaz az összes állomásköz kb. 60%-ától), illetve kb. 150 törölt

állomástól (azaz az összes állomás kb. felétől) a hatékonyság csökkenése ismét lineárissá válik, de más, kisebb meredekséggel. Ez a viselkedés a kis-világ vagy a skálafüggetlen hálózatokra jellemző [19], [20].

Azt látjuk továbbá az 1. ábrából, hogy a hatékonyság változása a kapcsolatköztiség-alapú támadás esetén is szigorúan monoton változást mutat. Ez azt jelenti, hogy a legforgalmasabb (azaz legnagyobb kapcsolatköztiségű) állomásközök egyben nagy összmenetvonalhossz-, illetve összmenetidő-növekedést is okoznak. Ennek jelentőségére a kapcsolatköztiség-alapú támadásnál még visszatérek.

A 2. és 3. ábrákon a hálózat hatékonyság-értékét láthatjuk az adott állomás vagy állomásköz, mint legnagyobb hatékonyságcsökkenést okozó hálózati elem rombolásakor, minimális hosszúságú és minimális menetidejű utakra. Az állomásokat reprezentáló körök nagysága, illetve az állomásközöket reprezentáló élek vastagsága arányos a teljes hálózatnak abban az állapotában vett hatékonyságával, amikor az adott hálózati elem rombolása megtörténik. Az egyes színek azokat a hálózatielem-csoportokat jelölik, melyek rombolása után a hálózat egy része elérhetetlen lesz a hálózat többi része számára.



2. ábra A magyarországi vasúthálózat hatékonyságának változása hatékonyságalapú támadás esetén minimális menetvonalhosszakra. Az állomásokat reprezentáló körök mérete, illetve az állomásközöket reprezentáló vonalak vastagsága arányos a hálózat hatékonyság-értékével a kizárásukkor. A kilenc eltérő színnel jelölt állomás és állomásközök okozzák az első kilenc részhálózat leválását.

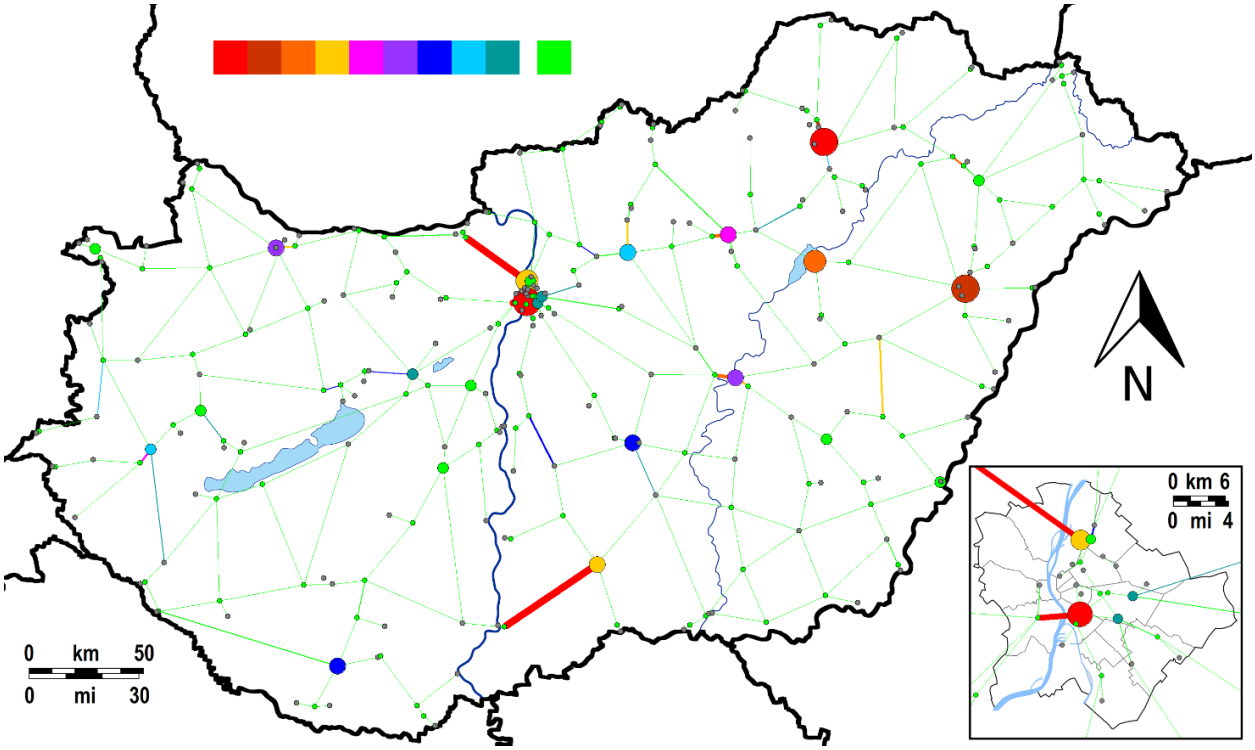
Minimális hosszúságú menetvonalakkal számolva és állomásközöket rombolva az első három célpont a három Duna-híd, pontosabban a hozzájuk tartozó állomásközök, melyek járhatatlanná tételével az ország két, a Duna által elválasztott részre szakad. Azonban ennek három állomásköz (híd) rombolása által történő bekövetkezése csak matematikai szempontból igaz. Mivel sem az Újpesti vasúti híd, sem a bajai Türr István híd nem villamosított, ráadásul mindkettő egyvágányú, ezek megléte nem biztosít kellő redundanciát [21] az Összekötő vasúti híd hiánya esetére, azaz a gyakorlatban ezen egyetlen hálózati elem sérülése megbontja a hálózat átjárhatóságát. A Duna-hidak kevés száma mellett a földrajzi elhelyezkedésük sem teszi lehetővé megfelelő üzemeltetésüket [22].

A rombolás következő lépései ezen stratégia alapján a 92-es és 94-es vonalak közös része, majd a 150-es vonal Budapestről kivezető szakasza. A Nyírtelek–Görögszállás (80-as vonal) és a Debrecen–Apafa (100-as vonal) rombolása után Szabolcs-Szatmár-Bereg megye elérhetetlen lesz, ami a záhonyi átrakókörzet és a széles nyomtávú hálózattal való kapcsolat miatt fontos része a hálózatnak [23]. A folytatásban a szobi fővonal rombolása, majd Borsod megye elérhetetlenné válása történik meg.

Állomások rombolása esetén a három Duna-híd állomásközeinek szélső állomásai, majd Miskolc-Tiszai pu., Kecskemét, és Debrecen állomások kizárása csökkenti leginkább a hatékonyságot. Utóbbi kettő az ország védelmi szempontjából meghatározó jelentőségű létesítmények, MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis,

illetve Debrecen nemzetközi repülőtér (Ferihegy egyetlen reális alternatívája) vasúti kapcsolatának csatlakozó állomása [24]. Továbbá ezen három állomás mellékvonalak elágazó állomásai is, azaz sérülésük esetén nem csak a fővonalak forgalmának terelése, hanem a csatlakozó zsákvonalak elérhetetlenné válása is csökkenti a hatékonyságot, Miskolc esetében pedig egy kiterjedt vonalrendszer válik csak szomszédos országon keresztül megközelíthetővé vasúton, ami védelmi szempontból rendkívül kedvezőtlen [25]. A következő állomás Tiszafüred, melynek rombolása után a teljes északkeleti országrész (Borsod, Szabolcs és Hajdú-Bihar megye) vasúton elérhetetlenné válik. Ezután Pusztaszabolcs rombolásával a Dunántúl legnagyobb (Győrön és Székesfehérváron túli) része is elérhetetlen lesz a fővárosból; ebből hasad le a következő lépésben Szentlőrinc rombolásával Baranya megye.

Azt látjuk tehát, hogy ennél a rombolási stratégiánál még kevésbé az egyes országrészek, megyék törzshálózattól való elvágása történik, mint inkább a fővonalak rombolása, aminek következtében a mellékvonalakra terelődik a forgalom, jelentősen megnövelve a menetvonalak hosszát. Ez a támadási sorrendet meghatározó mérőszám, a hatékonyság definíciója miatt van így, az országrészek, megyék törzshálózattól való elvágása csak mintegy „melléktermékeˮ a folyamatnak; az effektus csak nagyobb zsákvonalhálózatok leválasztása esetén jelentős. A mellékvonalak, mint alternatívák azonban sokkal kisebb áteresztőképességük miatt jelenleg azonban nem jöhetnek szóba. A fővonalak fejlesztése [26] mellett ezért célszerű lenne mellékvonali alternatívák kiépítése is a hálózat támadástűrőségének biztosítására.



3. ábra: A magyarországi vasúthálózat hatékonyságának változása hatékonyságalapú támadás esetén minimális menetidőkre. Az állomásközöket reprezentáló vonalak vastagsága, illetve az állomásokat reprezentáló körök mérete arányos a hálózat hatékonyság-értékével a kizárásukkor. A kilenc eltérő színnel jelölt állomások és állomásközök okozzák az első kilenc részhálózat leválását.

A hatékonyságot leginkább csökkentő, menetidőkkel számoló, állomásközöket kiiktató rombolási stratégia alapján a Duna-hidak után a Miskolcnál csatlakozó mellékvonalrendszer válik le a még meglévő hálózatról. Ezután egy sokáig ható rombolássorozat következik: Ferencvárosnál a 150-es vonal, a szolnoki Tisza-híd, Kál-Kápolnánál a 80-as, Debrecennél a 100-as, végül Görögszállásnál ismét a 80-as vonal egy-egy állomásközének kiiktatása után a teljes északkeleti országrész kapcsolata szűnik meg az országos hálózattal. Ezután olyan mellékvonalak rombolása következik a stratégia alapján, mint például a Püspökladány–Szeghalom vagy a Hatvan–Kisterenye vonalszakasz. Ez azt mutatja, hogy a modell a fővonalak forgalmát azok sérülésével többek között ezekre a mellékvonalakra próbálja átterelni.

Állomások közül az elsőnek rombolt Ferencváros, azonban a következő nem a másik két Duna-híd állomásközének valamelyik szélső állomása (a többi stratégiával ellentétben), hanem Miskolc-Tiszai pu.,

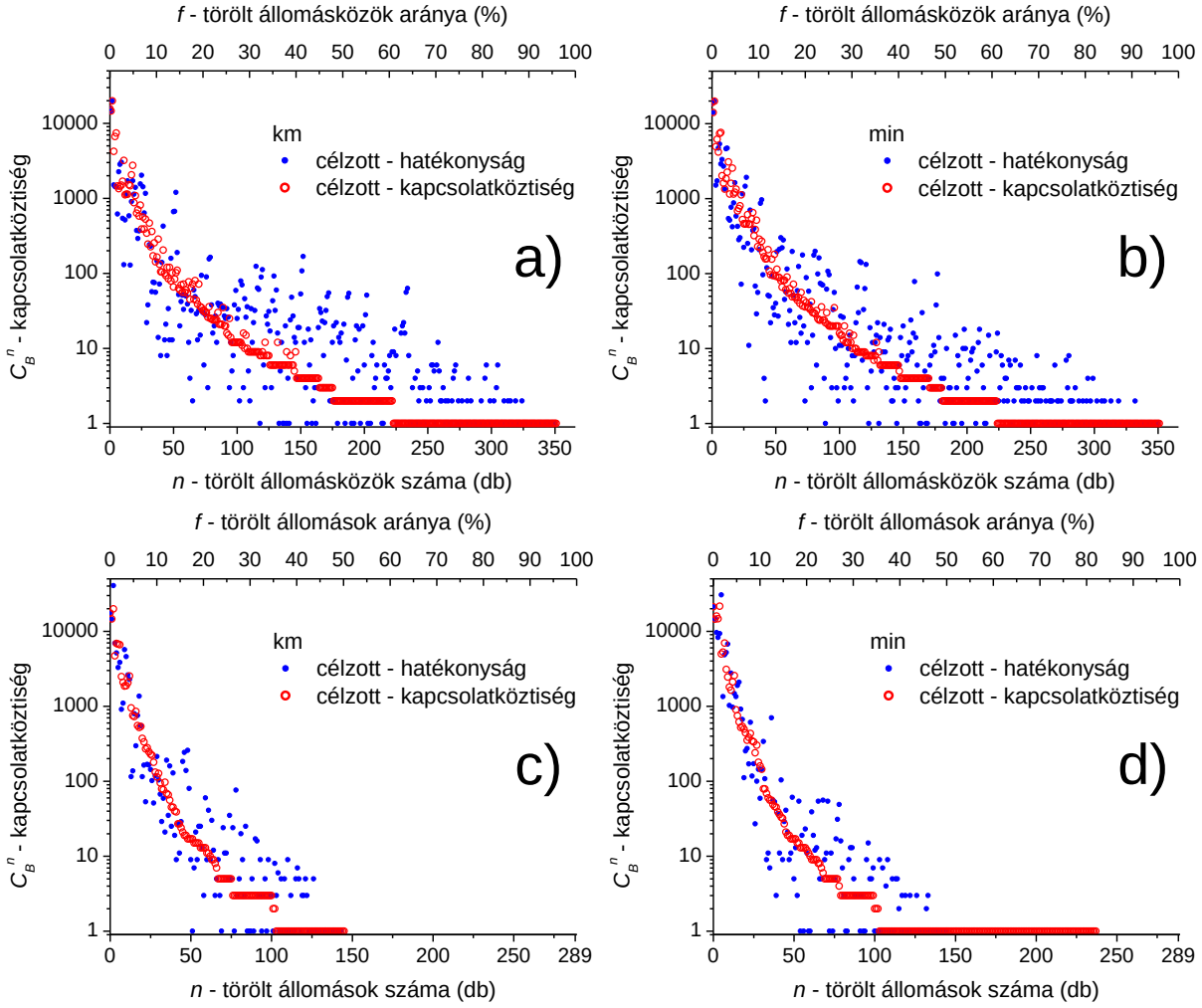
mellyel ismét az itt csatlakozó mellékvonalhálózat vasúti kapcsolata szűnik meg. Debrecen, majd Tiszafüred kizárásával a teljes északkeleti országrész veszíti el összeköttetését a törzshálózattal és csak ezután következik Angyalföld és Kiskunhalas rombolása. Ezután (többek között) Szajol és Kecskemét kizárásával a Délkelet-Alföld válik le a hálózatról, Szentlőrinccel a baranyai zsákvonalak veszítik el kapcsolatukat, majd a Dunántúl esik szét északi és déli részre.

Az első néhány hálózati elem sorrendje azt mutatja, hogy a menetidők már sokkal jobban leírják a körülményt, hogy az Összekötő vasúti hídnak a másik két dunai átkelés nem alternatívája; és itt mindössze a 4-es és a 154-es vonalak alacsony engedélyezett sebességének figyelembe vétele vezetett erre az eredményre.

A hatékonyságalapú támadásra tehát úgy lehet első lépésben felkészíteni a hálózatot, ha a modellszámítások eredményeként adódott alternatív útirányokon az áteresztőképességet megnöveljük. Ezáltal egy-egy rombolt fővonal forgalma nem egy az egyben csatornázódna át (ahogy például a Püspökladány–Szeghalom vonalszakasz esetében láttuk), hanem egyenletesebben oszlana el a hálózatban.

2.2 A kapcsolatköztiség változása

A 4. ábrán láthatjuk a maximális kapcsolatköztiség-értékek változását a két támadási stratégia esetén minimális menetvonalhosszakra és minimális menetidőkre (a függőleges tengely logaritmikus!).

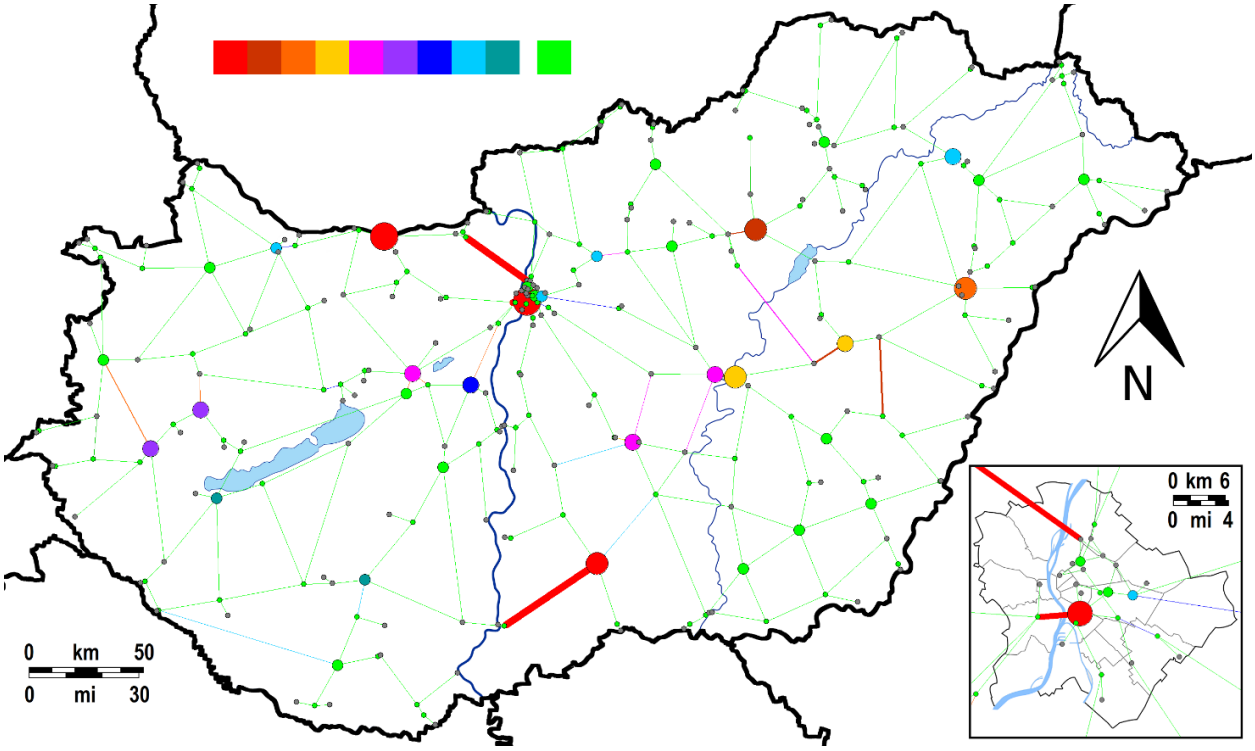


4. ábra: A maximális kapcsolatköztiség változása hatékonyság- és kapcsolatköztiség-alapú támadás esetén minimális távolságokra (a, c) és minimális menetidőkre (b, d) állomásközök (a, b) és állomások (c, d) rombolása esetén (log-lin skála!).

A maximális kapcsolatköztiség változása a hatékonyság esetétől lényegesen különbözik. Bár kapcsolatköztiség-alapú támadás esetén a kapcsolatköztiség csökkenő trendet mutat (a mérték definíciójánál elmondottak alapján monoton csökkenés csak egészen speciális szerkezetű hálózatok esetében lenne várható), hatékonyságalapú támadás esetén a kapcsolatköztiség-értékek rendkívül erős szórást mutatnak. Ez azt jelenti, hogy a legnagyobb összmenetvonalhossz-, illetve összmenetidő-

növekedést okozó állomásközök nem feltétlenül a legforgalmasabbak. Szélsőséges esetben ugyanis egy állomásköz kizárása átlagosan kétszeres menetidőnövekedést is okozhat az azt érintő menetvonalakon [27] a rendkívül hosszú kerülők miatt, ami a fő oka a hálózat 4. ábrán látható viselkedésének.

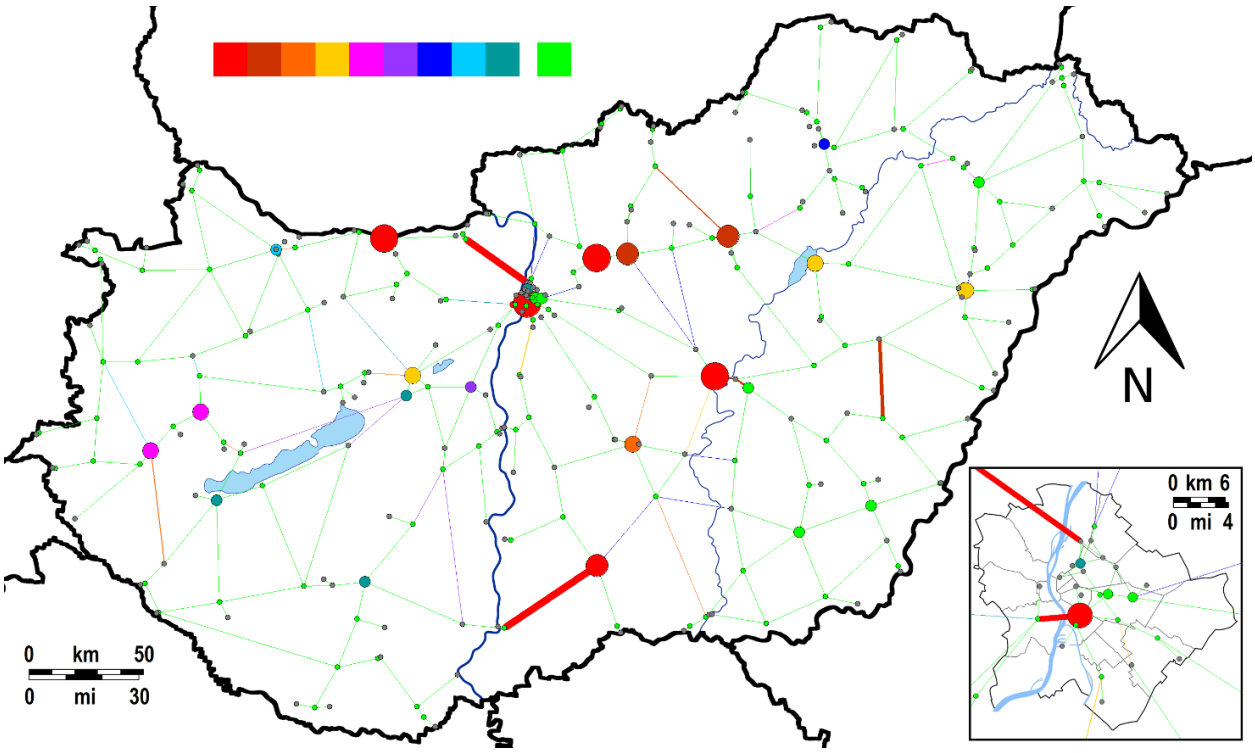
Az 5. és 6. ábrákon az egyes állomások és állomásközök kapcsolatköztiségét láthatjuk minimális hosszúságú és minimális menetidejű utakra. Az állomásközöket reprezentáló élek vastagsága arányos azok kizáráskori kapcsolatköztiségével. Az egyes színek azokat a hálózatielem-csoportokat jelölik, melyek rombolása után a hálózat egy része elérhetetlen lesz a hálózat többi része számára.



5. ábra A magyarországi vasúthálózat maximális kapcsolatköztiségének változása kapcsolatköztiség-alapú támadás esetén minimális menetvonalhosszakra. Az állomásközöket reprezentáló vonalak vastagsága, illetve az állomásokat reprezentáló körök mérete arányos kizáráskori kapcsolatköztiség-értékükkel. A kilenc eltérő színnel jelölt állomások és állomásközök okozzák az első kilenc részhálózat leválását.

Az egyes állomáspárok közti minimális hosszúságú menetvonalakat vizsgálva és minden lépésben a legforgalmasabb, azaz a legnagyobb kapcsolatköztiségű állomásközt rombolva az első három helyen a három Duna-híd szerepel. Ezután a 80-as és a 100-as fővonalak egy-egy szakaszának kiiktatásával csak mellékvonali kerülőutakon át lesz az északkeleti országrész elérhető. Ezek közül a legforgalmasabbá a Püspökladány-Szeghalom vonalszakasz vált, ennek rombolásával válnak le Borsod-Abaúj-Zemplén, Szabolcs-Szatmár-Bereg és Hajdú-Bihar megyék a hálózat többi részéről. Ezután észak-déli irányú vonalszakaszok rombolásával a Dunántúl hasad északi és déli részre, majd a Dél-Alföld válik elérhetetlenné. Ezután némileg meglepő módon a Görögszállás–Nyírtelek és a Debrecen–Apafa állomásközök kiiktatásával Szabolcs-Szatmár-Bereg megye lehasad a már szigetként létező északkeleti országrészről, ami azt mutatja, hogy ezen részhálózatban a megmaradt menetvonalak továbbra is erősen koncentrálódnak a 80-as fővonalra, lévén a lehetséges alternatív útvonalak lassan bejárható mellékvonalak. Ezután a Dunántúl északi fele is két részre válik, majd Baranya megye is elérhetetlen lesz, és a Miskolcnál csatlakozó mellékvonalrendszer csak ezután hasad le az északkeleti részhálózatról.

Állomások esetében is hasonlóan drasztikusan történik meg a feldarabolódás. Először „szokás szerint” a Duna-hidak rombolásával az ország vasúthálózata két részre esik. Utánuk Füzesabony, Debrecen, Szajol és Karcag állomások rombolása történik meg, először a 80-as fővonal forgalmát a 100-asra, majd az így megnövekedett forgalmat a 100-asról mellékvonalakra csatornázva át. Ezen állomások rombolása után a három északkeleti megye elérhetetlen lesz a hálózat többi részéről. A következőnek rombolt állomások Kecskemét, Szolnok és Székesfehérvár, majd Ukk, Zalaszentiván és Pusztaszabolcs, melyek hálózatból való kiiktatásával előbb a Délkelet-Alföld (Csongrád és Békés megyék), majd a teljes Dél-Dunántúl válik Budapestről elérhetetlenné.



6. ábra A magyarországi vasúthálózat maximális kapcsolatköztiségének változása kapcsolatköztiség-alapú támadás esetén minimális menetidőkre. Az állomásközöket reprezentáló vonalak vastagsága, illetve az állomásokat reprezentáló körök mérete arányos kizáráskori kapcsolatköztiség-értékükkel. A kilenc eltérő színnel jelölt állomások és állomásközök okozzák az első kilenc részhálózat leválását.

Minimális menetidőkkel számolva és az egyes lépésekben a legnagyobb kapcsolatköztiségű állomásközöket kiiktatva a Duna-hidak (állomásközeinek) rombolása után a 120-as fővonalon a Szolnok–Szajol (a legforgalmasabb Tisza-híddal) és a Szajol–Tiszatenyő, a 80-as fővonalon pedig a Kál-Kápolna–Nagyút állomásköz a következőnek rombolt vonalszakasz. Ekkor a forgalom jelentős része a 128-as és a (személyforgalmat jelenleg a valóságban nem bonyolító) 84-es vonalra terelődik át, melyek kizárásával Borsod, Szabolcs és Hajdú-Bihar megyék vasúthálózata leszakad a törzshálózatról. Ezután az Észak- és a Dél-Dunántúl szeparációja, majd meglepő módon Borsod megyéé történik meg. Ez utóbbinak a módja különös, ugyanis nem a korábban látott Miskolc-Tiszai pu. és Sajóecseg közti, a 92-es és 94-es zsákvonalak közös szakaszának rombolása által történik, hanem a 80-as fővonal két állomásközének kizárásával Miskolctól valamivel távolabb.

Érdekes megfigyelni az 5-6. ábrákon, hogy az első négy állomásköz kiesése után már nem csak fővonalak (pl. 80, 100, 120) állomásközei, hanem az ezek alternatívájaként szolgáló olyan vonalszakaszok válnak forgalmassá, mint a Püspökladány–Szeghalom, a Kál-Kápolna–Kisújszállás, a Szombathely–Zalaszentiván, a Kál-Kápolna–Kisterenye vagy a Zalaszentiván–Nagykanizsa vonalszakaszok; ahogy azt a hatékonyságalapú, minimális menetidőket figyelembe vevő rombolási stratégia esetén is láttuk. Ez újra felhívja a figyelmet arra, hogy kisebb jelentőségű vonalszakaszok is kerülhetnek olyan helyzetbe, hogy együttesen fővonal alternatívájaként kellene annak zavara esetén üzemelniük, ez viszont csak megfelelő áteresztőképesség esetén lenne lehetséges.

Állomások kapcsolatköztiség-alapú rombolása esetén viszonylag későn, öt hálózati elem rombolása után lesz egy régió (Nógrád megye nyugati és Komárom-Esztergom megye keleti része) elérhetetlen, ugyanis a három Duna-híd állomásközeinek végpontjai között megtörténik Szolnok és Aszód rombolása is. Előbbi a Tisza legforgalmasabb hídja miatt áll előkelő helyen a rombolások sorrendjében, melynek reális helyettesítése csak új híd építésével lenne biztosítható [28] (az állomásközök esetéhez hasonlóan), utóbbi pedig a 80a fővonal csatlakozó állomásaként betöltött centrális szerepe miatt. Ezután viszont felgyorsul a feldarabolódás, amiben szerepe van a folyamat elején kiiktatott jelentős állomásoknak. Hatvan és Kál-Kápolna kizárásával a 80-as fővonal Kisterenyén keresztül vezető kerülőútja lesz bejárhatatlan, majd Kecskeméttel a Tiszántúl és Borsod megye szeparációja következik be. Ez utóbbi „osztódik tovább” Debrecen és Tiszafüred kizárásával, amikor

leválik az északkeleti országrész. A következő lépés a Dunántúl északi és déli részre való hasadása, majd erről a Szentlőrincnél csatlakozó mellékvonalrendszer leválása.

Konklúzió

Gráfalapú modellezéssel bemutattam, hogy a magyarországi vasúthálózat nem egyformán érzékeny a véletlen zavarokra és a célzott támadásokra. Egy-egy véletlen zavar csak kis átlagos csökkenést okoz a hálózatot jellemző, ún. hatékonyság mértékben, ami a hálózatbeli menetvonalak menetidői, illetve menetvonalhosszai reciprokainak összege. Ezzel szemben egy, a hálózat teljesítőképességét jellemző mérőszámot célzottan befolyásoló támadás már akár egy hálózati elem megzavarása esetén is kritikus helyzetet képes okozni, legyen ez a hatékonyság legnagyobb csökkentésére való törekvés, vagy a mindenkori legforgalmasabb (legnagyobb, ún. kapcsolatköztiségű) állomásköz rombolása.

A mellékvonalak alacsony engedélyezett sebessége miatt előfordul, hogy míg a legforgalmasabb vonalszakaszok kizárásuk esetén nagy hatékonyságcsökkenést okoznak, addig a rombolásuk esetén nagy hatékonyságcsökkenést okozó állomásközök nem feltétlenül a legforgalmasabbak. Ez az aszimmetria egy védelmi veszélyhelyzet esetén a hálózat előnyére is kihasználható: egy kisebb forgalmú, de megfelelő kapacitású és stratégiailag fontos állomásköz védelme könnyebben biztosítható.

Azt láttuk mind minimális menetvonalhosszak, mind minimális menetidők esetében, hogy a következmények összefüggenek a támadás alapjául választott mérőszámmal. Hatékonyságalapú támadással inkább hosszú kerülők válnak szükségessé, kapcsolatköztiség-alapú támadásnál pedig a hálózat gyors szétdarabolódása az elsődleges veszélyforrás. Előbbire úgy lehet felkészíteni a hálózatot, ha a megfelelő alternatív útirányok engedélyezett sebességeit elégséges mértékűre emeljük, a kapcsolatköztiség-alapú támadásra való felkészítés pedig megfelelő számú redundáns vonal beépítése a hálózatba [29]. Mindkettő megvalósítható több egyvágányú vonal szimultán fejlesztésével, ami által azok együttesen képesek pótolni a kieső fővonali útirányokat.

Irodalomjegyzék

[1] Szászi G.: A vasúti közlekedési alágazat, mint kritikus infrastruktúra, in: HORVÁTH, A. (szerk.): Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből, 167-190, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 2013, ISBN: 9789630869263

[2] Tóth B.: Állomások és állomásközök zavarának gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton, Hadmérnök 12/4, 52-66, 2017.

[3] Tóth B.: Menetidő- és menetvonalhossz növekedés gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton állomások és állomásközök zavara esetén, Hadmérnök 13/1, 118-132, 2018.

[4] Horváth A.: Szempontok a katonai közlekedési védelemigazgatási és nemzetgazdasági kapcsolatrendszeréről, Katonai Logisztika 2016/különszám, 245-266, 2016.

[5] Tóth B.: A magyarországi vasúthálózat zavarainak gráfelméleti alapú vizsgálata, in: Horváth B. – Horváth G. – Gaál B. (szerk.): Közlekedéstudományi Konferencia, Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék, Győr, 2018, 505-519, ISBN: 9786155776137

[6] Tóth B.: Forgalmatlan, de nélkülözhetetlen - A magyarországi vasúthálózat redundanciavizsgálata, in: Horváth B. – Horváth G. – Gaál B. (szerk.): Közlekedéstudományi Konferencia, Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék, Győr, 2019, 37/1-9, ISBN: 9789638121868

[7] R Core Team: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2012. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/

[8] Csardi G. – Nepusz T.: The igraph software package for complex network research, InterJournal, Complex Systems 1695. 2006. http://igraph.org

[9] http://www.vpe.hu/takt/vonal_lista.php (2020.01.31.)

[10] Dijkstra E. W.: A note on two problems in connexion with graphs, Numerische Mathematik 1/1, 269-271, 1959, DOI: 10.1007/BF01386390

[11] Bavelas A.: Communication Patterns in Task-Oriented Groups, The Journal of the Acoustical Society of America 22/6, 725-730, 1950, DOI: 10.1121/1.1906679

[12] Sabidussi G.: The Centrality Index of a Graph, Psychometrica 31/4., pp. 581-603, 1966, DOI: 10.1007/bf02289527

[13] Latora V. – Marchiori M.: Efficient Behavior of Small-World Networks, Physical Review Letters 87/19, 198701/1-4, 2001, DOI: 10.1103/PhysRevLett.87.198701

[14] Crucitti P. – Latora V. – Marchiori M. – Rapisarda A.: Error and attack tolerance of complex networks, Physica A 340, 388-394, 2004, DOI: 10.1016/j.physa.2004.04.031
[15] Freeman L.: A set of measures of centrality based on betweenness, Sociometry 40/1, 35-41, 1977. DOI: 10.2307/3033543
[16] Horváth A.: A közúti, vasúti és vízi közlekedés terrorfenyegetettségének jellemzői, in: Tálas P. (szerk.): A politikai marketing fogságában, Mágustúdió, Budapest, 321-336, 2006.
[17] Lévai Zs: A vasút lehetséges válaszai a legújabbkori biztonsági kockázati kihívásokra, in: Horváth B. – Horváth G. – Gaál B. (szerk.): Közlekedéstudományi Konferencia, Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék, Győr, 2019, 21/1-18, ISBN: 9789638121868
[18] Lévai Zs: A vasúti szektor védelmi lehetőségei terrorakciók ellen, Közlekedéstudományi Szemle 69/5, 50-71, 2019.
[19] Lewis T.: Critical Infrastructure Protection, Hoboken, NJ, USA, Wiley, 2006, 71-92, ISBN: 9780471786283
[20] Mackin T. J. – Darken R. – Lewis T. G.: Managing Risk in Critical Infrastructures Using Network Modeling, in: Critical Infrastructure Protection: Elements of Risk, 2007, 65-78, https://cip.gmu.edu/wp-content/uploads/2016/06/ElementsofRiskMonograph.pdf (2020.01.31.)
[21] Tóth B.: A magyarországi vasúthálózat redundanciáját biztosító vonalszakaszok, Hadmérnök 14/2, 74-86, 2019.
[22] Lakatos P. – Szászi G. – Taksás B: A logisztikai infrastruktúra szerepe a regionális versenyképesség alakításában, in: Csath M. (szerk.): Regionális versenyképességi tanulmányok, 181-288, NKE Szolgáltató Nonprofit Kft., Budapest, 2016.
[23] Szászi G.: Katonai vasúti szállítások a Magyar Honvédség missziós feladatainak rendszerében, Szolnoki Tudományos Közlemények 16, 101-118, 2010.
[24] Szászi G.: A védelmi szempontból meghatározó repülőterek vasúti kapcsolatának helyzete Magyarországon, Repüléstudományi Közlemények (1997-től) 21/Különszám, 1-22, 2009.
[25] Szászi G.: Nagyfolyami vasúti hidak, mint közlekedési létfontosságú rendszerelemek, in: Horváth A. – Bányász P. – Orbók Á. (szerk.): Fejezetek a létfontosságú közlekedési rendszerelemek védelmének aktuális kérdéseiről, 83-99, Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2014, ISBN: 9786155305306
[26] Szászi G.: Transz Európai Közlekedési Hálózat (TEN-T) tervezett fejlesztési iránya, várható hatása Magyarország vasúthálózatának fejlesztésére, Szolnoki Tudományos Közlemények, 16, 402-425, 2012.
[27] Tóth B.: Menetidő- és menetvonalhossz növekedés gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton állomások és állomásközök zavara esetén, Hadmérnök 13/1, 118-132, 2018.
[28] Szászi G.: Jász-Nagykun-Szolnok megye vasúthálózatának védelmi szempontú elemzése, Szolnoki Tudományos Közlemények, 13, 101-125, 2009.
[29] Szászi G.: Magyarország közlekedési infrastruktúrájának fejlesztése napjainkban: Közút vagy vasút? Katonai Logisztika 15/2, 32-59, 2007.

A mobilitási rendszer változásainak forgatókönyvei 2030-ig

**Miskolczi Márk[1] – Dr. Földes Dávid[2] –
Dr. Munkácsy András[3] – Dr. Jászberényi Melinda[4]**

**[1]Budapesti Corvinus Egyetem Marketing Intézet, Turizmus Tanszék
e-mail: mark.miskolczi@uni-corvinus.hu**

**[2]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar,
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
e-mail: foldes.david@mail.bme.hu**

**[3]Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont, Közlekedésmenedzsment Osztály
e-mail: munkacsy.andras@kti.hu**

**[4]Budapesti Corvinus Egyetem Marketing Intézet, Turizmus Tanszék
e-mail: jaszberenyi@uni-corvinus.hu**

Kivonat: A technológia fejlődésének köszönhetően számos új jelenség figyelhető meg a városi személyközlekedési rendszerben. Teret nyernek a fenntartható és megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatások, és egyre hangsúlyosabbá válik az automatizálás, melynek hatására a közeljövőben az autonóm járművek számottevő terjedése várható. A kutatások többsége elsősorban az önvezető járműtechnológiára és azok teljes elterjedésére fókuszálnak, míg a közeljövő változásainak, az ún. átmeneti időszaknak a vizsgálata jelenleg kevésbé hangsúlyos a szakirodalomban. Ebből kiindulva kutatásunk célja a városi személyközlekedési rendszer változásainak vizsgálata a belátható jövőre (2030) vonatkozóan. A téma feltárásához szekunder kutatást végeztünk, amely során a különböző mobilitási jelenségek (járműmegosztás, elektromos meghajtású járművek stb.) és az önvezető járművek terjedését vizsgáló tudományos cikkeket elemeztük. Az elemzés alapján a belátható jövőre vonatkozóan különböző fejlődési irányú forgatókönyveket alakítottunk ki. Az újonnan létrehozott négy forgatókönyv (Grumpy old transport: Jó öreg közlekedés, At an easy pace: Csak szép nyugodtan, Mine is yours: Az enyém a tiéd is, Tech-eager mobility: Techmániás mobilitás) a fenntartható és megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatások, valamint az automatizálás szerepét és alkalmazási lehetőségeit írják le közlekedési és társadalmi-gazdasági vonatkozásban, melyek további, a városi személyközlekedést vizsgáló társadalomtudományi kutatások alapjául használhatók fel.

Kulcsszavak: automatizálás, városi közlekedés, jövő közlekedése, önvezető autók, közlekedési forgatókönyvek

Bevezetés

A közlekedés jövőjét nagyfokú bizonytalanság jellemzi. A közlekedés változását technológiai innovációk támogatják (pl. automatizáció, elektromos járművek, megosztáson alapuló megoldások) [1-3]. Ugyanakkor az iparágnak számos, az előrehaladást korlátozó kihívással (pl. fogyasztói igények radikális átalakulása, folyamatosan növekvő urbanizáció) is szembe kell néznie [4-5]. Ebből kiindulva a mobilitási szolgáltatások iránti igény (ideértve a személy- és áruszállítást is) folyamatosan növekszik, ami a nagyobb városokban számos közlekedési problémát eredményez (pl. torlódások, környezetszennyezés) [6-7]. A városi közlekedés legnagyobb kihívása a gazdasági fenntarthatóság, a környezetvédelmi előírások, valamint a fogyasztók (utazók) elégedettsége közötti egyensúly megteremtése [8].

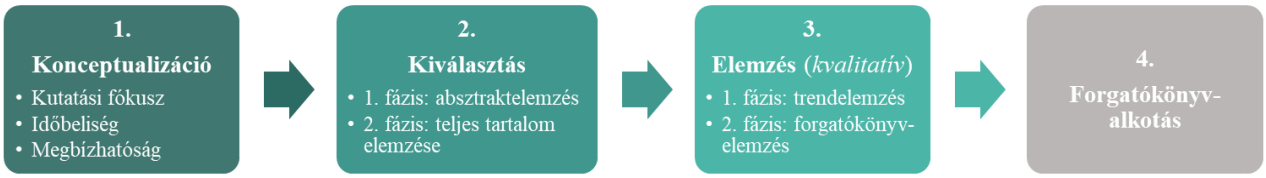
Jelen kutatás célja a közlekedéskutatók jövőbeli városi mobilitással kapcsolatos elképzeléseinek átfogó elemzése, valamint az aktuális kutatási trendek alapján a lehetséges fejlődési irányok definiálása. A kutatási irányok feltárásához szakirodalom-elemzést végeztünk, előtérbe helyezve a 2012 és 2019 között megjelent folyóiratcikkeket, melyek a feltörekvő mobilitási jelenségek társadalmi-gazdasági jellemzőire összpontosítanak. Az aktuális innovációk hatásaival foglalkozó korábbi kutatások [9-13] megerősítik, hogy a megosztott és integrált megoldások mellett az autonóm járművek fejlesztése és terjedése lehet a jövőbeli mobilitás egyik kulcsfontosságú mozgatórugója, ezért az elemzés során is e technológiák alapján vizsgáltuk a belátható jövő fejlődési irányait. A „belátható jövő” kifejezés alatt az előttünk álló következő évtizedet

(2020–2030) értjük, amelynek folyamatai a jelenlegi kutatási trendek elemzésén keresztül jól meghatározhatók.

A cikk további része az alábbiak szerint épül fel: a kutatás folyamatát, valamint az alkalmazott módszereket az 1. fejezet foglalja össze. A 2. fejezetben ismertetjük és elemezzük a szakirodalom-kutatás során feltárt forgatókönyveket. A cikk utolsó fejezetében a kutatás során levont főbb következtetéseket, valamint a további kutatási irányokat foglaljuk össze.

1. Módszertan – forgatókönyv-alkotás

Szakirodalom-elemzés alatt olyan szekunder kutatási tevékenységet értünk, melynek célja egy adott témakörben végzett korábbi kutatások szintetizálása és kritikai értékelése egy előre definiált szempontrendszer szerint [13]. A szakirodalom elemzését négy lépésben végeztük el (1. ábra).



1. ábra: A kutatási folyamat lépései

1. konceptualizáció: a kutatás kivitelezésének tervét, valamint a kutatás kritériumait foglalja magában. A kutatási kérdés szempontjából releváns irodalom azonosítása érdekében az alábbi szempontokat határoztuk meg:

- *Kutatási fókusz*: a kutatás során olyan folyóiratcikkeket vizsgáltunk, amelyek a városi személyszállítást, valamint a közlekedési rendszer működését befolyásoló jelenségeket (pl. technológiai, társadalmi-gazdasági, környezeti hatások) tárják fel.
- *Időbeliség*: az aktuális kutatói álláspontok feltárása érdekében az elemzést a 2012-2019 között publikált folyóiratoka korlátoztuk.
- *Megbízhatóság*: a források kiválasztása során kizárólag nemzetközi (angol nyelvű), lektorált folyóiratokat tekintettünk át.

A kutatáshoz a legátfogóbb adatbázisokat (Google Scholar, Science Direct, Springer, Tandfonline, Scopus, ResearchGate, Microsoft Science, IEEE Xplore, Web of Science) alkalmaztuk, amelyek megbízhatóak és könnyen elérhetőek. A feltárandó témakör komplexitásából adódóan 10 kulcsszó alkalmazásával (1. táblázat) kezdődött a keresési folyamat 2019 szeptemberében.

1. táblázat: Szakirodalomkeresés során alkalmazott kulcsszavak listája

	Alkalmazott kulcsszavak	Releváns találatok száma
1	future transport	8
2	future mobility	6
3	future urban mobility	8
4	urban transport transition	22
5	scenarios mobility	16
6	alteration urban mobility	5
7	urban mobility 2030	4
8	mobility trends	2
9	autonomous vehicles	7
10	self-driving cars	2
Σ	**10**	**80**

A kulcsszavas keresés segítségével 80 relevánsnak értékelt folyóiratot azonosítottunk.

2. kiválasztás: a folyóiratokat szintetizáltuk két fázisból álló szűrési folyamattal:

- *1. fázis: absztraktalapú értékelés:* a cikkek relevanciájának értékelése az absztraktok tartalmának vizsgálatával. Az első áttekintés után a megfelelőnek minősített cikkek száma 80-ról 65-re csökkent.
- *2. fázis: tartalomalapú elemzés:* a cikkek alkalmasságának pontosítása a teljes tartalom elemzésével. Öt cikket a konceptualizáció során meghatározott kritériumok alapján irrelevánsnak ítéltünk, így a vizsgálatba vont cikkek száma 60-ra csökkent [2-7], [9-63].

3. kvalitatív elemzés: az elemzés során a városi személyszállítás jövőjét befolyásoló tendenciák (közlekedési rendszer sajátosságai, feltörekvő innovációk, szektor környezetterhelése, fogyasztói [utazói]

magatartás) vizsgálatával kezdtük. Az elemzés kvalitatívnak tekinthető, mivel a központi jelenség értékelése nem mennyiségi adatok alapján, hanem kvalitatív ismérvek mentén valósult meg, amely a vizsgált témakör általános megértéséhez és magyarázatához járul hozzá [14].

4. forgatókönyv-alkotás: négy (al)lépést különböztettünk meg (2. ábra).

2. ábra: Forgatókönyv-alkotás folyamata

4.1. kiválasztás: A kvalitatív elemzés során 11 folyóiratcikk [15-26] esetében, összesen 37 különböző forgatókönyvet (változatot) azonosítottunk. A forgatókönyvek a jövőbeli változások leírására alkalmasak, melyek elősegíthetik az iparági változásokra való felkészülést [27]. A közlekedési ágazat esetében különösen nagy kihívást jelentenek az átalakulási folyamatok előrejelzése, hiszen a technológiai változásokon túl a fogyasztói magatartás folyamatos átalakulása is jelentős befolyással bír.

4.2. általános elemzés: a figyelembe vett szempontok a következők:

- *forgatókönyv fókusza*: más kutatók forgatókönyv-alkotási logikájának feltárása (pl. kulcsváltozók, melyek a jövő városi személyközlekedését formálhatják),
- *publikáció helye, ideje*: az idő szerepének feltárása a mobilitási trendek értelmezésében, illetve a területi különbségek azonosítása.

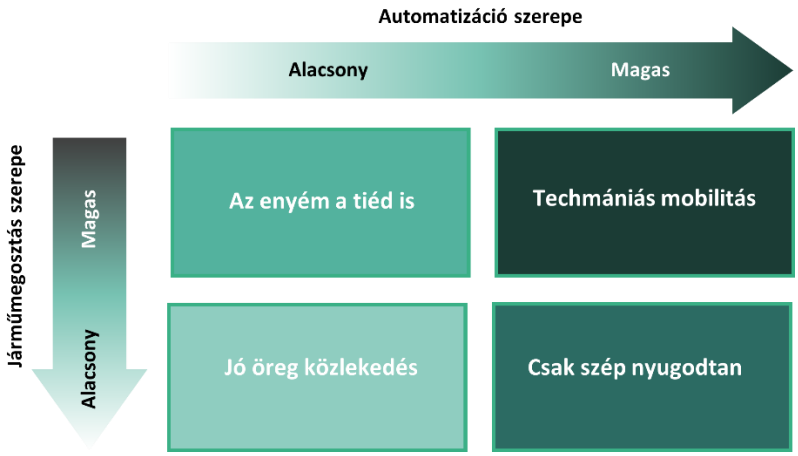
4.3. kritériumok meghatározása: az azonosított forgatókönyvek kategorizálása érdekében. A forgatókönyveket először az általános ismérvek alapján csoportosítottuk, melynek során különös hangsúlyt kaptak a gazdasági (pl. domináns piaci szereplők), közlekedési (jelentősebb mobilitási szolgáltatások) és környezeti aspektusok (pl. iparági CO_2 kibocsátás változása).

4.4. fejlődési irányok definiálása: a végső csoportosítást, ezzel együtt pedig az új forgatókönyveket a vezető innovációk szerepe szerint határoztuk meg.

2. Eredmény – forgatókönyvek

A forgatókönyvek kiértékelése után a két leginkább meghatározó innovációként az automatizáció szerepét, valamint a személygépjármű használat módját (járműmegosztás vs. egyéni gépjárműhasználat) azonosítottuk, ezért e két ismérv mentén valósult meg az új forgatókönyvek létrehozása (3. ábra).

3. ábra: Új forgatókönyvek a két meghatározó innováció mentén



2.1 Forgatókönyvek jellemzése

2.1.1 Jó öreg közlekedés

Általános jellemzés

A „Jó öreg közlekedés” elnevezésű forgatókönyvben a jelenlegihez nagyon hasonló városi közlekedési rendszer valósulna meg. Noha az előrejelzés a közforgalmú közlekedést is a legfontosabb helyváltoztatási lehetőségek között tartja számon, a domináns közlekedési eszközök a magántulajdonban levő személygépjárművek maradnak. A megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatások csak egy szűk szegmens (elsősorban a Z generáció) számára vonzó lehetőség. Az automatizáció fejlesztésében nem várható áttörés, a jelenleg kereskedelemben kapható, részben automatizált járművek értékesítése változatlan marad, a technológia magasabb szintű elterjedése rendkívül lassú.

Kihívások a közlekedésben

A saját tulajdonban levő személygépkocsik gyakori használata miatt a túlzsúfolt utak, torlódások továbbra is a városi közlekedés megoldatlan problémái. A véges kapacitású közúti infrastruktúra, valamint az elavult mobilitási szolgáltatások (közforgalmú közlekedés figyelemre méltó újítások nélkül) megnehezítik a személyszállítást a nagyobb városokban. A hagyományos járművek (belső meghajtású motorok) fennmaradó dominanciája miatt az iparág környezetterhelése továbbra is jelentős.

Társadalmi-gazdasági szempontok

Gazdasági szempontból a szereplők közötti kommunikáció hiánya, illetve a csökkenő együttműködés jellemző. A progresszív jogalkotás és a támogató politika hiányzik, ezért az önvezető járművek és más innovatív mobilitási megoldások terjedése jelentős korlátokba ütközik. A lassú fejlődés elsősorban a rugalmatlan fogyasztói magatartásnak tudható be. A fogyasztók a legkényelmesebb helyváltoztatási eszközként továbbra is a személygépjárműveket tartják, valamint a járműbirtoklás továbbra is jelentős státuszszimbólum. A társadalom a megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatásokat csupán addig tartja hasznosnak, míg lehetőség nem nyílik saját gépjármű vásárlására és fenntartására. Az önvezető járművek elterjedését gátló tényező, hogy ezekről csak kevés információ áll rendelkezésre, ebből adódóan pedig a társadalom inkább csak luxustermékként tekint a technológiára.

2.1.2 Csak szép nyugodtan

Általános jellemzés

Az „Csak szép nyugodtan” forgatókönyv hasonlít a „Jó öreg közlekedés” forgatókönyvhöz, ugyanakkor ebben a forgatókönyvben néhány jelentősebb változás is észlelhető a vizsgált átmenet során. Noha a domináns közlekedési eszköz továbbra is a magántulajdonban levő gépjármű (kiegészítve a közforgalmú közlekedéssel), a hagyományos járműmeghajtás mellett egyre inkább előtérbe kerülnek az elektromos járművek, valamint erősödik a megosztott mobilitási szolgáltatások szerepe is. Az automatizálás terjedése továbbra is lassú, gyorsabb fejlődés kizárólag az USA-ban, Kínában és Japánban várható. A személygépjárművek túlzott használata miatt a környezeti és közlekedési problémák (torlódások) továbbra is megoldatlanok.

Kihívások a közlekedésben

A közlekedési problémák továbbra is jelentősek, de néhány előremutató intézkedés enyhíti a legsúlyosabbakat. Például: zónakorlátozások bevezetése a városi gépjárműforgalom és légszennyezés csökkentése érdekében. A foglalkoztatás atipikus formái, mint a rugalmasabb munkaidő és a távmunka erősödik, mely az utazási szükségletet és a fogyasztói ráfordításokat is nagymértékben csökkenti, továbbá a torlódások enyhe visszaesését is eredményezi. Az elektromos járművek használatának minimális növekedése miatt az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának növekedési üteme is lassul.

Társadalmi-gazdasági szempontok

Az iparág vezető szereplői továbbra is az olajtársaságok és a gépjárműgyártók, valamint a közforgalmú közlekedésért felelős társaságok, ugyanakkor az elektromos és önvezető járműveket gyártó vállalatok piaci részesedése is minimálisan növekszik. Az életszínvonal általános javulása miatt az európai országokban egyre többen tehetik meg, hogy autót vásároljanak, ami az alternatív megoldások (pl. járműmegosztás) szerepét gyengíti.

2.1.3 Az enyém a tiéd is

Általános jellemzés

„Az enyém a tiéd is” forgatókönyvben a mai közlekedési helyzethez képest jelentős változás figyelhető meg. A megosztáson alapuló mobilitási szolgáltatások jelentős átalakító erővel bírnak az ágazatban. A megosztott járművekkel együtt az elektromos meghajtású járművek terjedése is elindul, ami pedig a hagyományos meghajtású járműgyártás visszaesését eredményezi. Az automatizáció intenzív előretörése ebben a jövőképben nem jut releváns szerephez. A járműmegosztás erős szerepe csökkenti a közlekedési problémákat, továbbá a szektor környezetre gyakorolt negatív hatása is jelentősen visszaesik.

Kihívások a közlekedésben

A megosztott mobilitási szolgáltatások mellett az egyéb szolgáltatások (pl. vasúti közlekedés, közforgalmú közlekedés, mikromobilitás – kerékpárok, e-kerékpárok, e-robogók stb.) integrálva szolgálják a városi közlekedők igényeit, ezzel elősegítve a „háztól házig” megoldásokat. Teret nyer a mobilitás mint szolgáltatás (MaaS) koncepció gyakorlati megvalósítása. Az integrált közlekedési csomagok megteremtéséhez szükséges infrastrukturális fejlesztések folyamatosak, a javuló színvonalú mobilitási szolgáltatások hatására a személygépjárművek iránti igény jelentősen visszaesik. A szén-dioxid kibocsátás minimalizálása érdekében a városi közlekedés szigorú szabályokhoz van kötve: „autómentes” (jelentősen csökkentett gépjárműforgalmú) belvárosi területek, hagyományos meghajtású járművek belépését korlátozó zónák.

Társadalmi-gazdasági szempontok

A forgatókönyv egy jelentősen átalakult városi mobilitás képét vázolja fel. A napi ingázók jelentős része utazási igényeik kielégítése céljából közös használatú járműveket vesz igénybe, illetve a közforgalmú közlekedés szerepe is tovább erősödik. A hagyományos iparági szereplők mellett a megosztott és elektromos mobilitási szolgáltatásokat kínáló szereplők egyre erősebbé válnak, az olajtársaságok iparági penetrációja pedig folyamatosan csökken. A társadalom jelentős részére a környezettudatos fogyasztói attitűd jellemző, mely csökkenő mobilitási igényeket eredményez, valamint a fogyasztók egyre kevésbé vágynak a saját járműbirtoklásra. Az erőteljes individualizáció és a rugalmas foglalkoztatás miatt a magánélet és a munka közötti határok elmosódnak, amely számos előnyt jelent mind a fogyasztók (csökkenő utazási szükséglet és ráfordítás), mind pedig a közlekedési szektor (optimalizált utasforgalom és kapacitáskihasználtság) számára.

2.1.4 Techmániás mobilitás

Általános jellemzés

A „Techmániás mobilitás” forgatókönyv vetíti előre a legintenzívebb átalakulást. A technológiai fejlődés rendkívüli hatást gyakorol a városi személyközlekedés átalakulására, a fogyasztói szokásokra és az egyéni döntéshozatalra. Az automatizált és az elektromos járművek piaci szerepe folyamatosan erősödik. A magas szinten önvezető járművek széles körben elérhetővé válnak. A közlekedés károsanyag-kibocsátása minimálisra csökken, a megosztott, autonóm és összekapcsolt járművek miatt a közlekedési problémák (pl. torlódások) gyakorlatilag megszűnnek.

Kihívások a közlekedésben

Az önvezető járművek intenzív terjedése mellett az alacsonyabb automatizáltsági szintjen lévő járművek használata is jellemző. A teljes automatizáció intenzív terjedése ugyanakkor nagyban hozzájárul a városi terek funkcióváltásához, kevesebb parkolóhelyre lesz szükség, az így felszabadult területek alternatív módon hasznosíthatók (pl. parkosítás, gyalogosforgalom). A technológiai innovációk hatására a városi közlekedés csökkenő (negatív) hatást gyakorol a környezetre, jelentősen csökken a szektor károsanyag-kibocsátása.

Társadalmi-gazdasági szempontok

A piacot az elektromos és önvezető gépjárműgyártók, valamint a mobilitási szolgáltatásokat irányító társaságok uralják. A fogyasztók alacsony kibocsátású mobilitási módokra váltanak, egyre kevésbé jellemző a saját járműbirtoklás. Az önvezető járműveknek köszönhetően az utazók függetlenné válnak, előnyben részesítik az integrált és digitalizált mobilitási megoldásokat (MaaS szolgáltatások, e-jegyek, valós idejű információ stb.) A teljesen önvezető járművek terjedésének köszönhetően a vezetői engedély nélküli vagy csökkent mozgásképességű utazók is önállóan, akadálymentesen elégíthetik ki utazási

szükségleteiket. Az önvezető járművek használata növeli az utazási idő produktivitását a fedélzeti tevékenységek körének bővülésével (pl.: utazás alatt végezhető munka, szabadidős tevékenységek digitális eszközök segítségével). Összességében a vezető innovációk (elektromos, megosztott és önvezető járművek) nagymértékben növelik a fogyasztói elégedettséget és optimalizálják a városi közlekedési rendszert.

2.2 A forgatókönyvek jelentősége

A szakirodalmi előrejelzések szerepe az új forgatókönyvekben

Az előrejelzések 43%-a a megosztáson alapuló közlekedés növekvő szerepét jelzi előre („Az enyém a tiéd is" forgatókönyv). A szakirodalom forgatókönyveinek 24%-a a „Jó öreg közlekedés" csoportba tartozik. Az előretekintő, de lassú ütemű „Csak szép nyugodtan" forgatókönyv az összes forgatókönyv 14%-át alkotja. A forgatókönyvek fennmaradó 19%-a a „Techmániás mobilitás" csoport ismertetőjegyeit hordozza. Összességében megállapítottuk, hogy a megosztott mobilitás szerepe jelentős a kézzelfogható jövő közlekedésében, ugyanakkor a „Jó öreg közlekedés" és a „Csak szép nyugodtan" forgatókönyvek aránya alapján lassabb, inkrementális átmenet várható.

A belátható jövő

Az eredmények alapján a közlekedés jövőjével kapcsolatos előrejelzések bizonytalansága magas. A szakirodalom-elemzés során feltárt forgatókönyvek alapján 2030-ra nincs egy egységes nézőpont a közlekedés fejlődésének lehetséges irányáról. Figyelemre méltó a „Csak szép nyugodtan" forgatókönyvbe tartozó előrejelzések dominanciája, amely a lassú átmenet valószínűségére utal. A szakirodalom-elemzés alapján feltehető, hogy a megosztott mobilitás az elkövetkező évtizedben növekedni fog, mindemellett az automatizáció lassú ütemű fejlődése is várható. Ezt alátámasztja, hogy a 2030-ra vonatkozó jövőképek 71% -a tartozik az „Az enyém a tiéd is", valamint a „Techmániás mobilitás" forgatókönyvekhez.

Fókuszpontok változása a publikálás ideje alapján

Az utóbbi néhány évben jelentős változás figyelhető meg a kutatók innovatív technológiáról alkotott elképzeléseiben. Az eredmények alapján a korábbi publikációkban a „Jó öreg közlekedés" jövőkép alapját képező forgatókönyvek szerepe sokkal nagyobb volt, mint az utóbbi néhány évben. Az utóbbi években jelentősen nőtt azoknak a cikkeknek a száma, amelyek a megosztott mobilitást helyezik előtérbe. Továbbá, a „Techmániás mobilitás" alapú elképzelések kizárólag az utóbbi néhány évben (2017 után) publikált irodalomban jelentek meg.

Konklúzió

Irodalomkutatás alapján a városi mobilitás átalakulásának lehetséges irányait azonosítottuk, kiemelve a feltörekvő mobilitási jelenségek alapvető jellemzőit és a várható, elsősorban városi személyközlekedési rendszerre és fogyasztói magatartásra gyakorolt hatásait.

A kiválasztott dokumentumok áttekintése után 37 forgatókönyvet azonosítottunk és elemeztünk, melyek a városi személyközlekedés jövőjének lehetséges fejlődési irányait vizsgálják. A kvalitatív elemzéssel négy forgatókönyvet azonosítottunk az automatizálás és a járműmegosztás változó szerepe mentén. Az eredmények megerősítették, hogy a közlekedés és a környezeti problémák mértéke nagyban függ a megosztáson alapuló közlekedés és az önvezető technológia terjedésétől. A megosztott és önvezető járművek jelentősen megváltoztathatják az utazás módját, növelik az utazók (például vezetői engedéllyel nem rendelkezők, mozgáskorlátozottak) függetlenségét, valamint magasabb automatizáció szintjén az utazási idő is felértékelődhet (az utazás alatt végezhető tevékenységek köre bővül[1]).

Összességében a szakirodalomelemzés rávilágított, hogy a városi személyközlekedési rendszer várhatóan lassú, fokozatos átalakuláson megy keresztül a közeljövőben. Ez alapján 2030-ra a „Csak szép nyugodtan" és „Az enyém a tiéd is" forgatókönyv köztes állapota jelezhető előre. Az önvezető járművek szerepe azonban nagymértékben függ a társadalom technológiaelfogadásától, ezért különös figyelmet szükséges fordítani a kutatások során az ezt befolyásoló tényezők mélyreható tanulmányozására és a társadalmi szempontok modellezésére. Az újonnan létrehozott négy forgatókönyv kiindulópontként szolgálhat további, az innovatív mobilitási megoldások szerepét vizsgáló kutatásokhoz.

[1] Vö. Munkácsy és mtsai. *Utazás közbeni tevékenységek leltára* c. előadása (és cikke) a jelen konferencián.

Köszönetnyilvánítás

Az NKFIH-869-10/2019 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

[1] Csonka B. – Csiszár Cs.: Determination of Charging Infrastructure Locations for Electric Vehicles. Transportation Research Procedia, 27:768–775, 2017. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.115
[2] Marletto, G. Who will drive the transition to self-driving? A socio-technical analysis of the future impact of automated vehicles. Technological Forecasting and Social Change. (2019) 139, 221-234. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.10.023
[3] Nijkamp, P. – Kourtit, K. The "New Urban Europe": Global challenges and local responses in the urban century. European Planning Studies. (2013) 21(3), 291-315. DOI: 10.1080/09654313.2012.716243
[4] Melander, L. Scenario development in transport studies: methodological considerations and reflections on Delphi studies. Futures. (2018) 96, 68-78. DOI: 10.1016/j.futures.2017.11.007
[5] Tromaras, A., Aggelakakis, A., Hoppe, M., Trachsel, T., & Anoyrkati, E. Future technologies in the EU transport sector and beyond: an outlook of 2020–2035. In The 4th Conference on Sustainable Urban Mobility. (2018, May) (pp. 722-729). Springer, Cham.
[6] Bagloee, S. A – Tavana, M., & Asadi, M. & Oliver, T. Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. Journal of modern transportation. (2016) 24(4), 284-303. DOI 10.1007/s40534-016-0117-3
[7] L'Hostis, A., Chalkia, E., de la Cruz, M. T., Müller, B., – Keserű I. Societal Trends Influencing Mobility and Logistics in Europe: A Comprehensive Analysis. In Towards User-Centric Transport in Europe. (2019). (pp. 31-49). Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-99756-8_3
[8] Winkler Á. Collecting public transport passenger preference data online, Pollack Periodica, 5(2):119-126. 2010. DOI: 10.1556/Pollack.5.2010.2.12
[9] Lyons, G. Getting smart about urban mobility–aligning the paradigms of smart and sustainable. Transportation Research Part A: Policy and Practice. (2018) 115, 4-14. DOI: 10.1016/j.tra.2016.12.001
[10] Nikitas, A., Kougias, I., Alyavina, E., – Njoya Tchouamou, E. How can autonomous and connected vehicles, electromobility, BRT, hyperloop, shared use mobility and mobility-as-a-service shape transport futures for the context of smart cities? Urban Science. (2017) 1(4), 36. DOI: 10.3390/urbansci1040036
[11] Kane, M., – Whitehead, J. How to ride transport disruption–a sustainable framework for future urban mobility. Australian Planner. (2017) 54(3), 177-185. DOI: 10.1080/07293682.2018.1424002
[12] Temenos, C., Nikolaeva, A., Schwanen, T., Cresswell, T., Sengers, F., Watson, M., & Sheller, M. Theorizing mobility transitions: an interdisciplinary conversation. Transfers. (2017) 7(1), 113-129. DOI: 10.3167/TRANS.2017.070109
[13] Babbie, E. R. (2017). The practice of social research. DOI: 10.2307/1318433
[14] Malhotra, N., Hall, J., Shaw, M., – Oppenheim, P. (2006). Marketing research: An applied orientation. Pearson Education Australia.
[15] Marletto, G. Car and the city: Socio-technical transition pathways to 2030. Technological Forecasting and Social Change. (2014) 87, 164-178. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.12.013
[16] Pernestål Brenden, A., Kristoffersson, I., – Mattsson, L. G. Future scenarios for self-driving vehicles in Sweden. (2017).
[17] Zmud, J., Ecola, L., Phleps, P., – Feige, I. The future of mobility: Scenarios for the United States in 2030. (2013) RAND Corporation.
[18] Madigan, R., Louw, T., Wilbrink, M., Schieben, A., – Merat, N. What influences the decision to use automated public transport? Using UTAUT to understand public acceptance of automated road transport systems. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour. (2017) 50, 55-64. DOI: 10.1016/j.trf.2017.07.007
[19] Milakis, D., Snelder, M., van Arem, B., van Wee, B., – de Almeida Correia, G. H. Development and transport implications of automated vehicles in the Netherlands: scenarios for 2030 and 2050. European Journal of Transport and Infrastructure Research. (2017) 17(1). DOI: 10.18757/ejtir.2017.17.1.3180

[20] Shergold, I., Lyons, G., – Hubers, C. Future mobility in an ageing society–Where are we heading? Journal of Transport & Health. (2015) 2(1), 86-94. DOI: 10.1016/j.jth.2014.10.005
[21] Schippl, J., Gudmundsson, H., Sørensen, C. H., Anderton, K., Brand, R., Leiren, M. D., – Reichenbach, M. (2016). Different pathways for achieving cleaner urban areas: a roadmap towards the white paper goal for urban transport. Transportation Research Procedia, 14, 2604-2613.
[22] Yamagata, Y., – Seya, H. Simulating a future smart city: An integrated land use-energy model. Applied Energy. (2013). 112, 1466-1474. DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.01.061
[23] Ecola, L., Zmud, J., Gu, K., Phleps, P., – Feige, I. The future of mobility: Scenarios for China in 2030. (2015) Rand Corporation.
[24] Keserű I., Coosemans, T., – Macharis, C. Building scenarios for the future of transport in Europe: The Mobility4EU approach. In Towards User-Centric Transport in Europe. (2019) (pp. 15-30). Springer, Cham.
[25] Newman, D., Wells, P., Donovan, C., Nieuwenhuis, P., – Davies, H. Urban, sub-urban or rural: where is the best place for electric vehicles. International Journal of Automotive Technology and Management. (2014). 14(3/4), 306-323.
[26] Clements, L. M., – Kockelman, K. M. Economic effects of automated vehicles. Transportation Research Record, (2017) 2606(1), 106-114. DOI: 10.3141/2606-14
[27] Hensher, D. A. Future bus transport contracts under a mobility as a service (MaaS) regime in the digital age: Are they likely to change? Transportation Research Part A: Policy and Practice. (2017) 98, 86-96. DOI: 10.1016/j.tra.2017.02.006
[28] Aparicio, Á. Transport adaptation policies in Europe: from incremental actions to long-term visions. Transportation research procedia. (2017) 25, 3529-3537. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.277
[29] Barreto, L., Amaral, A., – Baltazar, S. Urban mobility digitalization: towards mobility as a service (MaaS). In 2018 International Conference on Intelligent Systems (IS) (2018, September) (pp. 850-855). IEEE. DOI: 10.1109/IS.2018.8710457
[30] Bergman, N., Schwanen, T., – Sovacool, B. K. (2017). Imagined people, behaviour and future mobility: Insights from visions of electric vehicles and car clubs in the United Kingdom. Transport Policy, 59, 165-173.
[31] Bohnes, F. A., Gregg, J. S., – Laurent, A. Environmental impacts of future urban deployment of electric vehicles: assessment framework and case study of Copenhagen for 2016–2030. Environmental science & technology. (2017) 51(23), 13995-14005. DOI: 10.1021/acs.est.7b01780
[32] Burns, L. D. Sustainable mobility: a vision of our transport future. (2013) Nature, 497(7448), 181. DOI: 10.1038/497181a
[33] Currie, G. Lies, damned lies, AVs, shared mobility, and urban transit futures. Journal of Public Transportation. (2018) 21(1), 3. DOI: http://doi.org/10.5038/2375-0901.21.1.3
[34] Dey, K., Fries, R., – Ahmed, S. Future of transportation cyber-physical systems–Smart cities/regions. In Transportation Cyber-Physical Systems (2018) (pp. 267-307). Elsevier.
[35] Dia, H. Rethinking urban mobility: unlocking the benefits of vehicle electrification. In Decarbonising the Built Environment (2019) (pp. 83-98). Palgrave Macmillan, Singapore. DOI: 10.1007/978-981-13-7940-6_5
[36] Fagnant, D. J., – Kockelman, K. Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. Transportation Research Part A: Policy and Practice (2015) 77, 167-181. DOI: 10.1016/j.tra.2015.04.003
[37] Freudendal-Pedersen, M., Kesselring, S., – Servou, E. What is smart for the future city? Mobilities and automation. Sustainability. (2019) 11(1), 221. DOI: 10.3390/su11010221
[38] Hensher, D. A. Future bus transport contracts under a mobility as a service (MaaS) regime in the digital age: Are they likely to change? Transportation Research Part A: Policy and Practice. (2017) 98, 86-96. DOI: 10.1016/j.tra.2017.02.006
[39] Kamargianni, M., Li, W., Matyas, M., – Schäfer, A. A critical review of new mobility services for urban transport. Transportation Research Procedia. (2016) 14, 3294-3303. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.277
[40] Kaufmann, V., – Ravalet, E. From weak signals to mobility scenarios: A prospective study of France in 2050. Transportation research procedia. (2016) 19(CONF), 18-32. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.12.064
[41] Lah, O., Fulton, L., – Arioli, M. Decarbonization scenarios for transport and the role of urban mobility. In Sustainable Urban Mobility Pathways. (2019) (pp. 65-80). Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-814897-6.00003-X

[42] Liyanage, S., Dia, H., Abduljabbar, R., – Bagloee, S. A. Flexible Mobility On-Demand: An Environmental Scan. Sustainability. (2019) 11(5), 1262. DOI: 10.3390/su11051262
[43] Liyanage, S., Dia, H., Abduljabbar, R., – Bagloee, S. A. Flexible Mobility On-Demand: An Environmental Scan. Sustainability. (2019) 11(5), 1262. DOI: 10.3390/su11051262
[44] Lyons, G., – Davidson, C. Guidance for transport planning and policymaking in the face of an uncertain future. Transportation Research Part A: Policy and Practice. (2016) 88, 104-116. DOI: 10.1016/j.tra.2016.03.012
[45] Maraš, V., Bugarinović, M., Anoyrkati, E., – Avarello, A. Megatrends, a Way to Identify the Future Transport Challenges. In The 4th Conference on Sustainable Urban Mobility. (2018, May) (pp. 223-232). Springer, Cham.
[46] Melander, L., Dubois, A., Hedvall, K., – Lind, F. Future goods transport in Sweden 2050: Using a Delphi-based scenario analysis. Technological Forecasting and Social Change. (2019) 138, 178-189. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.08.019
[47] Ravazzoli, E., – Torricelli, G. P. Urban mobility and public space. A challenge for the sustainable liveable city of the future. The Journal of Public Space. (2017). 2(2), 37-50. DOI: 10.5204/jps. v2i2.91
[48] Rode, P., Hoffmann, C., Kandt, J., Graff, A., – Smith, D. Towards new urban mobility: the case of London and Berlin. (2015).
[49] Schuckmann, S. W., Gnatzy, T., Darkow, I. L., – Heiko, A. Analysis of factors influencing the development of transport infrastructure until the year 2030—A Delphi based scenario study. Technological Forecasting and Social Change. (2012) 79(8), 1373-1387. DOI: 10.1016/j.techfore.2012.05.008
[50] Smith, G., Sochor, J., – Karlssona, M. Mobility as a Service: Implications for future mainstream public transport. (2017).
[51] Speranza, M. G. Trends in transportation and logistics. European Journal of Operational Research. (2018) 264(3), 830-836. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.08.032
[52] Tokody, D., – Mezei, I. J. Creating smart, sustainable and safe cities. In 2017 IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY) (2017, September) (pp. 000141-000146). IEEE. DOI: 10.1109/SISY.2017.8080541
[53] Wegener, M. The future of mobility in cities: Challenges for urban modelling. Transport Policy. (2013) 29, 275-282. DOI: 10.1016/j.tranpol.2012.07.004
[54] Wittstock, R., & Teuteberg, F. Transforming urban public mobility: A systematic literature review and directions for future research. Proceedings zur Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI), Lüneburg. (2018).
[55] Zawieska, J., – Pieriegud, J. Smart city as a tool for sustainable mobility and transport decarbonisation. Transport Policy. (2018) 63, 39-50. DOI: 10.1016/j.tranpol.2017.11.004
[56] Hensher, D. A. (2017). Future bus transport contracts under a mobility as a service (MaaS) regime in the digital age: Are they likely to change? Transportation Research Part A: Policy and Practice, 98, 86-96. DOI: 10.1016/j.tbs.2018.12.004
[57] Jittrapirom, P., Marchau, V., van der Heijden, R., – Meurs, H. (2018). Future implementation of Mobility as a Service (MaaS): Results of an international Delphi study. Travel Behaviour and Society.
[58] Aguiléra, A., – Grébert, J. (2014). Passenger transport mode share in cities: exploration of actual and future trends with a worldwide survey. International Journal of Automotive Technology and Management, 14(3-4), 203-216. DOI: 10.1504/IJATM.2014.065290
[59] Canitez, F. (2019). Pathways to sustainable urban mobility in developing megacities: A socio-technical transition perspective. Technological Forecasting and Social Change, 141, 319-329. DOI: 10.1016/j.techfore.2019.01.008
[60] Terama, E., Peltomaa, J., Rolim, C., – Baptista, P. (2018). The Contribution of Car Sharing to the Sustainable Mobility Transition. Transfers, 8(2), 113-121. DOI: 10.3167/TRANS.2018.080207
[61] Standing, C., Standing, S., – Biermann, S. (2019). The implications of the sharing economy for transport. Transport Reviews, 39(2), 226-242. DOI: 10.1080/01441647.2018.1450307
[62] Behrendt, F. (2018). Why cycling matters for electric mobility: towards diverse, active and sustainable e-mobilities. Mobilities, 13(1), 64-80. DOI: 10.1080/17450101.2017.1335463
[63] Kivimaa, P., – Virkamäki, V. (2014). Policy mixes, policy interplay and low carbon transitions: the case of passenger transport in Finland. Environmental Policy and Governance, 24(1), 28-41. DOI: 10.1002/eet.1629

A motorkerékpáros közlekedés fejlesztésének lehetőségei a Rendőrség látószögéből

Homonnai Péter

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdaságtan Tanszék
telefon: 06-30-323-86-04
e-mail: homonnai.peter@mail.bme.hu

Kivonat: a hazai közúthálózaton a motorkerékpáros közlekedés jelenleg inkább hobby, mint életforma, azonban a balesetekben bekövetkezett 10%-os részvételi arányuk mindenképpen indokolja annak vizsgálatát, hogy hogyan tudnánk azt a lehető legbiztonságosabbá tenni. A mai korszerű és technikailag jól felszerelt, nagy teljesítményű motorkerékpárok járműtechnikai kezelése, közúti közlekedésben való alkalmazása hatékony felkészülést igényel. Ezért a járművezetőknek életbevágóan fontos, hogy felgyorsult közlekedésünk kihívásaira megfelelően tudjanak reagálni.

Kulcsszavak: közlekedés biztonság, motorkerékpáros közlekedés, baleseti elemzés, oktatásmódszertan, hatósági együttműködés

Bevezetés

Napjaink és dinamikusan növekvő motorkerékpár használata, azok nagyobb teljesítménye és a fejlődő szakaszában lévő motoros kultúra miatt fontos téma a motorkerékpáros balesetek elemzése, azok megelőzésének csökkentése. A motorkerékpáros közlekedés virágkorát éli Magyarországon és Európa közútjain, azonban hazánkban még mindig csak kialakulóban lévő motoros közlekedési kultúráról beszélhetünk. Nélkülözhetetlen, hogy már a jogosítvány megszerzésénél a lehető legjobb alapokat teremtsük meg és a megfelelő tudást adjuk át a motorozni vágyóknak, akik később az itt megszerzett gyakorlati tapasztalataikat fejleszthetik tovább. Ehhez azonban magas szakmai háttérrel és a megfelelő gyakorlati tudással rendelkező közlekedési szakemberekre van szükség.

A motorkerékpárral történő közlekedés komolyabb körültekintést, figyelmet és több önuralmat igényel, mint a személygépkocsi vezetése. A motorosok nagyobb teljesítményt kell, hogy uraljanak, ezzel együtt az egyik legsérülékenyebb résztvevői is a közlekedésnek. Az irányadó európai uniós álláspont szerint egy motorkerékpáros (segédmotor-kerékpáros) halálozási kockázata 18-szor nagyobb, mint egy személygépkocsi-vezetőé. [1]

Ez a kiemelt kockázati tényező a gépkocsira jellemző passzív biztonsági eszközök hiányából, a méretbeli különbségek miatti korlátozottabb észlelhetőségből, vezetés-technikai hibából és a motor instabilitásából adódik.

Kutatásom mind a tanuló, mind a szakoktató szemszögéből vizsgálja a képzés gyakorlati lebonyolítását, kitér a jogszabályi keretekre, alkalmazhatóságuk hatékonyságára. Betekint a szakoktató képzés alapjaiba, a képzésben való részvétel szigorú feltételeire, illetve saját tapasztalataimból merítve szubjektív megfogalmazásokat, javaslatokat tesz a rendszer hatékonyabb működésére. Kidolgoz egy másféle értékelési, minősítési módszert, amivel objektív módon lehetne mérni a képességeket, továbbá a képességek változását a gyakorlás és a vizsga folyamán.

1. Az “A” kategóriás vezetői engedély

Az elmúlt évek során több alkalommal módosította a jogalkotó a motorkerékpár vezetéséhez szükséges feltételeket és a vezetői engedélybe bejegyezhető kategóriák típusait, ezért szükséges áttekinteni, hogy a jelenleg érvényes szabályozás szerint ki és milyen kategóriájú motorkerékpárt vezethet.

A motorkerékpár vezetésének jogszabályi feltételeit a 326/2011. (XII.28) Kormányrendelet szabályozza. A rendelet létrehozását (egyebek mellett) az Európai Parlament és a Tanács vezetői engedélyekről szóló 2006/126/EK irányelveknek való megfelelés indokolta.

Ennek alapján „AM" kategóriába tartoznak a segédmotoros kerékpárok (robogók), ami magában foglalja a kétkerekű segédmotoros kerékpárokat (L1e kategória), a háromkerekű segédmotoros kerékpárokat (L2e kategória), amelyek legnagyobb tervezési sebessége 45 km/h (a 25 km/h-nál alacsonyabb, vagy azzal megegyező legnagyobb tervezési sebességű segédmotoros kerékpárok kivételt képeznek), és az alábbi jellemzőkkel rendelkeznek:

„a) kétkerekű típusnál a motor:

- *hengerűrtartalma nem nagyobb 50 cm3-nél a belsőégésű motorok esetében, vagy*
- *folyamatosan leadott legnagyobb névleges teljesítménye nem több 4 kW-nál elektromos motor esetében;*

b) háromkerekű típusnál a motor:

- *hengerűrtartalma nem nagyobb 50 cm3-nél a külső gyújtású motorok esetében,*
- *legnagyobb hasznos teljesítménye nem több 4 kW-nál egyéb belsőégésű motorok esetében, vagy*
- *folyamatosan leadott legnagyobb névleges teljesítménye nem több 4 kW-nál elektromos motorok esetében;*

Könnyű négykerekű motorkerékpárok, amelyek terheletlen tömege kevesebb 350 kg-nál (L6e kategória), a 45 km/h-t meg nem haladó legnagyobb tervezési sebességű elektromos járművek esetében az akkumulátorok tömegét nem számítva, és amelyek

- *hengerűrtartalma nem nagyobb 50 cm3-nél a külső gyújtású motorok esetében;*
- *legnagyobb hasznos teljesítménye nem több 4 kW-nál egyéb belsőégésű motorok esetében, vagy folyamatosan leadott legnagyobb névleges teljesítménye nem több 4 kW-nál elektromos motorok esetében." [2]*

Az „AM" kategória 2013. január 19-től lépett életbe, korábban ez nem létezett. A nemzetközi követelményeknek megfelelően a megszűnő „M"(moped) kategóriát váltotta. [3]

Az „A1" korábban is létező alkategória volt, 2013. január 19-től annyival egészült ki a korábbi szabályozás, hogy maximum 0,1 kW/kg teljesítmény/saját tömeg arányú motorkerékpár, illetve 15 kW-ot meg nem haladó teljesítményű motoros tricikli vezethető ezzel az alkategóriával. A vezetett motorkerékpár hengerűrtartalma továbbra is legfeljebb 125 cm3 lehet.

Újdonságként megjelent az „A2" alkategória. Ennek megszerzésével olyan motorkerékpár nyergébe ülhet a motoros, *„amelynek teljesítménye a 35 kW-ot, teljesítmény/ saját tömeg aránya pedig a 0,2 kW/kg-ot nem haladja meg, és amelyet nem kétszer akkora teljesítményű járműből alakítottak át."* [4] Megalkotását szintén a nemzetközi követelményeknek való megfelelés indokolta.

A korábbiakhoz képest nem változott az „A" korlátozott kategória. Ezzel továbbra is maximum 25 kW teljesítményű és 0,16 kW/kg teljesítmény/saját tömeg arányt meg nem haladó motorkerékpár vezethető.

„A" kategória meghatározása korábban (2013. január 19. előtt) a „motorkerékpár" megnevezést takarta. Ez lényegében nem változott, a hatályos kormányrendelet szerint kivételt csak a fent felsorolt kategóriák képeznek. („A1", „A2" és „A" korlátozott kategória, valamint a 15kw-nál nagyobb teljesítményű motoros triciklik.)

1.1 Életkori és jártassági feltételek

Az adott kategóriába tartozó motorkerékpár vezetéséhez a motor teljesítményén túl bizonyos életkori és jártassági feltételeknek is meg kell felelni. A különböző teljesítményű gépi meghajtású járművek vezetéséhez, megtartásához egy kamasz esetében nemcsak a fizikai adottságok, hanem sok esetben képességek is hiányoznak. Az Európai Parlament és a Tanács vezetői engedélyekről szóló 2006/126/EK irányelveknek (10) – (13) pontjaiban ír az életkori határok emelésének és a járművezetési jogosultság fokozatos megszerzésének szükségességéről. [5] Ezért köti a jogalkotó a motorkerékpárok vezetését is életkori és a járműkategóriában szerzett jártassági feltételekhez.

Életkor tekintetében feltétel a 14. életév betöltése az „AM" kategória esetén.

Az „A1” alkategóriába tartozó gépjárművet csak 16. életév, az „A2” és az „A korlátozott” alkategóriába tartozó motorkerékpárt (triciklit vagy quadot) csak 18. életév betöltése után vezethet a motoros. Az a személy, aki motorkerékpár vezetésében nem rendelkezik gyakorlattal, 24. életévének betöltése előtt nem vezethet „A” kategóriába tartozó motorkerékpárt. Viszont itt is szerepet kap az „A2”-es vezetői engedély, hiszen aki annak megszerzése után 2 éves gyakorlatra tett szert – a 24 éves korlátozást felülírva – akár már 20 évesen megszerezheti az „A” kategóriát.

Ez az engedmény a korábbi szabályozásban is létezett. Az akkor még 21 éves kortól megszerezhető „A” kategória, már 18 éves kortól bejegyezhető volt, ha a gépjárművezető két éve rendelkezett „A” korlátozott kategóriával, vagy „A1” alkategóriával. Kiemelném, hogy a jogalkotó 2013. január 19-e előtt az „A” kategória korábbi megszerzéséhez az „A” korlátozott és az „A1” alkategóriákra érvényes vezetői engedély meglétét írta elő, míg a változást követően vezetési gyakorlathoz köti a jogosultságot. Igaz, hogy ez ellenőrizhetetlen, de a jogalkotó utal a vezetési gyakorlat megszerzésének fontosságára. Tehát ezentúl is már 20 évesen felülhet a legnagyobb teljesítményű motorra az, aki 18 éves korában megszerezte az „A2” alkategóriát, majd két évig motorkerékpár közelébe sem ment, de az életkori határok megemelése mindenképpen üdvözlendő dolog. Az a két év, amellyel az előző szabályozáshoz képest később kaphat „A” kategóriát a fiatal, sokat számít abban a pszichés érettségben, amely a nagy teljesítményű motorkerékpár vezetéséhez szükséges.

Jártassági feltételek között már tényszerűen csak azt rögzíti a 326/2011 (XII. 28) Korm. Rendelet, hogy csak az a személy kaphat „A” kategóriára érvényes bejegyzést, aki legalább két éve rendelkezik „A2” alkategóriába tartozó gépjárműre érvényesített bejegyzéssel, vagy a 24. életévét betöltötte, és külön vizsgát tett a kategóriára jellemző vezetői jártasságáról.

(Elgondolkodtató, hogy ebben az esetben, vagyis a 24. életév betöltése után a kormányrendelet nem követel meg korábbi, kisebb kategóriás gyakorlatot.)

2. Módszertan

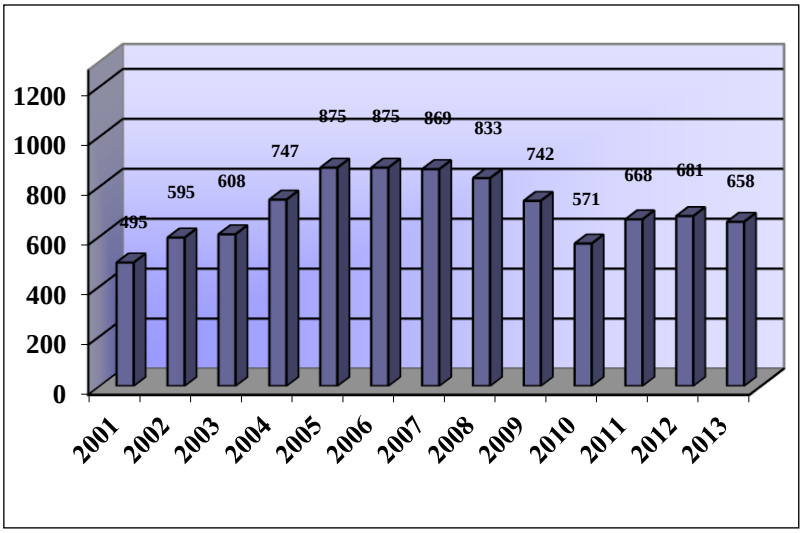
A kutatás alapja a KSH statisztikai, valamint a Közlekedési Alkalmassági és Vizsgaközpont adatbázisa. A kutatás a motorkerékpár vezetők által okozott személysérüléses és halálos kimenetelű balesetek statisztikai vizsgálatára terjedt ki.

- A KSH statisztikai adatbázisban megtalálható balesetekben a motorkerékpár vezetők hibáiból előforduló személyi sérüléssel járó balesetek elemzése
- A motorkerékpáros balesetek számának, a baleset elsődleges oka szerint történő meghatározása.
- A balesetek csökkentése szempontjából legfontosabb baleset fajták megállapítása.
- Az „A” kategóriás képzésben alkalmazott trajektóriák vizsgálata, pályatervezés

3. Kutatási eredmények

Szűkebb kategória, ha azt vizsgáljuk, hogy hány személysérüléses baleset következett be a motorkerékpárt vezető személy hibájából, és mik voltak a baleseti okok. Érdemes megvizsgálni a 2005-2009-es időszakot, ahol a legmagasabb volt a baleseti szám. A 2001-es 495-ös esetszám meredek emelkedést mutat, és majdnem megduplázódik 2005-ig, amikor 875 esetben volt motoros a feltételezett okozó.

A 2005-2007-es évek szintén stagnálást mutatnak, majd 2008-tól kezdődően nagy visszaesés következik: a 2010-ben okozott 571 baleset a 2006-os mutatónak csupán 82 %-a. 2011-től évi 660-680 eset körül állandósult a motorosok által okozott baleseti mutató. (Ez a jelentős csökkenés az objektív törvény bevezetésének köszönhető.)



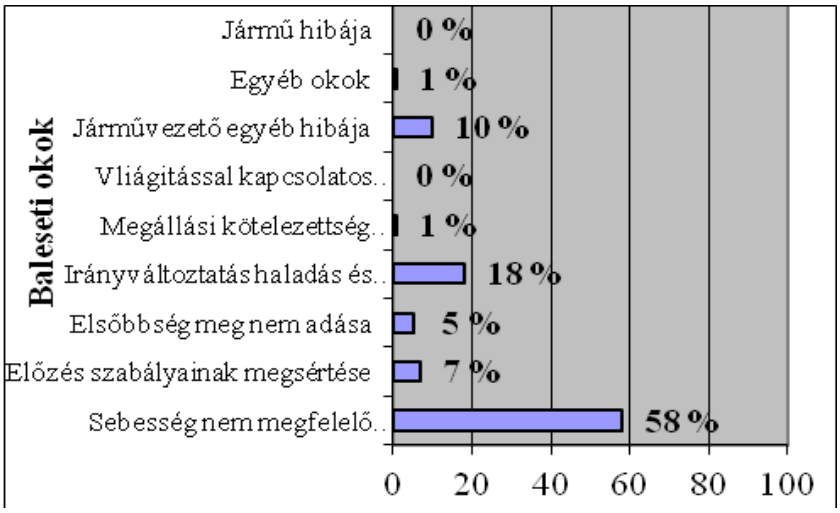
1. ábra: Motorkerékpárosok által okozott személysérüléses balesetek száma 2001-2013

Az alábbi grafikonon a 2013-ban bekövetkezett motorkerékpáros balesetek okainak százalékos megoszlása látható. Ezek alapján az esetek döntő többségében a sebesség nem megfelelő megválasztása volt a fő ok.

A problémát nem csak a megengedett sebességhatárok be nem tartása okozza. Ide sorolhatjuk azokat a baleseteket is, amikor a relatív gyorshajtás vezet a baleseti helyzet kialakulásához.

(Tehát a jármű sebessége ugyan a megengedett határon belül marad, de forgalmi, látási, időjárási és útviszonyokat tekintve mégis a sebesség nem megfelelő megválasztása vezet a balesethez. Ez nem önálló ok, de jelentős szerepe van a baleset bekövetkezésében.)

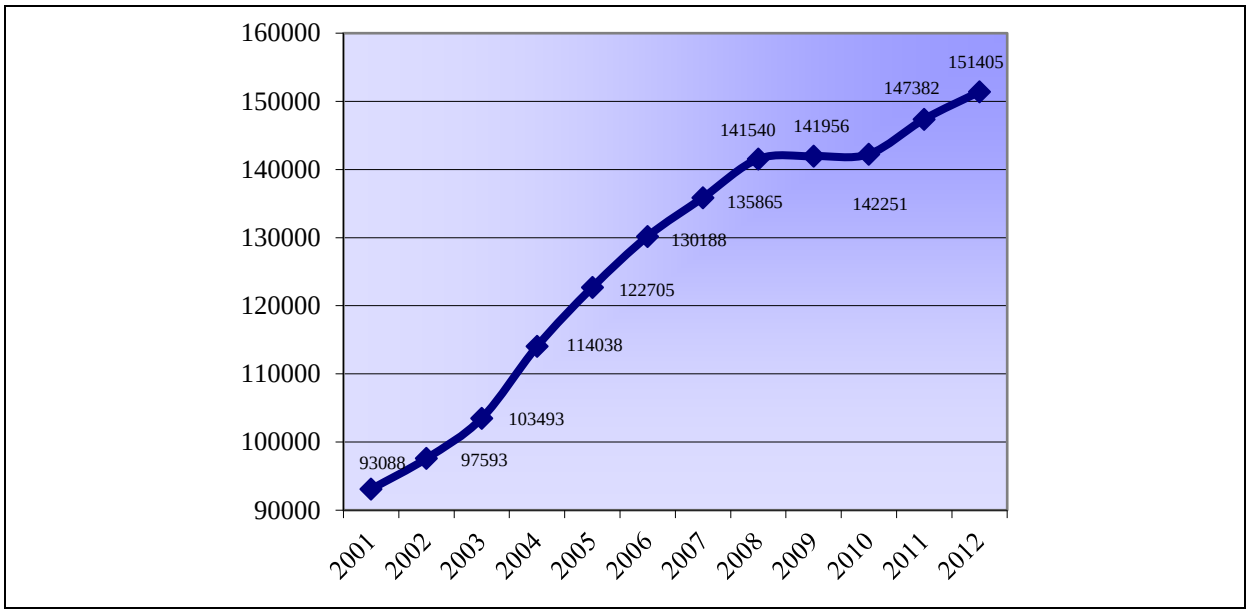
Kiemelendő még, hogy az irányváltoztatás, haladás, kanyarodás (18%) és az előzés (7%) szabályainak megsértésén túl legtöbbször a motorkerékpár vezető a baleset okozója.



2. ábra: Motorkerékpárosok által okozott balesetek a 2013-as évben, a baleset oka szerint, %-os megosztásban

Összességében tehát az elmúlt 19 év viszonylatában minden baleseti mutatóról elmondható, hogy folyamatos emelkedést követően a 2005-2007-es évek voltak a legsötétebbek a motoros közlekedés szempontjából, majd néhány év javulást követően ismét emelkednek a baleseti adatok. Kétségtelen, hogy a 2008-ban bevezetett objektív felelősség intézménye fontos reform volt a közlekedésbiztonság terén és valóban jelentősen visszavetette a közlekedési balesetek számát.

A másik oka a 2008-tól bekövetkező kedvező fordulatnak, a 2008 nyarán kezdődő gazdasági válság, melynek következtében kevesebb ember kevesebb időt töltött a motor nyergében, ezért értelemszerűen a balesetek száma is csökkent.



3. ábra: Magyarországon forgalomba helyezett motorkerékpárok száma 2001-2012

Eszerint a korábbi évek dinamikus növekedéséhez képest 2008 és 2010 között alig több, mint 700 darabbal gyarapodott a hazai motorkerékpár- állomány. Ez pedig kétségkívül visszaköszön a kedvezőbb baleseti statisztikákban.

2014-ben egy erőteljesebb csökkenés után ismételten stagnálás tapasztalható.

	Okozott baleset	Összes	%
2010	571	16 308	3,50%
2011	668	15 827	4,22%
2012	681	15 174	4,49%
2013	658	15 691	4,19%
2014	597	15 847	3,77%
2015	638	16 331	3,91%
2016	639	16 627	3,84%
2017	600	16 489	3,64%

4. ábra: A motorkerékpár vezetők által okozott személysérüléses közúti közlekedési balesetek 2010 és 2017 között

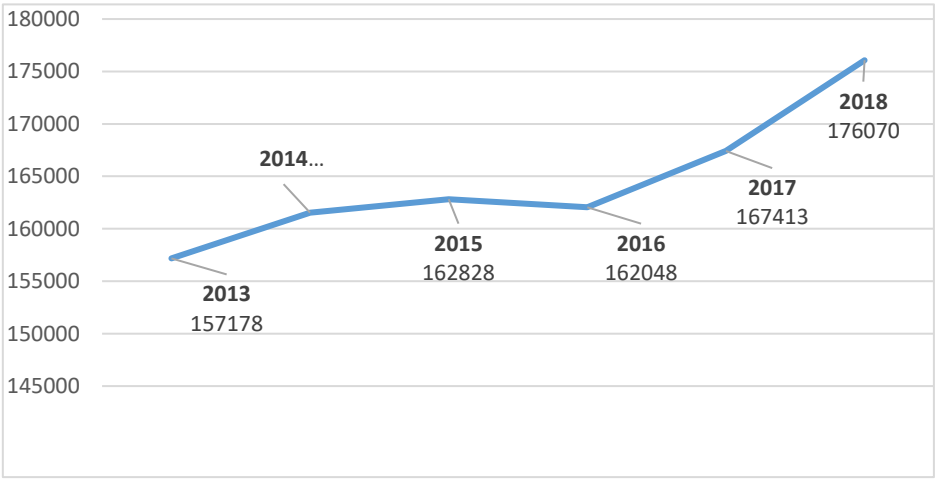
4. Motoros közlekedésbiztonsági programok hazánkban

- A motoros közlekedési balesetekre irányuló kiemelt figyelem és a nehezen javuló baleseti statisztikák miatt 2012-es évet a Motorosok Évének nyilvánították. Azóta számos rendezvény került megrendezésre a motoros közlekedésbiztonság területén.
- Az ORFK-OBB támogatásával 2012-ben 35 helyen kerültek elhelyezésre az országutak (főleg autópályák) mellett óriásplakátok

- 2014. március 5-6 –án Brüsszelben megrendezésre került az „Európai Motorkerékpárosok Fóruma”, melyhez kapcsolódóan Magyarországon is megvalósult egy kerekasztal beszélgetés/szakmai vita a KTI Nonprofit Kft. és az ITS Hungary Egyesület szervezésében, a motorkerékpáros közlekedés aktuális problémáiról [6] [7]
- Az országban egyre több helyen kerülnek megrendezésre közlekedésbiztonsággal kapcsolatos motoros rendezvények, és egyre nagyobb számban jelennek meg a nyári szezonban megtartott motoros közlekedésbiztonsági napok.
- Az ORFK-OBB ezeken túl a SuliMoped program keretében támogatja az iskolások vezetői engedélyhez jutását, aminek azonban a gyermekek részéről feltétele a közlekedési ismeretek magasabb szintű elsajátítása. [8]

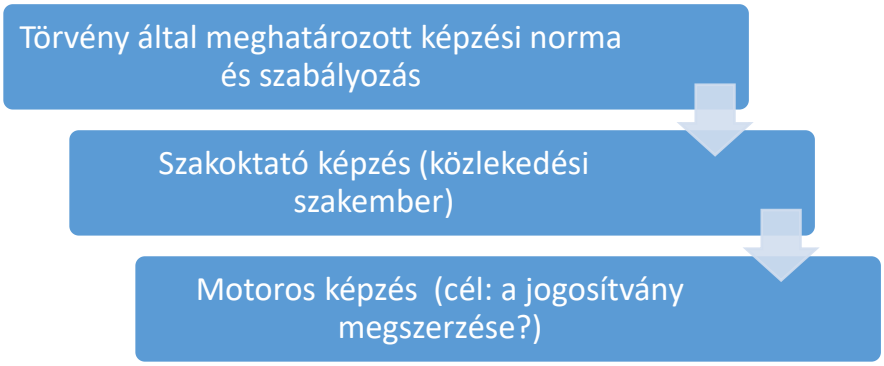
5. Oktatásmódszertan

Úgy gondolom, hogy a meglévő közlekedés biztonsági programok mellett a motorkerékpáros kategóriás képzésben lehetne hatékonyabb eredményt elérni, az oktatásmódszertan fejlesztésével. Ez egy újfajta megközelítés, amely arra fókuszál, hogy a közlekedési szakember képzés és továbbképzés olyan programot valósítson meg, amely ténylegesen felkészíti és segíti a motorkerékpár tanuló vezetőket abban, hogy a vezetői engedély megszerzését követően biztonságosabban be tudjanak kapcsolódni a közúti forgalmi hálózatba. Ezt indokolja a folyamatosan növekedő hazai motorkerékpár állomány.



5. ábra: Motorkerékpárok számának növekedése 2013 és 2018 között

Ehhez azonban meg kell vizsgálnunk azt, hogy milyen folyamat vezet el a közlekedési szakember minősítésig. Ez egy egyszerű folyamatábrával szemléltethető.



6. ábra: Képzési és folyamatábra

Ezt a folyamatot kell elemezni ahhoz, hogy részletesebb betekintést kapjunk a motoros oktatás és képzés rendszerébe, meg tudjuk vizsgálni azt, hogy megfelelő-e a törvényi szabályozás, hatékony-e a szakoktató képzés, és ennek eredményeit milyen szinten tudja hasznosítani a végfelhasználó, vagyis a motoros.

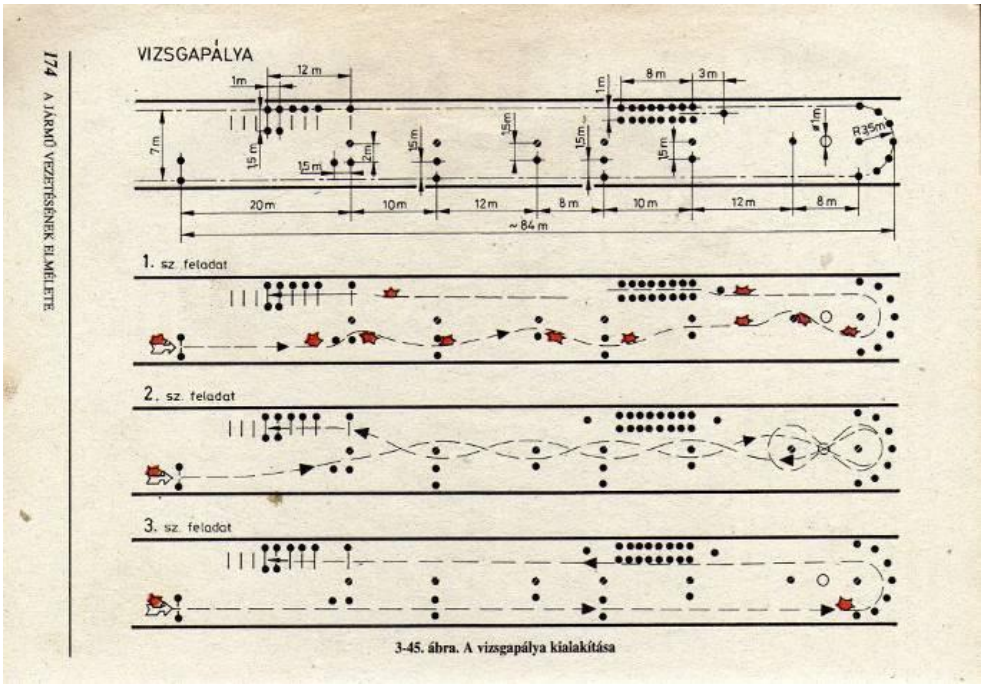
5.1 Törvényi szabályozás, szakoktató képzés

A közlekedési szakemberek képzését (szakoktatók) a 24/2005. (IV. 21.) GKM rendelet a közúti járművezetők és a közúti közlekedési szakemberek képzésének és vizsgáztatásának részletes szabályairól szóló rendelet szabályozza. A rendelet kerettanterve határozza meg a tantervi és vizsgakövetelményeket, amelynek célja a közúti járművezetők oktatását végző szakemberek képzése és felkészítése. A leendő szakoktatók szerezzék meg azokat az ismereteket és készségeket, amelyekre szükség van a közúti járművezető szakoktatói munka keretében a tanulókkal való közvetlen foglalkozás megtartásához, a tudatos közlekedésre neveléshez, a közlekedés biztonságának fejlesztéséhez, a kulturált és biztonságos közlekedési morál kialakításához.

A szakoktatók képzését a Nemzeti Közlekedési Hatóság jogutódja, a Közlekedési Alkalmassági és Vizsgaközpont végzi. Látható, hogy a hatóság törekszik arra, hogy a képzés magas színvonalú legyen, és ennek érdekében több törvényi módosítást is eszközöltek. A szakember képzésben azonban van egy súlyos hiányosság, mégpedig az, hogy nem kötelezi a szakoktatókat arra, hogy a kategóriás képzésben motorkerékpárral oktassanak. Ez jelentősen hátráltatja a képzés fejlesztését, és nem teszi lehetővé a továbbképzési rendszer bevezetését.

6. 6. Motoros képzés, pályatervezés

Azontúl, hogy a szakoktatók képzése, továbbképzése fejlesztést, modernizálást igényel, ugyanígy van ez a rutin vizsga pályával és a gyakorlati feladatsorral.



7. ábra: Az „A" kategóriás gyakorlati vizsgapálya

A jelenlegi vizsgapálya elavult, nem tartalmaz objektív elemeket, pusztán három feladatot kell végrehajtani, amelyek nem alapozzák meg a közúti forgalomba való becsatlakozást. Azonban meg kell említeni, hogy pozitív irányú változás is történt, a 3-as számú intenzív fékezési gyakorlatnál az 50 km/h sebességről történő fékutat 24 méterről 12 méterre csökkentették, ami indokolt volt.

6.1 Gyakorlati példa: a 3-as számú vizsgafeladat elemzése

Feladat meghatározás: "a vizsgázó a vizsgabiztos jelzésére induljon el, gyorsítson fel, és kapcsolja legalább a 2. sebességi fokozatot. A körbe hajtva tegyen meg egy félkörívet bal irányban, majd gyorsítson fel száraz útburkolat esetén legalább 45-50 km/h, vizes útburkolat esetén legalább 35-40 km/h sebességre a fékezési szakasz első kúpjáig, majd azt elérve intenzív lassító fékezéssel, az első és hátsó fékrendszer együttes használatával a lehető legrövidebb fékúton, de legalább a 12 méter hosszú fékezési szakaszon álljon meg."

A fékezési feladat elsajátítása mély szakmai ismereteket, gyakorlati megvalósítása intenzív felkészülést követel meg. Az eddig kizárólagosan alkalmazott szubjektív módszer nem zárható ki, ez továbbra is meghatározó szerepet tölt be, hiszen a vizsgabiztosnak minden vizsgázóról külön szakmai véleményt kell formálnia. Viszont ez a fajta szubjektivitás precízen kiegészíthető objektív (pl.: sebességmérő készülék) elemekkel, amelyek használatával sokkal pontosabb végeredményt kaphatunk, ugyanis jelenleg a vizsgabiztos szemmel állapítja meg, hogy a feladatban a tanuló motoros elérte-e az előírt sebességet.

Konklúzió

A szakoktatók alapképzését követően – a kerettantervben megfogalmazott szakmai színvonal fenntartása érdekében – létre kellene hozni egy továbbképzési keretrendszert, hatósági szabályozással. A továbbképzés célja a szakmai elméleti tudásszint fenntartása, az esetleges jogszabályváltozások ismertetése, valamint a motoros vezetés-technikai gyakorlatok fejlesztése. Ez egyben egy ellenőrzési-értékelési rendszer is, amely alapján az illetékes hatóság meggyőződhet arról, hogy az oktató folyamatosan rendelkezik-e a megfelelő motorkerékpár vezetési gyakorlattal.

A motoros oktatásban akkor érhetnénk el jelentős eredményt, ha törvényi előírás lenne az, hogy a gyakorlati képzésben az oktatónak motorkerékpárral kell részt vennie. Jelenlegi törvényi normák engedik a gépkocsi használatot, így a legtöbb szakoktató a gépkocsiban ülve végzi az oktatói tevékenységét. **Véleményem szerint így nem lehet hatékony és hasznos gyakorlati oktatást végezni, mert ezzel kiiktattuk a bemutatást, mint didaktikai módszert.** Ezen kívül nem lehet megmutatni a tanulóknak a közúti vezetési gyakorlat során például azt sem, hogy hogyan lehet közlekedni autóbusz forgalmi sávban, vagy hogyan lehet előresorolni álló gépjármű oszlop mellett. [9]

Természetesen ilyen magas követelmény rendszert csak akkor lehet támasztani, ha a gazdasági feltételek biztosítják a megfelelő motivációt. Vagyis ezt a szakmát választók részére biztosított a tisztességes megélhetéshez szükséges kereset, és a megfelelő profit elérése érdekében nem kell „trükkökhöz” folyamodni. Sajnos a gazdasági oldal rossz irányba mutat, ha megvizsgáljuk a piac nyújtotta lehetőségeket, akkor azt látjuk, hogy gyakran az autós iskolák egymás árai alá ígérnek, már-már olyan költség határig is lemennek, amivel még önköltségi áron sem lehet véghezvinni egy tanfolyamot. Ez pedig a képzési szint jelentős romlásának abszolút következménye, az oktató csak plusz órák bevezetésével tud némileg kompenzálni.

A megfelelő hatósági fix ár és az oktatók részéről kötelezően motorkerékpárral történő gyakorlati képzés biztosítaná a megfelelő motiváltságot mind az oktató, mind a tanuló részéről arra, hogy magasabb összegért magasabb szintű szolgáltatás jár, illetve lehetővé tenne egyfajta magabiztosságot arra nézve, hogy az elsődleges cél nem az, hogy a jogosítvány a lehető legrövidebb időn belül megszerezhető legyen, hanem az, hogy a stabil és biztonságos motorozási alapokat a leghatékonyabban el lehessen sajátítani.

Hasonló motivációt kellene táplálni a motorosok részére a továbbképzési lehetőségekkel kapcsolatban. Nincs továbbképzési kötelezettség, minden motoros saját maga dönthet arról, hogy részt vesz-e vezetés-technikai képzéseken. Országos szinten több olyan iskola vagy egyéni vállalkozás is működik, amely motorosoknak kínál továbbképzési lehetőségeket.

Ezeknek a szolgáltatásoknak a rendszeres igénybevétele, vagyis a már jogosítvánnyal rendelkező motorosoknak a vezetés-technikai képzéseken való részvétele kiemelten fontos, hiszen a tanulni vágyók így fejleszthetik folyamatosan gyakorlati tudásukat és hasznosíthatják pozitív hozadékait, és ezáltal csökkenthető lenne a közúton bekövetkezett motoros balesetek száma.

Innovatív megoldást jelentene a hatóságok közötti együttműködés, vagyis a KAV és a Rendőrség együttműködési lehetőségei a szakoktató képzésben. Pontosan meg kell vizsgálni, hogy a két hatóság milyen feltételekkel tudna megvalósítani egy alapképzési és továbbképzési rendszert a kategóriás képzésben a szakoktatók számára. Ezzel az együttműködéssel létre lehetne hozni egy olyan módszertant, ami egy hatékony motoros szakoktatói egységet alkot, továbbá ezáltal a motoros képzésben résztvevő tanulók a jelenleginél jóval korszerűbb képzésben részesülnének.

Ennek a lehetőségnek a megvalósítása további kutatásom részét képezi.

Irodalomjegyzék

[1] A Magyar Rendőrség hivatalos honlapja: http://www.police.hu/hirek-es-informaciok/legfrissebb-hireink/kozlekedesrendeszet/kezdodik-a-motoros-szezon
[2] Nemzeti jogtár: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=140326.269301
[3] Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Kormányhivatal Közlekedési Felügyelőség Vezetőjének kiadványa:http://www.kormanyhivatal.hu/download/6/07/70000/TAJEKOZTATO_Jarmuvezeto_kepzes.pdf
[4] Nemzeti jogtár: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=140326.269301
[5] Az Európai Parlament és a Tanács vezetői engedélyekről szóló 2006/126/EK irányelve
[6] Kiss Csaba r. alezredes úrnak Európai Motorkerékpárosok Fórumán elhangzott prezentációja alapján, Budapest, 2014.március 5-én
[7] Dr Lindenbach Ágnes: ÖSSZEFOGLALÓ az „Európai Motorkerékpárosok Fórumá” – hoz kapcsolódó hazai szakmai rendezvényekről c. prezentáció, Budapest, 2014. március 16.
[8] A Magyar Rendőrség hivatalos honlapja: http://www.police.hu/hirek-es-informaciok/baleset-megelozes/kampanyok/sulimoped-program
[9] Berta Tamás, Tóth Viktória: Közlekedésbiztonsági programalkotás Magyarországon 2011. Győr

A nem jogszabályban kihirdetett nemzeti szabályok feltételrendszere

dr. Csehy Erzsébet

kodifikációs szakjogász, kamarai jogtanácsos
telefon: +36 30/343 6801
e-mail: ecsehy@t-email.hu

Kivonat: Magyarország Európai Unióhoz történt csatlakozása meghatározóan átalakította a vasúti közlekedés jogi feltételrendszerét.

Az Európai Unió vasúti közlekedésre vonatkozó szabályozását vasúti csomagok jelenítik meg. A vasúti csomagok – első, második, harmadik és negyedik vasúti csomag -szabályozási területei egymásra épülő normarendszert hoznak létre.

A műszaki szabályozási rendszert első sorban a negyedik vasúti csomag, ezen belül ennek műszaki pillére - 2016/796/EU rendelet, 2016/797/EU irányelv, 2016/798/EU irányelv - változtatta meg.

A műszaki pillér fő célja a vasúti pályahálózat műszaki átjárhatóságának (interoperabilitás) biztosítása, az ERA (Európai Vasúti Ügynökség) hatáskörének bővítése, egységes vasúti hatósági engedélyezési rendszer kialakítása és működtetése.

A tagállamok nemzeti szabályozási hatásköre jelentősen szűkül mind a szabályozási tárgyakat, mind a szabályozás eljárási rendjét illetően, az által, hogy az átjárhatóságot (interoperabilitást) érintő területeken csak a tagállamok jogalkotási rendje szerint kötelező erővel bíró, az Európai Unióhoz előzetesen bejelentett, amelynek határideje, a derogációs kérelem mellett, 2020. június 16., az általa kötött eljárási rendben megvizsgált nemzeti szabályozás alkalmazható az egyes tagállamokban, így Magyarországon is.

Az előadás a szabályozás fent összefoglalt feltételrendszer tervezi bemutatni.

Kulcsszavak: vasúti jogi feltételrendszer, a 4. vasúti csomag műszaki pillére, a nemzeti hatáskör szűkülése az interoperabilitás nemzeti szabályozása terén

1. Előzmények

Magyarország Európai Unióhoz történt csatlakozása meghatározóan átalakította a vasúti közlekedés jogi feltételrendszerét, kötelezővé téve az uniós szinten hozott rendeletek, határozatok alkalmazását és az irányelvek nemzeti jogba történő beültetését, majd alkalmazását.

A jogalkotás a 4. vasúti csomag műszaki pillére kérdésében, 2020. február 14-én, a cikk lezárásakor, előkészítés alatt állt. Ebből következően a cikk jogalkotási és jogalkalmazási kérdéseket tudott felvetni.

A cikk a pályahálózat működtetéssel, ezen belül a pályahálózat létesítésével, fejlesztésével, felújításával, karbantartásával, egyes üzemeltetési kérdéseivel összefüggő feltételeket elemzi, a vállalkozó vasúti tevékenységekkel összefüggő szabályozást csak jelöli, de nem részletezi.

Az Európai Unió vasúti közlekedésre vonatkozó szabályozását vasúti csomagok jelenítik meg.

Jelentős volt a tagállami vasúti monopóliumok megszüntetése tárgyában a Közösség vasútjainak fejlesztéséről szóló 91/440/EGK irányelv, amely a következő feltételeket rögzítette:

- A vasútvállalatok függetlensége az államtól (kapcsolataik szerződéses alapra helyezése).
- A vasúti pályahálózat működtetés és a vállalkozó vasúti szolgáltatások legalább számviteli szétválasztása.
- A vasutak pénzügyi helyzetének javítása (a vasutak mentesítése a működés finanszírozásával kapcsolatban felmerült adósságoktól).
- A vasúti infrastruktúrához való nyílt hozzáférés joga.
- A vasúti pályahálózathoz való nyílt hozzáférés feltételeit
- A vasúttársaságok engedélyezéséről szóló 1995. június 19-i 95/18/EGK tanácsi irányelv

- A vasúti infrastruktúrakapacitás elosztásáról, továbbá a vasúti infrastruktúra használati díjának felszámításáról szóló 2001. február 26-i 2001/14/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv alapozták meg.

A vasúti közlekedés versenyképességének növelése érdekében meg kellett teremteni a lehető legegységesebb műszaki feltételeket a hálózatok átjárhatósága érdekében, amelyeket a vasúti pályahálózat karbantartása, a forgalomirányítás és biztosítóberendezések, infrastruktúra, energiaellátás, üzemvitel, járművek vonatkozásában a nemzeti jogrendszerbe közvetlenül beépülő, külön jogi aktust nem igénylő a 2002/730-735/EK határozatok szolgáltak. A transzeurópai nagysebességű vasúti hálózat kölcsönös átjárhatósága megteremtése érdekében pedig megalkották a 96/48/EK irányelvet.

Az **1. vasúti csomag** keretében 2001/12/EK irányelv jelentősen módosította a 91/440/EGK és a 2001/13/EK irányelv pedig a 95/18/EK irányelvet, biztosítva a vasúti tevékenységek számviteli elkülönítését és egységesen működési engedélyhez kötött tevékenységként definiálta valamennyi vállalkozó vasúti tevékenységet.

Kiemelt jelentőségű az első vasúti csomag vonatkozásában a vasúti infrastruktúra-kapacitás felosztásáról, az infrastruktúrahasználati díjak felszámításáról és a biztonsági tanúsítványról szóló 2001/14/EK irányelv, amely szabályozza a vasúti pályahálózat működtetők, és a kapacitást igénylő vasútvállalatok kapcsolatát, a díjmeghatározás és a kapacitáselosztás elveit.

Új irányelvet alkottak a hagyományos vasúti hálózat átjárhatóságáról is, amely a 2001/16/EK irányelv.

A keretszabályozás feltételrendszerét európai uniós határozatok egészítik ki.

A **2. vasúti csomag** a közlekedéspolitikáról szóló fehér könyvben bejelentett átfogó intézkedésegyüttes részét képezte.

A 2. vasúti csomag fő uniós normái és tárgyai a következők:

- 2004/49/EK irányelv a biztonsági tanúsítványról, amely felváltotta a 2001/14/EK irányelv biztonsági tanúsítványokkal összefüggő rendelkezéseit
- 2004/50/EK Irányelv a 96/48/EK és a 2001/16/EK irányelvek módosításáról, amely a két "átjárhatósági" irányelv rendszerét hangolja össze együttesen az átjárhatóságra vonatkozó TSI-kel
- 2004/51/EK a közösségi vasutak fejlesztéséről szóló 91/440/EGK tanácsi irányelv módosításáról tovább részletezve a 2001/16/EK IE előírásait és a közösségi vasutak átjárhatóságának elveit; DeBo)
- Az Európai Unió Vasúti Ügynökségéről és a 881/2004/EK rendelet, amely létrehozta Európai Vasúti Ügynökséget a vasúti szabályozási igények jelentős bővülése, az engedélyezési rendszer átfogó módosítása miatt.

A **3. vasúti csomag** tárgya a nemzetközi személyszállítás liberalizációja, utasjogok a nemzetközi forgalomban, az árutovábbítás minőségi minimumkövetelményei, a mozdonyvezetők egységes engedélye.

Az egységes európai vasúti térség létrehozásáról szóló 2012/34/EU Európai Parlamenti és Tanácsi irányelv (a továbbiakban: **Recast**), meghatározóan módosította a vasúti közlekedés fentiekben leírt feltételrendszerét.

A Recastból származó, a vasúti pályahálózattal és annak működtetésével összefüggő új tartalmú kötelezettségek különösen, de nem kizárólagosan a következők:

- A Recast meghatározza a vasúti infrastruktúra elemeit. (Recast I. melléklet)
- A Recast részletes meghatározást ad a pályaműködtetők hatásköréről (Recast 3. cikk), kikötve, hogy alapvető pályavasúti feladatokat csak független pályahálózat működtető láthat el.
- A Recast előírja a tagállamoknak az országos vasúti infrastruktúra fejlesztésének kötelezettségét, a fejlesztésre vonatkozóan legalább 5 éves tartamra vonatkozó stratégia közzétételét 2014. december 16-áig, illetve ezt követően is. (Recast 8. cikk)
- Pályaműködtetői kötelezettség a beruházási és pénzügyi programokat tartalmazó üzleti terv elfogadása, amelynek véleményezését a potenciális kérelmezők számára is biztosítani kell. (Recast 8. cikk)

- A Recast tárgyi hatályát kiterjeszti a vasúti közlekedéssel összefüggő kiszolgáló létesítményekre függetlenül azok működtetőjétől. (Recast 13. cikk)
- A pályaműködtető finanszírozása vonatkozásában a korábbi legalább 3 év helyett, legalább 5 éves hatályú pályaműködtetési szerződés szerinti finanszírozási kötelezettség terheli az államot. Az államnak legalább a bevételekkel nem fedezett indokolt költségeket ki kell egyenlítenie, külön is szabályozva az állam fejlesztési kötelezettségét. (Recast 30. cikk)
- A Recast meghatározza a pályaműködtetési szerződés kötelező tartalmát. (Recast V. melléklet)

A Recast 2012. december14-ei kihirdetését követően, lényegében azonnal, megkezdődött a Recast módosításának előkészítése. A módosítás a 4. vasúti csomaggal történt meg, amelyet 2016. december 16-án hirdettek ki.

2. A 4. vasúti csomag

A **4. vasúti csomag** szabályozási területei [1] a következők:

A 4. vasúti csomag politikai pillére uniós normái, amely közvetve illetve közvetlenül érintenek műszaki átjárhatósági összefüggéseket is, a következők:

- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/2370 irányelve (2016. december 14.) a 2012/34/EU európai parlamenti és tanácsi irányelvnek a belföldi vasúti személyszállítási szolgáltatások piacának megnyitása és a vasúti infrastruktúra irányítása tekintetében történő módosításáról.
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/2338 rendelete (2016. december 14.) az 1370/2007/EK rendeletnek a belföldi vasúti személyszállítási szolgáltatások piacának megnyitása tekintetében történő módosításáról.
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/2337 rendelete (2016. december 14.) a vasútivállalkozások elszámolásainak normalizálására vonatkozó közös szabályokról szóló 1192/69/EGK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről.

A 2016/2370/EU irányelv új alapokra helyezte a vasúti pályahálózat működtetés irányítási formáit. Megállapította, hogy a pályahálózat-működés két irányítási formában történhet:

- teljes függetlenség keretében ellátott pályaműködtetés,
- vertikálisan integrált vállalkozás keretében ellátott pályaműködtetés.

A 4. vasúti csomag szerinti működtetési feltételektől eltérő irányítási rendszerű pályaműködtetést az EU szabályozási rendszere nem tesz lehetővé.

A nem független pályahálózat-működtető alapvető pályavasúti feladatokat – vasúti pályakapacitás elosztás, díjképzéssel összefüggő döntéshozatal; díjak megállapítása, díjbeszedés – nem láthat el. (Recast 7. cikk)

Az új irányelvnek megfelelően az általános pályahálózat-működtetési kötelezettségeken felül szavatolni kell:

- az összeférhetetlenség irányelvben meghatározott feltételeit,
- betartva az alapvető funkciókkal összefüggő függetlenségi kötelezettségeket,
- a pályahálózat-működtető pártatlanságát a forgalomirányítás és a karbantartás-tervezés terén,
- a pénzügyi átláthatóság új irányelvben tételesen meghatározott feltételeit.

3. Műszaki pillér

A 4. vasúti csomag műszaki pillére a következő rendeletet és irányelveket foglalja magában:

- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/796 rendelete (2016. május 11.) az Európai Unió Vasúti Ügynökségéről és a 881/2004/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről;
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/797 irányelve (2016. május 11.) a vasúti rendszer Európai Unión belüli kölcsönös átjárhatóságáról;
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/798 irányelve (2016. május 11.) a vasútbiztonságról.

A műszaki pillér [2] [3] fő célja a vasúti pályahálózat műszaki átjárhatóságának (interoperabilitás) biztosítása, az ERA **(**European Union Agency for Railways (ERA) 120 rue Marc Lefrancq F-59300 Valenciennes France, Európai Vasúti Ügynökség) hatáskörének bővítése, egységes vasúti hatósági engedélyezési rendszer kialakítása és működtetése.

A 2016/796/EU rendelet az ERA hatásköre bővülésével meghatározóan változik a vasúti hatósági engedélyezés rendszere, amelyben

- centralizált műszaki engedélyezés rendszer valósul meg,
- a több tagországot érintő engedélyezési kérdések és az ERTMS rendszer engedélyezése az ERA hatáskörébe kerül,
- a kizárólag egy tagországot érintő engedélyezési kérdések maradnak a nemzeti hatóság hatáskörében.

Az egységes műszaki előírásoknak való megfelelést, az interoperabilitást EU rendeleti szintű szabályozással; átjárhatósági műszaki előírásokkal (AME) biztosítja a 2016/797 irányelvvel.

A hatósági engedélyezési eljárások feltételeit a 2016/798/EU irányelv módosítja.

A hivatkozott irányelveket be kell ültetni a nemzeti jogba. [4]

A 4. vasúti csomag műszaki pillére jelentős hatást gyakorol a nemzeti szabályozásra.

„Az irányelvek nemzeti jogba való beültetésének sikerét alapvetően befolyásolja, hogy a tagállam milyen módon teszi az irányelv rendelkezéseit, az abban megfogalmazott elveket nemzeti joga részévé, milyen kodifikációs technikát választ az irányelv céljainak megvalósítása érdekében. Az irányelvet nem feltétlenül kell szó szerint átvenni a tagállam jogába, hiszen a követelmény az abban megfogalmazott cél elérése. Ezért elvileg két alapvető megoldás alkalmazható: az egyik az irányelv szövegének lefordítása és kihirdetése valamilyen szintű jogszabályban *vagy* egy jogszabály (kódex) részeként, a másik a szerves beépítés a nemzeti jogba, elszakadva az irányelv szövegezésétől. A tagállamok sokszor azért választják az előbbit, mert az utóbbi esetben az implementációval való "elszámolás" során külön magyarázatot igényel, hogy miért más a nemzeti jog adott instrumentumának szövege, mint az irányelvé és alá kell támasztani, hogy az biztosítja az irányelv által megkívánt védelem minimális szintjét." [5]

A Vasúti törvényi szabályozás a fogalom meghatározások terén a szó szerinti átvételt választotta. A végrehajtási rendeletek kidolgozása során ügyelni kell arra, hogy a szó szerinti szöveg átvétel ne teremtsen, már hatályos jogszabályok fogalomrendszerével, ellentmondásokat. Amennyiben ellentmondás mutatkozik, azt fel kell oldani.

A műszaki pillér teljes rendszere nemzeti jogba történő beültetése során a szó szerinti átvétel, álláspontom szerint, nem választható. A szerves beépítés módszerét kell alkalmazni a műszaki szabályok eljárási rendje megalkotása során, mert e szabályoknak illeszkedniük kell Magyarország jogalkotási, közigazgatási intézményrendszeréhez, a pályaműködtetés rendszeréhez, stb., amely szükségképpen hordoz nemzeti sajátosságokat.

Nem lehet elégszer hangsúlyozni és tudomásul kell venni, hogy a tagállamok nemzeti szabályozási hatásköre jelentősen szűkül mind a szabályozási tárgyakat, mind a szabályozás eljárási rendjét illetően az által, hogy az átjárhatóságot (interoperabilitást) érintő területeken csak a tagállamok jogalkotási rendje szerint kötelező erővel bíró, az Európai Unióhoz, ezen belül az ERA-hoz előzetesen bejelentett, általa kötött eljárási rendben megvizsgált nemzeti szabályozás alkalmazható az egyes tagállamokban, így Magyarországon is.

Meg kell jegyezni, hogy alapvető különbséget tesz a rendszer a már létező és a jövőben megalkotandó nemzeti szabályok között. Már létező szabálynak azt tekinti, amelyeket a 2004/49/EK irányelv szerint 2016. június 16-ig, illetve december 16-ig a tagállam az ERA felé bejelentett.

Az ERA jogköre a már bejelentett és az új nemzeti szabályok megfelelőségének ellenőrzésére vonatkozásában folyamatos.

A 4. vasúti csomag meghatározza a nemzeti szabály fogalmát, amely mind a 2016/797 irányelv, mind a 2016/798 irányelv szerint az alábbi:

„nemzeti szabályok": valamely tagállamban elfogadott, kötelező erejű szabályok összessége, függetlenül attól, hogy azokat mely szerv bocsátotta ki, amely szabályok az adott tagállamban a

vasúti társaságokra, pályahálózat- működtetőkre vagy harmadik felekre vonatkozó uniós vagy nemzetközi szabályoktól eltérő vasútbiztonsági vagy műszaki követelményeket tartalmazzák;

A nemzeti szabály akkor kötelező erejű, ha az adott tagállam nemzeti szabályozási rendszerének megfelel.

A fenti feltételrendszer kialakításának és működtetésének határideje, az egy éves derogációval együtt, 2020. június 16.

4. A hatályos nemzeti szabályozási rendszer

Magyarországon a jogszabályi hierarchia [6] élén az **Alaptörvény** áll, amellyel minden más jogszabálynak összhangban kell lennie.

Az Alaptörvény szerint általánosan kötelező magatartási szabályt az Alaptörvény és az Alaptörvényben megjelölt, jogalkotó hatáskörrel rendelkező szerv által megalkotott, a hivatalos lapban kihirdetett jogszabály állapíthat meg.

Az Alaptörvény értelmében jogszabály:

- a törvény,
- a kormányrendelet,
- a miniszterelnöki rendelet,
- a miniszteri rendelet,
- a Magyar Nemzeti Bank elnökének rendelete,
- az önálló szabályzó szerv vezetőjének rendelete,
- az önkormányzati rendelet.

A jogforrási rendszer összhangja és a jogbiztonság érdekében pontosan meg kell határozni a különböző jogszabályok egymáshoz való viszonyát. A jogszabályok alá-fölérendeltségben vannak egymással. Nagyon fontos kiemelni, hogy a hierarchia azon jogszabályok között értelmezhető, amelyek ugyanazon tárgykörben jogosultak jogi szabályozást alkotni.

A jogalkotásról szóló 2010. évi CXXX. tv. (a továbbiakban: Jat.), a jogalkotás alapvető követelményeit meghatározó 2. §-a szerint a jogszabályoknak - egyebek mellett - meg kell felelniük az európai uniós jogból eredő kötelezettségeknek, amely rendelkezésből az következik, hogy a nemzeti szabály alkotás vasúti közlekedéssel összefüggő feltételrendszerét magát is szabályozni kell.

5. A Vasúti tv. nemzeti szabályozással összefüggő rendelkezései

A jogalkotó a Vasúti tv. 2019. évi LXVII. törvénnyel történt módosításával illesztette be a jogrendszerbe a nemzeti szabályok vasúti közlekedéssel összefüggő rendelkezéseit és hozta létre a vasúti nemzeti szabályok kétszintű rendszerét összhangban az Alaptörvénnyel, jogszabályi és nem jogszabályi szintű szabályozás elválasztásával.

A Vasúti tv. 2. § 6. pontja szerinti, a vasúti rendszer átjárhatóságával kapcsolatos fogalmak körében meghatározta a nemzeti szabályok fogalmát. A fogalmat a vasúti rendszer átjárhatóságával kapcsolatos fogalmakba ágyazva idézem:

Vasúti tv. 2. §

6. A vasúti rendszer átjárhatóságával kapcsolatos fogalmak:

6.1 Átjárhatósági Műszaki Előírás (ÁME)

A kölcsönös átjárhatóságot lehetővé tevő azon műszaki előírások összessége, amelyek az alrendszerek közötti szükséges kölcsönös kapcsolat létrehozására és a vasúti rendszer kölcsönös átjárhatóságának megteremtésére vonatkozó alapvető követelményeknek való megfelelés és a vasúti rendszer kölcsönös átjárhatóságának biztosítása érdekében az egyes alrendszerekre vagy alrendszerrészekre vonatkozó műszaki feltételeket és előírásokat szabályozza;

6.2 Kölcsönös átjárhatóság

Egy vasúti rendszer azon képessége, amely lehetővé teszi az ezen előírt teljesítményt elérő vonatok biztonságos és zavartalan haladását. Ez a képesség azoktól a szabályozási, műszaki és üzemeltetési feltételektől függ, amelyeket az alapvető követelményeknek való megfelelés érdekében be kell tartani;

6.3 Nagy sebességű vasúti rendszer

A 200 km/h vagy azt meghaladó sebességű közlekedésre alkalmas vasúti pályahálózat és járművek;

6.4 Üzemszerű átjárhatóság

Két vasúti pályahálózat olyan tulajdonsága, amely biztosítja a pályahálózatok közötti rendszeres vasúti közlekedés lehetőségét azáltal, hogy a két pályahálózat közötti fizikai összeköttetésen túl a két pályahálózat között a lényeges műszaki paraméterek - a nyomtáv, űrszelvény, tengelyterhelés, jelző- és biztosítóberendezések, az áramellátás módja és a vonatbefolyásoló berendezések -, valamint a vasúti járművekre érvényes műszaki előírások és a pályahálózatokra vonatkozó forgalmi szabályok tekintetében nincs eltérés, vagy - az áramellátás módja, a vonatbefolyásoló berendezések vagy a vasúti járműre érvényes műszaki szabályok és a pályahálózatokra vonatkozó eltérő forgalmi szabályok esetében - ez az eltérés mindkét hálózaton való közlekedésre alkalmas vasúti járművel megoldható;

6.5 Nemzeti szabályok

Minden olyan jogszabályban kihirdetett vagy jogszabály felhatalmazása alapján kiadott kötelező erejű vasútbiztonsági vagy műszaki követelményeket tartalmazó szabályok összessége, amelynek célja az Átjárhatósági Műszaki Előírások valamint a közös biztonsági célok és közös biztonsági módszerek mellett az alrendszerek közötti szükséges kölcsönös kapcsolat létrehozására és a vasúti rendszer kölcsönös átjárhatóságának megteremtésére vonatkozó alapvető követelményeknek való megfelelés és a vasúti rendszer kölcsönös átjárhatóságának biztosítása érdekében az egyes alrendszerekre vagy alrendszerrészekre vonatkozó vasútbiztonsági és műszaki feltételek és előírások szabályozása.

A fent idézett 6.5. pont szerinti fogalom mind a 2016/797 irányelv, mind a 2016/798 irányelv szerint azonos tartalommal meghatározott **„nemzeti szabályok**” fogalomnak megfelel, abban valamennyi irányelvi elem azonosítható.

A nemzeti szabályok nemzeti jogalkotási rendnek -Alaptörvénynek és Jat.-nak - történő megfelelése érdekében a Vasúti tv. Módosítása új 30 §-t állapított meg, amely az alábbiak szerint rendelkezik.

Vasúti tv. 30. §[*] (1) A nemzeti szabályok jogszabályban, valamint a miniszter rendeletével létrehozott és szabályozott szakértői testület által kiadott vasútbiztonsági és vasúti műszaki előírásokban kerülnek meghatározásra.

(2) A nemzeti szabályoknak összhangban kell lenniük az Európai Unió Hivatalos Lapjában közzétett Átjárhatósági Műszaki Előírásokkal, közös biztonsági módszerekkel és célokkal és elő kell segítenie az egységes európai vasúti szállítási rendszer kialakítását.

(3) Ha új nemzeti szabály bevezetésére van szükség, a miniszter a nemzeti szabály tervezetét a közlekedési hatóság által a 80. § (1) bekezdés *g)* pontja szerint lefolytatott egyeztetést követően megküldi az Európai Bizottságnak, és ismerteti bevezetésének indokait.

(4) Ha az Európai Bizottság a tervezett nemzeti szabály ellen kifogást emel, annak tervezete - az Európai Bizottság határozatának meghozataláig, de legfeljebb a kifogást tartalmazó értesítés megérkezésétől számított hat hónapig - nem hirdethető ki, illetve nem tehető közzé.

(5) A nemzeti szabályokban meghatározott tárgykörökben és keretek között a vasúti közlekedés biztonságával összefüggő vasúti társasági előírásokat a vasúti társaság biztonsági szabályzatban állapítja meg.

(6) A nyílt hozzáférésű pályahálózat működtetője által alkotott biztonsági szabályzat hatálya - az (5) bekezdésben foglaltaktól eltérően - az adott vasúti pályahálózaton közlekedő vállalkozó vasúti társaságokra is kiterjed.

(7) A biztonsági szabályzatot a közlekedési hatóság hagyja jóvá.

Az idézett új törvényi rendelkezés a normaalkotás jogosultjait és a legalapvetőbb eljárási szabályokat határozza meg.

A normaalkotás jogosultjainak meghatározása – jogszabály, miniszteri rendelettel létrehozott és szabályozottan működő szakértői testület – tehát törvényi szinten megtörtént.

Szabályozott az új nemzeti szabály bevezetésének módja is, beleértve a nemzeti szabályokkal összefüggő előkészítő és egyeztető feladatok lefolytatásának kötelezettségét is, amely a közlekedési hatóság feladata az alábbiak szerint;

80. § (1) A közlekedési hatóság feladat- és hatáskörébe tartozik:

---

g) a biztonsági keretszabályok érvényesítése és fejlesztése, a nemzeti szabályok érvényesítése és érvényesülésének figyelemmel kísérése, azok módosítására vonatkozó javaslat kidolgozása, a nem jogszabályban kihirdetett nemzeti szabályok kidolgozása és módosítása során szakmai egyeztetés lefolytatása a nemzeti szabályok kiadásáért felelős szakértői testülettel, a vasúti társaságokkal, a vasúti alrendszerek gyártóival és karbantartóival, a vasúti szolgáltatásokat igénybevevőkkel, valamint a vasúti munkavállalók képviselőivel,

---

A törvényi szabályozás a legalapvetőbb feltételeket határozza meg, amelyek alapján már elvégezhető a hazai vasúti műszaki szabályozás felülvizsgálata. Meghatározható, hogy melyek azok a vasúti szabályozási területek, amelyek az irányelvek hatálya alá tartoznak, amelyeket indokolt nemzeti szabályként megalkotni és bejelenteni az Európai Unióhoz.

Az átfogó szabályozás részben hatályos jogszabályok módosítási kötelezettségét, részben új jogszabályok megalkotását teszi szükségessé.

Az uniós jogi követelményeknek való megfelelés érdekében az alábbi jogszabályok módosítása szükséges:

- A vasúti építmények építésügyi hatósági engedélyezési eljárásainak részletes szabályairól szóló 289/2012. (X. 11.) Korm. rendelet,
- A hagyományos vasúti rendszerek kölcsönös átjárhatóságáról szóló 103/2003. (XII. 27.) GKM rendelet
- Az országos működési engedély alapján végzett vasúti személyszállítás részletes feltételeiről szóló 271/2009. (XII. 1.) Korm. rendelet
- a közlekedésért felelős miniszter szabályozási feladatkörébe tartozó forgalmazási követelmények tekintetében eljáró megfelelőségértékelő szervezetek kijelöléséről szóló 60/2011. (XI.25.) NFM rendelet,
- a vasúti közlekedés biztonságával összefüggő munkakört betöltő munkavállalók szakmai képzésének és vizsgáztatásának, a vasúti vizsgaközpont és képzőszervezetek működésének, a képzési engedély kiadásának, továbbá a vasúti járművezetői gyakorlat szabályairól szóló 19/2011. (V.10.) NFM rendelet,
- a vasúti járművezetői engedélyről és a vasúti járművezetői tanúsítványról szóló 22/2010. (XII.20.) NFM rendelet,
- a súlyos vasúti balesetek, a vasúti balesetek és a váratlan vasúti események szakmai vizsgálatának, valamint az üzembentartói vizsgálat részletes szabályairól szóló 24/2012. (V.8.) NFM rendelet,

A 4. vasúti csomag műszaki pillére átültetésével összefüggésben új jogszabályok megalkotása is szükségessé válik:

- a vasúti rendszer kölcsönös átjárhatóságával összefüggő szabályokat tartalmazó rendelet;
- az egységes biztonsági tanúsítványra, a biztonsági engedélyre, a biztonságirányítási rendszerekre, a biztonsági jelentésre, az egyes hatósági engedélyezési eljárásokra, valamint a közlekedési hatóság felügyeleti tevékenységére vonatkozó részletes szabályokról szóló rendelet;
- az értékelést végző szervezetek elismeréséről, valamint az értékelést végző szervek tevékenységének részletes szabályainak meghatározásáról szóló rendelet.
- meg kell állapítani a nem jogszabályban kihirdetett nemzeti szabályok kidolgozásáért és kiadásáért felelős szakértői testület létrehozására, összetételére, feladatkörére és működésére vonatkozó részletes szabályokat.
- a vasúti járművek forgalomba hozatala, üzembe helyezése engedélyezéséről, időszakos vizsgálatáról és hatósági nyilvántartásáról szóló szabályokat;

A jogszabályok módosítása és az új jogszabályok megalkotása előkészítés alatt áll.

A jogalkotási feladatokon túl azonosítani kell a nem jogszabályban kihirdetendő műszaki szabályokat és ezeket notifikálásra be kell jelenteni az Európai Unióhoz, ezen belül az ERA által működtetett rendszerhez. A rendszer működésének jogszabályi alapját szintén meg kell teremteni.

7. A 4. vasúti csomag műszaki pillére pályaműködtetéssel összefüggő egyes kérdései

7.1 A vasúti pályahálózat elemeivel összefüggő fogalmak a Vasúti tv.-ben

A hatályos vasúti műszaki és vasútbiztonsági szabályok 4. vasúti csomag műszaki pillérének történő megfelelés, a szabályozás egységes rendszerkénti működtetéséhez az alábbi vasúti törvényi rendelkezések, vasúti pályahálózattal, vasúti üzemi létesítményekkel összefüggő fogalmak, egyáltalán a vasúti infrastruktúra elemeinek alapos ismerete és a fogalmak következetes alkalmazása is szükséges. E fogalmakból kell levezetni a pályaműködtetés - a létesítés, fejlesztés, felújítás, korszerűsítés, karbantartás, üzemeltetés, forgalomirányítás – során az átjárhatóság biztosítására vonatkozó kötelezettségek teljesítését is.

> ***Vasúti tv. 2.§*** 2.21. *vasúti pálya: az 1. melléklet 1-6. pontjában felsorolt vasúti pályahálózat elem, valamint a vasúti alépítmény és felépítmény, az utasforgalom és áruszállítás részére rendelkezésre álló útvonalak, beleértve az utasperonokat, rakodóterületeket, beleértve az útvonalba eső az utasok mozgását biztosító szállító, mozgató berendezéseket, mozgólépcsőket, mozgójárdákat, lifteket, gyalogos alul- és felüljárókat, a mozgáskorlátozottak emelésére szolgáló speciális berendezéseket, továbbá a vasúti kocsik rakodását, mozgatását, javítását célzó, a vágányra, vágányba vagy a vágány alá- vagy fölé épített különleges berendezések, különösen rakodó- és ürítőberendezések, ürítőhidak, ürítőgaratok, töltő- és lefejtő berendezések, fordítókorongok, tolópadok, a vasúti járművek javításához, karbantartásához szükséges és egyéb járműmozgató berendezések, vágányfékek, daruk, darupályák, emelőberendezések, járműmérlegek, kocsibuktatók, szállítógépek és berendezések, diagnosztikai és egyéb berendezések, és a mindezek elhelyezésére szolgáló földterületek; ahol*
>
> *2.21.1. vasúti alépítmény: a vasúti felépítmény terhelését elviselő és a talaj felé közvetítő mérnöki létesítmény. Az alépítmény része minden olyan szerkezet, amely a vasúti terhelés viselésében részt vesz, így különösen: töltések, bevágások, nyílásokat áthidaló mérnöki szerkezetek (hidak, átereszek, közúti vagy gyalogos aluljárók), a vasút pálya védelmére épített mérnöki szerkezetek, (alagutak, támfalak, bélésfalak, kőomlás ellen védő műtárgyak), vízelvezetést szolgáló szerkezetek (árkok, szivárgók), valamint a pálya és a környezet védelmét szolgáló szerkezetek (kerítések, tűzvédelmi sávok, hófogó rácsok, zajárnyékoló falak, védelmi céllal telepített növényzet);*
>
> *2.21.2. vasúti felépítmény: a vasúti vágány, amely magában foglalja valamennyi, a vasúti jármű kereke által közvetített terhelést viselő, illetve a jármű kerekének vezetését végző, azt elősegítő mérnöki szerkezetet, (beleértve a váltófűtő, sínkenő berendezéseket), valamint a vasúti ágyazat;*
>
> *2.22. vasúti pálya tartozéka: az 1. melléklet 7-9. pontjában felsorolt vasúti pályahálózat-elem, valamint a vasúti biztosítóberendezések kültéri elemei, a váltóállító készülékek, jelzőberendezések, szigetelt sínillesztések, tengelyszámlálók, az elektronikus biztosítóberendezések hardverét és szoftvereit, valamint a védelmi berendezések (siklasztó saruk, vágányzáró sorompók, váltózárak), forgalomirányító és jelzőberendezések, beleértve a nemzeti és a kölcsönös átjárhatóságot biztosító alrendszereket, valamint a működésükhöz szükséges rádiókommunikációs berendezéseket; a telematikai, utastájékoztató és távközlési rendszerek, rádióátviteli rendszerek és berendezéseik, a vontatási energiaellátás rendszerei, különösen vasúti felsővezeték, áramvezető sín, energiaelosztást végző berendezések, tartóoszlopok, áramátalakító berendezések, vasúti térvilágítási rendszerek, beleértve a munkahelyi, az utasforgalmi, és rakodási célú területek térvilágítási berendezéseit, a perontető, a biztosítóberendezések, hírközlési és telematikai rendszerek, térvilágítási berendezések, vasúti felsővezetéki rendszerek és berendezéseik, jelátviteléhez, működtetéséhez, áramellátásához szükséges kábelek, vezetékek, berendezések, tisztító- és mosóberendezések, és a mindezek elhelyezésére szolgáló földterületek;*
>
> *2.23. vasúti pályahálózat: az 1. mellékletben felsorolt elemekből álló vasúti közlekedési hálózat;*

2.24. vasúti üzemi létesítmény: az 1. melléklet 10. pontjában meghatározott vasúti pályahálózat-elem, valamint a vasúti pályahálózat működtetéséhez, (beleértve a pályakapacitás-elosztás, díjbeszedés szükségleteit) a vasúti üzem lebonyolításához, az utas- és áruforgalom biztosításához, a vasúti berendezések elhelyezéséhez szükséges épületek, építmények, mérnöki berendezések, kivéve a pályát és tartozékait;

1. melléklet a 2005. évi CLXXXIII. törvényhez

A VASÚTI PÁLYAHÁLÓZAT ELEMEI

A vasúti pályahálózat a következő elemekből áll:

A vasúti pályahálózat a következő elemekből áll - ha az a kötött pálya részét képezi -, beleértve a mellékvágányokat, azonban a vasúti javítóműhelyekben, fűtőházakban vagy mozdonyszínekben található vágányok, a magántulajdonú szárnyvonalak vagy mellékvágányok kivételével:

1. földterület,

2. pályatest és alépítmény, különösen a töltések, bevágások, vízlevezető csatornák és árkok, falazott árkok, csőátereszek, bélésfalak, oldalrézsűk védelmére ültetett növényzet stb.; utasperonok és rakodók, ideértve a személypályaudvarok és az áruterminál területén lévőket is; sínköz és járdák; kerítésfalak, sövény, kerítések; tűzvédelmi sávok; váltófűtő berendezések; átjárók stb.; hófogó rácsok,

3. műtárgyak: hidak, csőátereszek és egyéb áthidaló szerkezetek, alagutak, fedett bevágások és egyéb aluljárók; támfalak, valamint lavina, kőomlás stb. ellen védő műtárgyak,

4. útátjárók, beleértve a közúti forgalom biztonságát szolgáló berendezéseket,

5. felépítmény, különösen: sínek, vályús sínek, vezetősínek; hossz- és keresztaljak, kapcsolószerek, ágyazat, beleértve annak anyagát (pl. zúzottkő és homok); kitérők, átszelések stb.; mozdonyfordító korongok és tolópadok (kivéve a kizárólag mozdonyok számára fenntartott tolópadokat),

6. megközelítést biztosító utak az utasok és az áruszállítás számára, beleértve az érkező vagy induló utasok számára kialakított gyalogos és a közúti megközelíthetőséget is,

7. biztosító-, forgalomirányító és távközlő berendezések a nyílt pályán, állomásokon és rendező-pályaudvarokon, beleértve a jelző- és távközlő rendszerek működtetéséhez használt elektromos áram termeléséhez, átalakításához és elosztásához szükséges létesítményeket; az ilyen létesítményekhez vagy üzemekhez szolgáló épületek; vágányfékek,

8. forgalmi és biztonsági célú világítóberendezések,

9. vontatáshoz használt, elektromos áram átalakításához és továbbításához használatos üzem: alállomások, az alállomások közötti tápkábelek és csatlakozó vezetékek, felsővezetéki hosszláncok és tartóoszlopok; áramvezető sín tartóelemekkel,

10. a pályahálózat-működtető által használt épületek, ideértve a vasúti pályahálózat használati díjak beszedésére szolgáló létesítményhányadot is.

A 4. vasúti csomag műszaki pillérével összefüggő jogalkotási folyamatban az egységes fogalom használat jelentőségére és feltétlen biztosítására mind a műszaki, mind a jogi szakterület felhívta a figyelmet.

7.2 Építési szabályrendszer

A hazai jogszabályok építési szabályrendszerének értelemszerűen meg kell felelnie az ún. átjárhatósági 2016/797/EU irányelv előírásainak.

7.2.1 Újonnan megalkotandó jogszabályok

Az újonnan megalkotandó, építési szabályozási rendszerben, jogszabályok meghatározóak a tárgykörben, ezek különösen, de nem kizárólagosan, megismételve az 5. pontban írtakat:

- a vasúti rendszer kölcsönös átjárhatóságával összefüggő szabályokat tartalmazó rendelet;
- az egységes biztonsági tanúsítványra, a biztonsági engedélyre, a biztonságirányítási rendszerekre, a biztonsági jelentésre, az egyes hatósági engedélyezési eljárásokra, valamint a közlekedési hatóság felügyeleti tevékenységére vonatkozó részletes szabályokról szóló rendelet;

- az értékelést végző szervezetek elismeréséről, valamint az értékelést végző szervek tevékenységének részletes szabályainak meghatározásáról rendelet.
- meg kell állapítani a nem jogszabályban kihirdetett nemzeti szabályok kidolgozásáért és kiadásáért felelős szakértői testület létrehozására, összetételére, feladatkörére és működésére vonatkozó részletes szabályokat.

7.2.2 Hatályos vasúti építési jogszabályok

A vasúti építési szabályrendszer alapfeltételeit különösen, de nem kizárólag az alábbi hatályos jogszabályokat kell módosítani.

- A vasúti építmények építésügyi hatósági engedélyezési eljárásainak részletes szabályairól szóló 289/2012. (X.11.) Korm. rendelet.
- A hagyományos vasúti rendszerek kölcsönös átjárhatóságáról szóló 103/2003. (XII. 27.) GKM rendelet 4. melléklete az Országos Vasúti Szabályzat (a továbbiakban: OVSZ);
- a közlekedésért felelős miniszter szabályozási feladatkörébe tartozó forgalmazási követelmények tekintetében eljáró megfelelőségértékelő szervezetek kijelöléséről szóló 60/2011. (XI.25.) NFM rendelet.

A hivatkozott jogszabályok több ponton tartalmaznak olyan rendelkezéseket, amelyek az átjárhatósággal összefüggő feltételeket társasági belső utasítás szabályozási körébe rendelik. Ez a szabályozási szint amellett sem felel meg a 4. vasúti csomag műszaki pillérében foglaltaknak, hogy hatósági engedélyhez kötött a rendszer.

Az egyik példa a vasúti építmények építésügyi hatósági engedélyezési eljárásainak részletes szabályairól szóló 289/2012. (X. 11.) Korm. rendelet szerinti feltétfüzet alkalmazási engedély, amely az alábbi tartalommal nem felel meg a 4. vasúti csomag feltételeinek.

> *9. § (1) A kérelmező az alkalmazni tervezett berendezések, alrendszerek, alkatrészek műszaki, biztonsági követelményeire saját döntése, vagy jogszabály előírása szerint feltétfüzetet készít a megfelelőség-értékelő szervezet általi tanúsítás alapjául.*
> *(2) A feltétfüzet alkalmazását a vasúti közlekedési hatóság engedélyezi.*

A feltétfüzet 4. vasúti csomag műszaki pillére szerinti minősítése egyértelműen olyan mindenkire kötelező nemzeti szabály, amelyet a Vasúti tv. 30. §-ánban meghatározott rendszerben notifikáltatni kell az ERA rendszerében.

Az OVSZ egyelőre még szélesebb körben teszi lehetővé az ún. vállalati belső szabályozási rendszert, amely szintén nem felel meg a fent hivatkozott kétszintű szabályozási rendszernek.

> *1. Az Országos Vasúti Szabályzat I. kötete (a továbbiakban: OVSZ I.)*
>
> *- meghatározza a vasúti építmények, berendezések (a továbbiakban együtt: vasúti építmények) és járművek tervezése, létesítése, gyártása, korszerűsítése (átalakítása), illetve beszerzése, megszüntetése (elbontása), valamint használata során betartandó műszaki és üzemeltetési követelményeket;*
>
> *- a közlekedésnek azt a nyomvonalas ágazatát tekinti vasútnak, melynek alaptevékenysége a személyszállítás és árufuvarozás, illetve szállítás, amelyet kötött pályán - adhéziós sín-kerék rendszerben - történő járműmozgatással és vállalati-szakmai utasításokkal szabályozott szervezeti formában végez;*
>
> *- az előbbi meghatározásoknak megfelelően az általános „vasút" megnevezés helyett üzemi tevékenységre utalásnál a „vasút üzemeltetője", tárgyi vonatkozásban a „vasúti építmény", szervezetre történő utalás esetében a „vasúti építmény és jármű engedélyese", „vasútvállalat" kifejezéseket használja;*
>
> *- alapul szolgál a vasutakra vonatkozó egyéb műszaki előírások (szakmai szabályzatok, szabványok, vállalati üzemeltetői utasítások, feltétfüzetek) kidolgozásához.*
>
> *Az itt nem szabályozott kérdésekben a vasúti hatóság állásfoglalásai a mértékadóak.*

Az OVSZ Általános rendelkezések 8. pontja abból a szempontból vizsgálandó felül továbbá, hogy a vasúti közlekedés biztonságára vonatkozóan nemzeti szabályozás megalkotása szükséges, és nem elegendő „a vasúti hatósággal jóváhagyatott" belső szabályzat (utasítás).

Az OVSZ Általános rendelkezések 9. Vegyes rendelkezések körében meg kell vizsgálni, hogy hogyan értelmezhető a technika elismert szabályainak megfelelés, mit kell ebben a vonatkozásban nemzeti szabályban meghatározni.

Külön is vizsgálni kell az OVSZ rendelkezéseitől való eltérés feltételeit, és ennek a szabályozási tartalmát, szabad-e erre egyáltalán normatív lehetőséget biztosítani, beleértve a hatályos OVSZ 10.5. Műszaki összeegyeztethetőség pontjában foglaltakat is.

Az OVSZ B. és C fejezetei vonatkozásában a fogalmak harmonizálása szintén elengedhetetlen..

Ez a munka, a magyar vasúti műszaki és üzemi szabályok korszerűsítése, és új előírások rendszerének megalkotása tárgyú az IKOP.2.1.0.-15-2018-00047 projekt [7] keretében folyamatban van.

7.3 A nem jogszabályban kihirdetett nemzeti szabályok

A fent leírtakból az látszik, hogy a 4. vasúti csomag műszaki pillére jelentősen átalakítja a vasúti közlekedés műszaki szabályozására vonatkozó normaalkotási rendszert.

Markáns változást jelentenek a nem jogszabályban kihirdetett nemzeti szabályok megalkotásának szabályai.

Megismétlem: Az új szabályozási rendszer kétszintű szabályozást valósít meg. E szerint a nemzeti műszaki és vasútbiztonsági szabályok részben notifikált jogszabályban, részben arra hatáskörrel rendelkező szakértői testület (bizottság) által kidolgozott, szintén notifikált nemzeti szabályban alkot majd normát.

A nem jogszabályban kihirdetett nemzeti szabályok kidolgozására, kiadására és közzétételére Vasúti Műszaki Bizottság lesz jogosult, amely szervezet hatáskörére, működésére vonatkozóan miniszteri rendelet megalkotása szükséges.

Előkészítés alatt álló jogszabály releváns szabályozási tárgyai közül csak azon kérdéseket gondoltam helyesnek bemutatni, amelyek tartalmának feltétlenül be kell kerülnie a jogszabályba.

A Vasúti Műszaki Bizottság rendeletben megállapított összetétele és működési rendje biztosítja a szabályozás szakmaiságát és függetlenségét. A Bizottság összetétele teremti meg az ágazat szereplőinek egyensúlyát, a technikai feltételekért felelős szervezet vitathatatlan pártatlansága, a nemzeti közlekedési hatóság (NSA) aktív szerepének fenntartása mellett.

A Vasúti Műszaki Bizottság hatáskörét legalább az alábbi részhatáskörök biztosításával kell meghatározni:

- a Vasúti tv.-ben meghatározott, a vasúti közlekedéshez kapcsolódó nem jogszabályban kihirdetett vasúti műszaki és vasútbiztonsági előírásokban meghatározandó, kötelező erejű nemzeti szabályok kidolgozása, módosítására, visszavonása, közzététele, jogszabályban meghatározott eljárási rendben;
- közreműködés a nemzeti szabályoknak a vasúti rendszer Európai Unión belüli kölcsönös átjárhatóságáról szóló 2016/797 európai parlamenti és tanácsi irányelv 14. cikke és a vasútbiztonságról szóló 2016/798 európai parlamenti és tanácsi irányelv 8. cikke szerinti bejelentési kötelezettsége teljesítésében;
- szakmai állásfoglalás kialakítása a nemzeti szabály értelmezésével kapcsolatban a vasúti tervezésben, gyártásban, építésben vagy üzemeltetésben;
- javaslattételi jog és közreműködés a vasúti nemzeti szabályokkal összefüggő jogszabálytervezetek előkészítésében és egyeztetésében.

A Vasúti Műszaki Bizottságban biztosítani kell a következő intézmények, szervezetek képviseletét:

- az építésügyi szabályozásért és építéshatósági ügyekért felelős miniszter,
- a KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.,
- egyetemek (a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, a Széchenyi István Egyetem),
- a nyílt hozzáférésű országos, városi, vagy elővárosi vasúti pályahálózatot működtető pályahálózat-működtetők (MÁV Zrt. GYSEV Zrt. MÁV-HÉV Zrt.),
- azon egyesületek, amelyek közlekedési tárgykörben stratégiai szerepet töltenek be (Közlekedéstudományi Egyesület, a Hungrail Magyar Vasúti Egyesület),
- A közlekedési hatóság által delegált személynek tanácskozási jogot kell biztosítani.

Értelemszerűen lehetővé kell tenni szakértő igénybe vételét speciális kérdések eldöntéséhez.

A Vasúti Műszaki Bizottság működési elvei szerint szakmailag elkötelezetten, szakszerűen, szakmailag pártatlanul kell ellátnia feladatait, biztosítva a kölcsönös átjárhatóságra vonatkozó alapvető követelmények teljesítését, az egységességet és ellentmondás-mentességet, az áttekinthetőséget és a nyilvánosságot, a közérdek képviseletét, a közmegegyezést, a társadalmi egyeztetést és véleményezést.

A Vasúti Műszaki Bizottság csak úgy tudja teljesíteni feladatait, ha megfelelő színvonalúan előkészített nemzeti szabálytervezetek kerülnek elé döntéshozatalra.

Ismereteim szerint, a vasúti műszaki szabályok előkészítését koordináló szerv útján látja el majd el a fenti bizottság, amelyre a MAÚT Magyar Út- és Vasútügyi Társaság kap hatáskört.

Természetesen szabályozni kell az eljárási rendet és számtalan további kérdést.

7.4 Az új szabályozási rendszer kialakításának nehézségei

A törvényi szinten előírt kétszintű rendszer feltételeinek való megfelelés, erre történő „ráállás” nem egyszerű, lévén a kiindulási alap nem egységes. Műszaki előírások jelenleg megjelennek jogszabályokban, szabványokban, ún. MÁV szabványokban, amelyek belső utasításként értelmezhetők csak, és társasági-pályaműködtetői belső utasításokban is.

A hatályos műszaki normák alkalmazhatóságán sokat javított az e-Vasút Rendszere, de ezen rendszer a 4. vasúti csomag műszaki pilléréből származó kötelezettségeket értelemszerűen nem tudja megoldani.

Dr. Horváth Ferenc és Dr. Zsákai Tibor A vasúti műszaki szabályozási rendszer (VMSZR) megújítása című előadásában a hatályos műszaki szabályrendszer problémáit az alábbiak szerint foglalja össze: [8]

„Rendszerbeli hiányosságok:

- A rendszer nem EU konform. A szabályozási rendszer kompetencia rendszere nem egyértelmű.
- Nem válnak külön az állami kompetenciába tartozó általános érvényű szabályozások a vállalatitól.
- Nem válnak külön markánsan a tervezés, létesítés, üzemeltetés, megszüntetés szabályozásai.
- A rendszer nem alkalmas a liberalizált vasúti rendszer kezelésére.
- Az általános érvényű EU és nemzeti (állami) szabályozás szabad hozzáférhetősége nem biztosított.

Tartalmi hiányosságok:

- A szabályozások korszerűsége, aktualitása nem megfelelő, a betűs vállalati utasítási rendszer felborult.
- Egyes szakmai tárgykörök u.n. „saláta” szabályozásokban jelennek meg (Gy. számos, nagy iktatószámos).
- Nem biztosított a tervezés, létesítés, üzemeltetés, megszüntetés szabályainak elkülönülése a szabályozásokban,
- Nem biztosított az EU szabványok, műszaki előírások és a hazai szabályozás koherenciája. A vasúti műszaki szabályozási rendszer megújítása”

Azt is látni kell, hogy a műszaki szakma a kétszintű szabályozás rendszere elvárásával egyelőre nem azonosult teljesen. Megtartani tartja indokoltnak, legalább részben, a belső utasítások rendszerét. Ez a szándék fennáll annak tudatában is, hogy a belső utasítások legfeljebb szerződéses kötelezettségként maradhatnak meg, tehát nem kötelező erejű jogi normaként, hanem polgári jogi kötelezettség vállalásként épülhetnek be a pályaműködtetés követelményrendszerébe.

A feladat tehát rendkívül nagy és több szakma együttes munkáját követeli meg.

Konklózió

Magyarország Európai Unióhoz történt csatlakozása meghatározóan átalakította a vasúti közlekedés jogi feltételrendszerét.

A műszaki szabályozási rendszert alapvetően a negyedik vasúti csomag, ezen belül ennek műszaki pillére - 2016/796/EU rendelet, 2016/797/EU irányelv, 2016/798/EU irányelv - megváltoztatta.

A 4. vasúti csomag műszaki pillér fő célja a vasúti pályahálózat műszaki átjárhatóságának (interoperabilitás) biztosítása, az ERA (Európai Vasúti Ügynökség) hatáskörének bővítése, egységes vasúti hatósági engedélyezési rendszer kialakítása és működtetése.

A tagállamok nemzeti szabályozási hatásköre jelentősen szűkül mind a szabályozási tárgyakat, mind a szabályozás eljárási rendjét illetően, az által, hogy az átjárhatóságot (interoperabilitást) érintő területeken csak a tagállamok jogalkotási rendje szerint kötelező erővel bíró, az Európai Unióhoz előzetesen bejelentett, az általa kötött eljárási rendben megvizsgált nemzeti szabályozás alkalmazható az egyes tagállamokban, így Magyarországon is. Ennek határideje 2020. június 16.

A 4. vasúti csomag műszaki pillére és a hatályos nemzeti jog alapján egyértelmű, hogy a felsorolt releváns jogszabályok általános felülvizsgálata szükséges abból a szempontból, hogy műszaki pillér szerint szabályozott kérdésre van-e releváns jogszabályi rendelkezés, van-e olyan terület, amelyre új jogszabályi rendelkezés szükséges, nincs-e ellentmondás a meglévő jogszabályi rendelkezések között, ha van, ezek hogyan oldhatók fel.

Emellett teljesen új szabályozási rendszert kell kialakítani a nem jogszabályban kihirdetett nemzeti szabályok feltételrendszerére vonatkozóan. Külön figyelmet fordítva arra, hogy hatályos vasúti műszaki és vasútbiztonsági szabályozás nem egységes rendszer. Nincsenek még megfelelően elkülönítve a jogszabályokban, és nem jogszabályokban szabályozandó kérdések. Erős műszaki szakmai kötődéssel alkalmaznak szabványokat, döntvényeket és vasúti társasági belső utasításokat is, amellett is, hogy 2020. június 16-ától, ezek legfeljebb polgári jogi kötelezettség vállalás alapján, tehát nem normatív alapon épülhetnek be a pályaműködtetés követelményrendszerébe.

A jogalkotás a 4. vasúti csomag műszaki pillére kérdésében, 2020. február 14-én, a cikk lezárásakor, előkészítés alatt állt. Ebből következően a cikk csak feladatokat tudott megjelölni és kérdéseket tudott felvetni.

Irodalomjegyzék

[1] Koós Gábor: Piacnyitás a vasúti szektorban – A negyedik vasúti csomag. - MTA KRTK Közgazdaság-tudományi Intézet 2013. (Cikk)

[2] http//grbrail.eu/faq#fag_28> 4th Raiway Peckage – Technical Pillar

[3] http://docplayer.hu/126753987-4-vasuti-csomag-feladatok-es-ujdonsagok.html A magyar közlekedés helyzete az EU-ban 4. Vasúti Csomag Feladatok és újdonságok ALSCHER TAMÁS Főosztályvezető

[4] Kecskés László: EU-JOG és jogharmonizáció hvgorac Lap és Könyvkiadó Kft. 2003.

[5] Menyhárd Attila: Az Európai Unió irányelveinek implementálása és a nemzeti jogalkotás (PJK, 2000/4., 24-25. o.)

[6] http://alkjog.elte.hu/wp-content/uploads/AJ1_EAV_jogforrasok_2017.10.2-9.pdf JOGFORRÁSOK I-II. (összevont előadásvázlat) 2017. október 2. és 9.

[7] https://www.maut.hu/Home/TartalomCsoport/1/1?almenu=3&tcsoport=46&almenu=3&tcsoport=46 IKOP-2.1.0-15-2018-00047 A magyar vasúti műszaki és üzemi szabályok korszerűsítésére az új előírások, szabályok, rendeletek és utasítások rendszerének megalkotása

[8] https://slideplayer.hu/slide/2604096 A vasúti műszaki szabályozási rendszer (VMSZR) megújítása Dr. Horváth Ferenc és Dr. Zsákai Tibor

A nyugat-dunántúli polgári repülés története a 20. században

Dr. habil. Kalocsai Péter

Eötvös Loránd Tudományegyetem Savaria Egyetemi Központ Történelem Tanszék
telefon: 94/519-661
e-mail: kalocsai.peter@sek.elte.hu

Kivonat: A tanulmány a Nyugat-Dunántúlra fókuszálva először bemutatja a polgári repülés kezdeteit és jellemzőit (ismerkedés a repüléssel, légi bemutatók, légiposta stb.) egészen a repülési tilalom 1921. évi bevezetéséig, amelyet a trianoni békediktátum rendelt el Magyarország számára. A továbbiakban a légi közlekedés 1922., a szombathelyi pilótaképzés 1923. és a légiposta 1925. évi újraindítását ismerteti, valamint bemutatja a nyugat-dunántúli polgári repülés történetét 1945-ig. A második világháború után a légi közlekedés a MASZOVLET (Magyar–Szovjet Polgári Légiforgalmi Rt., 1946–1954), szovjet–magyar közös vállalat keretében indult meg, amely egyre bővülő hálózatot épített ki a szóban forgó régióban. A légitársaság Szombathely, Győr, Nagykanizsa és Zalaegerszeg városát, illetve repülőterét vonta be a belföldi polgári légi forgalomba. A tanulmány a továbbiakban bemutatja a MALÉV (Magyar Légiközlekedési Vállalat, 1954–2012) időszakában a nyugat-dunántúli menetrendszerű polgári légi légiközlekedést, a belföldi légi járatok 1969. évi megszüntetését és az 1982-es újraindítási kísérletet a Szeged–Szombathely–Győr–Budapest légi útvonalon. Érdekességként röviden ismerteti a sikeres és sikertelen repülőgép-eltérítési kísérleteket.

Kulcsszavak: *polgári repülés, légi közlekedés, légiposta, Aeroexpress, MAEFORT, MALERT, MASZOVLET, MALÉV, Nyugat-Dunántúl, 20. század, Győr, Nagykanizsa, Szombathely, Zalaegerszeg*

Bevezetés

Tanulmányomban be kívánom mutatni, hogy a Nyugat-Dunántúlon hogyan ismerkedtek meg a repüléssel, hogyan épült ki és mely városokat érintette a polgári légi közlekedés, kik képezhették az utazóközönséget, kik élvezhették a repülőjáratok nyújtotta előnyöket. Választ kívánok adni arra, hogy melyik időszakot nevezhetjük a vizsgált régió történetében a polgári repülés fénykorának, milyen okok, tényezők vezettek a menetrendszerű légi járatok megszűntetéséhez. A tárgyalt időszakban gyakran összefonódott a légiposta- és a személyszállítás, ezért előbbi közszolgáltatás ismertetésére is kitérek. A szovjet hadsereg magyarországi kivonulása után katonaiból polgárivá lett sármelléki repülőtérrel – bár a Nyugat-Dunántúlon található – nem foglakozom, mert nem volt szerepe a belföldi polgári légi közlekedésben. Ugyancsak nem volt célom a szóban forgó régió sport- és katonai repüléstörténetét feltárni.

1. Ismerkedés a repüléssel és az első évek (1900–1920)

1.1 Ballonok, léghajók

Az 1900-as évek elején a nyugat-dunántúliak – kortársaik többségéhez hasonlóan – még csak ismerkedtek az emberiséget már évszázadok óta foglalkoztató repülés legújabb vívmányaival. Számos újságcikk tudósított 1901 és 1922 között a térség felett elszálló ballonokról, léghajókról. [1] A *Vas* című újság a következőt írta 1901 májusában: *„Lassankint több léghajó kezd erre mifelénk járni, mint cserebogár. Úgy röpdösnek ide-oda Vas megye egészséges levegőjében ezek a tekintélyes alkotmányok, hogy innen-onnan ritkaságszámba megy az a nap, amelyen nem látnak egy-egy katonai léghajót.”* [2] Utóbbiak a k. u. k. hadsereg ekkortájt kiépülő légierejéhez tartoztak. [3] A balesetek elkerülése érdekében 1910-ben a közös hadügyminiszter meghatározta és a magyar belügyminiszter körrendeletben közzétette a katonai motoros léghajók kikötésénél követendő szabályokat és teendőket. [4] Az ekkoriban még nehezen irányítható járművek között volt olyan, amely gondot okozott a szombathelyi székhelyű Vasvármegyei Elektromos Művek Rt. munkatársainak, ugyanis 1901 májusában egy katonai léghajó leszállás közben leszakította 400 m hosszúságban Újkérnél az ikervár–soproni elektromos távvezetéket. [5] Ismertek olyan repülést bizonyító ballonrajzos levelezőlapok, amelyeket Szombathely felett ballonokból dobtak ki és a megtaláló a címzettnek elküldhette. A levelezőlapon kérték a megtalálás helyének, idejének és a megtaláló nevének

feltüntetését is. Kaprinay György Szombathely szőlősi városrészén 1912. július 28-án 12 óra 50 perckor talált ilyen levelezőlapot. [6]

1.2 Légi bemutatók és repülőversenyek

A 20. század első éveiben még nagy szenzációnak számított a nyugat-dunántúli városokban egy-egy légi bemutató vagy repülőverseny. Ezért azok megtekintésére a környező vármegyékből is érkeztek érdeklődők. [7] 1910. február 25-én a budapesti Helios Automobil Forgalmi Rt. Aviatikai Osztálya 2 db Blériot-féle monoplán repülőgépével tartandó bemutatóra tett ajánlatot Szombathely városának. Végül is a két fél között nem született megállapodás. [8] Az ajánlattevő fővárosi cég még az év májusában Sopronban tartotta meg tervezett aviatikai programját. [9] 1910. június 5 és 15 között rendezték az első budapesti (Rákos) nemzetközi repülőversenyt. Az egyik versenyszám a Budapest–Győr–Budapest útirányon lebonyolított távolsági repülés volt. A légvonalban 116 km-es utat, oda és vissza 5 óra alatt kellett megtenni. A visszalépések (motorhiba, a várható kedvezőtlen időjárás) következtében június 7-én délután csupán egy versenyző, az osztrák Pischoff indult. Monoplánjával heves zivatar és jégeső miatt először a lábatlani cementgyár mellett, majd Süttőn kényszerült leszállni – utóbbinál repülőgépe kis sérülést szenvedett, így nem tudta folytatni a versenyt. Monoplánja vonaton, ő maga pedig automobilon tért vissza Budapestre. Győrben a nagyérdemű közönség hiába várt, az egyetlenegy versenyzőnek nem sikerült a várost elérnie. [10] 1911. augusztus 17-e hajnalán Székely Mihály Bécsújhelyről (Wiener Neustadt) felszállt monoplánjával, hogy Budapestre (rákosi repülőtér) repüljön. Az útját Győrött, a katonai gyakorlótéren megszakította, hogy megreggelizzen és üzemanyaggal feltöltse légi járművét. [11] Vas vármegye székhelyén is voltak sikeres és sikertelen repülőbemutatók – utóbbira példa Takács Béla 1911. október 31-i próbálkozása. Az 1913. július 20-i repülőnapon, amelyet a Szombathelyi Sport Egylet szervezett a sporttelep mögötti réten, Dobos István a neves magyar aviatikus repült, akinek a fiatal pilóta, a borostyánkői Almásy László is a segítségére volt. A 4000–5000 főre becsült közönség zenekíséret mellett gyönyörködhetett Dobos Svachulay-féle acélcsővázas egyfedelű repülőgépével végzett bemutatójában (meredek siklórepülések, körök, nyolcasok, virágkorzó stb.). Az 1913. október 5-i szombathelyi repülőversenyt a Magyar Aero Szövetség által küldött sportbiztosok és versenyszabályok szerint tartották meg. A 10 000 főnyire becsült nézőközönség előtt az időtartam és a gyorsasági megmérettetést Dobos István, a magasságit és a távolságit (Szombathely–Kőszeg–Szombathely) Wittmann Viktor nyerte. Az említett aviatikai rendezvények további jelentősége, hogy megmutatták, Szombathelyen kedvezőek az adottságok a repüléshez, repülőtér létesítéséhez. [12]

Nyugat-dunántúli vonatkozása is volt a Schicht-díjért a Bécs (Wien) melletti Aspern repülőtéren az Österreichischer Aero Club és a Magyar Aero Szövetség 1914. áprilisi közös szervezésű nemzetközi repülőversenyének. [13] Csak az Osztrák–Magyar Monarchia országai számára rendezett versengés második etapja április 25-én reggel vette kezdetét, ekkor öt versenyző indult el a Bécs, Aspern—Győr (104 km)–Budapest, Rákos (116 km) – összesen 220 km-es – útvonalon. A győri repülőtér, ahol minimum 10 percre minden versenyzőnek le kellett szállnia, 5,5 km-re helyezkedett el a várostól. [14] Győr és Budapest városa is különdíjat ajánlott fel annak a pilótának, aki a legrövidebb idő alatt teszi meg a Bécs–Győr, illetve a Győr–Budapest közötti távot. Mindkét különdíjat a Mumb álnéven induló pilóta érdemelte ki. [15] A teljes verseny megbízhatósági díját Wittmann Viktor nyerte. [16]

1.3 Ismeretterjesztő előadások

A Magyar Mérnök- és Építészegylet igencsak aktív szombathelyi szervezete felvállalta az aviatikával kapcsolatos ismeretterjesztést is. E szakmai szervezet rendezésében 1913. április 6-án vetítéssel és modellekkel színesített előadást tartott a repülésről a Magyar Aero Szövetség néhány prominens személye, köztük például Wittmann Viktor műegyetemi tanár a Kultúrház (ma Savaria Múzeum) nagytermében. Az 1913. október 5-i repülőverseny előestéjén, annak felvezetéseként is hallgathattak az érdeklődők egy Flasching nevű pilótahadnagytól vetítettképes ismeretterjesztő előadást az aviatikáról, a léghajók és a repülőgépek fejlődéstörténetéről. A rendezvény helyszínéül ezúttal is a Kultúrház nagyterme szolgált. [17] A témával kapcsolatban a korabeli helyi sajtó a pesszimizmusát is megfogalmazta: *„minél jobban fejlődik és tökéletesedik a repülés technikája, annál több ember pusztul el szolgálatában”*. [18] Kezdetben nagyon sokféle repüléssel kapcsolatos megfogalmazást (repülőállomás, repülő posta stb.) használtak. A problémával *Az Aëro* című szaklap is foglalkozott. Idő kellett ahhoz, hogy a mai terminológiák kialakuljanak. [19]

1.4 Az első aviatikai tervek

Számos nyugat-dunántúli aviatikai tervről, tervezgetésről maradtak fenn források ebből az időszakból. Egy lokálpatrióta szombathelyi ekkortájt már fantáziát látott abban, hogy aviatikai központtá fejlesszék Vas vármegye székhelyét. Bauer Zsigmond helyi vaskereskedő volt az, aki a bécsi *„aviatikus egyesület”* tagjaként azon fáradozott, hogy *„Szombathely idegenforgalmának, a város hírnevének és tekintélyének fokozására – légtechnikai egyesület alakuljon azzal a célzattal, hogy aviatikai központot teremtsen városunkban, repülőgép-parkkal, katonai és polgári repülő állomással, repülőversenyekkel”*. [20] Véleménye szerint Szombathelynek idejében kell lépnie e téren, nehogy más városok megelőzzék. Illetékes helyekre eljuttatta tervezetét – például a közös hadügyminisztériumba, és kormánytámogatásban is bízott. Ötletét azonban sehol sem karolták fel. [21]

A Magyar Aero Szövetség a korral haladva és a repülésben rejlő előnyöket, lehetőségeket felismerve országos *„aviatikai hálózat”* kiépítésén fáradozott, [22] amelyben korábbi kedvező tapasztalatai alapján Szombathelynek is fontos szerepet szánt. Ezért 1914 márciusában a vasi vármegyeszékhelyen létesítendő repülőtér tervével fordult a település önkormányzatához. A város hozzájárulásával (5000–6000 korona) javasolták a beruházást megvalósítani. A hangárokat például a Magyar Aero Szövetség tervezte volna meg, kivitelezésük költségét a településnek kellett volna állnia. A város foglakozott a tervvel, de repülésre alkalmas területként csak a lovassági gyakorlóteret tudta ajánlani, aminek e célú használatához a hadügyi tárca nem járult hozzá. [23]

Két évvel később, 1916-ban osztrák (Österreichische Lloyd, Dampfschiffahrtsgesellschaft) és magyar (Magyar Bank és Kereskedelmi Rt.) érdekcsoportok Aero Lloyd néven légitársaság alapítását és légi úton – mérsékelt díjszabással – személy- és postaszállítás bevezetését tervezték a korabeli Magyarországon. A kiépülő hálózat egy-egy állomásának Fiumét, Nagykanizsát, Pécset, Pozsonyt, Szombathelyt stb. gondolták. [24] 1916. július 26-án a zalai sajtó is tudósított a törekvésről, hogy légi összeköttetést terveznek Budapest–Nagykanizsa–Zágráb–Fiume útvonalon. Ezért Graetz Pál mérnök, a Magyar Bank és Kereskedelmi Rt. megbízottjaként beadványt nyújtott be Nagykanizsa Város Tanácsához. Kérte, hogy a város engedjen át légikikötő létesítésére olyan 300–500 m széles és 500–800 m hosszú, a településhez közeli száraz területet, amely könnyen megközelíthető és ahová a közműveket ki tudják építeni. A városi tanács a beadványt kiadta a mérnöki hivatalnak, hogy tanulmányozza a tervet és jelöljön ki repülőtérnek alkalmas területet. Az újságíró bizakodó volt, hogy a városi tanács és a képviselő-testület mindent el fog követni az ügyben. [25] Az Aero Lloyd és a hozzá kapcsolódó tervek nem valósultak meg. Légipostajárat azonban csak két évvel később, 1918. július 4-én indult Bécs és Budapest között. A *Vasvármegye* napilap szorgalmazta, hogy Szombathelyt is mielőbb kapcsolják be a légipostába. Erre azonban nem került sor, mert szerencsétlenségek miatt megszüntették a légipostajáratot. [26] Az említett hazai légipostai tervek, próbálkozások korainak tekinthetők, hiszen a világ első polgári légipostajárata – csupán pár évvel korábban – 1911. szeptember 9-én Angliában nyílt meg London és Windsor között. [27]

1.5 Először a köz szolgálatában a Nyugat-Dunántúlon – légi hírlapszállítás Győrbe

Az első repülő próbálkozások, kísérletezések során feltehetően még nem gondoltak arra, hogy közhasználatú közlekedési eszközzé is válhat a repülőgép. Cél akkor még csupán az volt, hogy repülni tudjon az ember. *Az Újság* című napilap erről az 1911. augusztus 25-i számában a következőképp írt: *„A huszadik század azonban meghozta azt a csodaparipát, amely egyelőre egyéni vakmerőséghez, ügyességhez és rátermettséghez kötött bravúrok eszköze még, de a mely, erős hitünk szerint, bizonyos tökéletesítések után, nagy és mellőzhetetlen szerephez fog jutni a közel jövő személy- és teherszállításában. Meg vagyunk győződve róla, hogy nem telik bele egy évtized és az aeroplán diadalmas versenytársa lesz a mélyen alatta czammogó vasútnak.”* [28] A sajtócikk bizonyítja, hogy 1911-ben már Magyarországon is voltak olyanok, akik meglátták a vasút konkurensévé válható légi közlekedés előnyeit. Ismereteink szerint a Nyugat-Dunántúlon 1911. augusztus 25-én állt a köz szolgálatába először egy repülőgép. Aznap hajnalán ugyanias Székely Mihály pilóta monoplán repülőgéppel Budapestről, a rákosi repülőtérről 1 óra 40 perc és 30 másodperc alatt Győrbe szállította *Az Újság* című napilapot. Székely sikeresen landolt a katonai lőtéren, ahol rengetegen várták. Aznap kivételesen nem vasúton érkezett meg a friss sajtó Győrbe, amelynek minden példányán volt egy vörös ragasz: *„Ezt a példányt Székely Mihály repülőgépen hozta el Budapestről Győrbe.”* Ezt megelőzőleg Győrben falragaszokon harangozták be a szenzációnak számító eseményt, *Az Újság* légi úton való szállítását. A híradások szerint a városban egyébről sem beszéltek, mint Székely vállalkozásáról. [29] Eredetileg augusztus 23-ra tervezték az első légi hírlapszállítást, de a repülőgép javításra szorult és ezért 2 nappal el kellett halasztani a vállalkozást. [30] A *Vasárnapi Újság* fényképet is közölt a győri megérkezésről. [31] Feltehetően Glück József

fényképész fotóját, aki megörökítette a szenzációt. [32] A rendkívüli esemény megihlette a képeslapkiadást is, ugyanis Székely Mihály Győrött címmel képeslapot jelentettek meg. [33] A korabeli sajtótudósítások és ismereteink szerint ez volt az első légi hírlapszállítás Magyarországon. A kísérlet sikeressége felvetette az ország több, repülőgép fogadására alkalmas nagyobb városába a rendszeres légi úton való hírlapszállítás tervét. Akkoriban a hírközlés szempontjából különös jelentősége volt, hogy vidéken a fővárossal egy időben olvashattak a nagyvilágban történtekről a gyors és modern hírlapszállításnak köszönhetően. [34] A Győri Friss Újság címlapján a következőt írta: *„Megtörtént tehát a huszadik század első csodája. Reggel 4 órakor megjelent Budapesten »Az Újság« és mire Győrött kibújtunk az ágyból, kezünkbe nyomták ezt a budapesti lapot.”* [35]

1. ábra: Székely Mihály megérkezett Győrbe Az Újság című napilappal 1911. augusztus 25-én (Vasárnapi Újság, 1911. szept. 3. 720.)

1.6 A szombathelyi légikikötő létesítése – repülőtér a hadsereg szolgálatában

Olaszország az első világháború kitörésekor semleges maradt, majd a londoni egyezmény megkötése után, 1915. május 23-án hadat üzent az Osztrák–Magyar Monarchiának. Emiatt az Isonzó bal partján fekvő Görzből (ma megosztva Olaszország és Szlovénia része) [36] Szombathelyre telepítették át a repülőszázadot – a műveletet május 9-én rendelték el. [37] E szomorú esemény játszott szerepet abban, hogy 1915-ben megkezdődött a szombathelyi katonai repülőtér kiépítése (hangárok, legénységi szállások, víztorony stb.) a Söptei út mellett, a korábban már e célból jól bevált lovassági gyakorlótéren. A repülőtérnek, ahol időjárásjelző állomás is létesült, a légtér ellenőrzésében, védelmében és a pilótaképzésben volt szerepe. [38] 1918-ra Bécsújhely (Wiener Neustadt) és Graz után a Monarchia harmadik legnagyobb katonai légi kiképzőközpontjává vált. [39] A repülőtéren a Monarchia felbomlásakor 10 hangárt és 13 egyéb épületet tartottak nyilván. [40] Az első világháború befejeztével felvetődött a szombathelyi katonai repülőtér leszerelése, végül a Nemzeti Tanács elállt a tervtől. [41] E katonai repülőtér említése azért szükséges, mert ez vált a polgári repülés helyszínéül. Néhány a polgári vonatkozásai közül: A Szombathelyre telepített repülőszázad, a kiépülő légikikötő, a levegőbe emelkedő számos repülőgép érthetően nagy szenzációt jelentett a helyiek számára és annyira felkeltette az érdeklődésüket, hogy rendszeresen kijártak a repülőtérre kíváncsiskodni, nézelődni. E gyakorlat veszélyességéből adódóan már 1915. június 13-án a sajtó útján is fel kellett hívni a lakosság figyelmét, hogy a repülőtér *„látogatása életveszélyesség miatt szigorúan tilos”*. [42] 1917-ben már a szombathelyi katonai repülőgépek röpcédulák szórásában is részt vettek. [43] A gyerekeket különösen érdekelte az újdonságnak számító repülés, örömteli volt számukra, hogy ismeretbővítési céllal a helyi oktatási intézmények tanulóit kivitték a repülőtérre. [44]

2. A polgári légi közlekedés kezdete (1920) – légiposta- és személyszállítás

A közhasználatú személyszállítás történetében fontos mérföldkőnek számít, hogy 1914. január 1-jén megnyílt a világon az első menetrendszerinti utasszállító repülőjárat az USA-ban, a floridai Tampa és St. Petersburg között. A St. Petersburg–Tampa Airboat Line cég gépét – egyes források szerint apai ágon állítólag magyar származású – Tony Jannus vezette. [45] Az első világháború után felvetődött a menetrendszerinti légi utasszállítás kiépítése hazánkban is, a szombathelyi katonai repülőtér polgári használata. [46] A közlekedésügyet is irányító kereskedelemügyi miniszter 1920 tavaszán arról értesítette

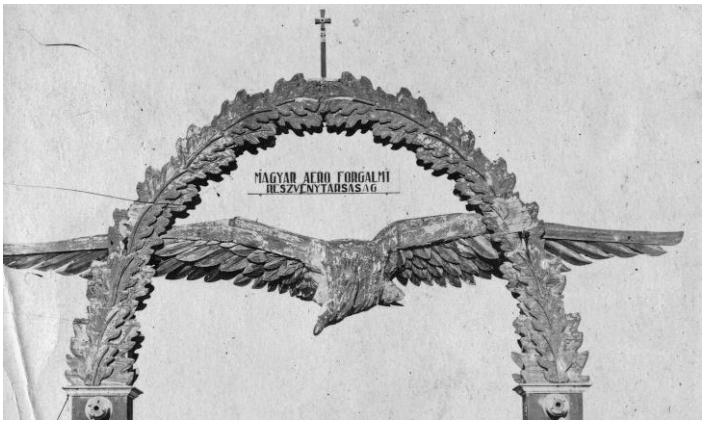
a várost és a vármegyét, hogy a magyar tőkéből kiépülő légi közlekedésben Szombathelynek, fontos szerepet szán, valamint a fejlesztés megbeszélésére miniszteri megbízottat küld a városba. A szombathelyi repülőteret személy- és teherszállításra, valamint postaforgalom lebonyolítására egyaránt használni kívánták. A nagy jelentőségű hírt a *Vasvármegye* címlapon hozta és azt is, hogy a május 17-i vármegyei közgyűlés örömmel fogadta a tervet, valamint a város és a vármegye anyagi és erkölcsi támogatást ígért. [47] Ugyanilyen tartalmú levelet Győr városa is kapott, ahol szintén örömmel vették a megkeresést és a Fehérvári út jobb oldalán elterülő legelőt javasolták repülőtérnek kiépíteni. [48]

2.1 Magyar Aeroforgalmi Rt.

1920. február 11-én megalakult a Magyar Aeroforgalmi Rt. (MAEFORT). A légitársaság mind a személy- és mind a postaszállítást célul tűzte ki. Az üzletkörébe bevonandó városok sorában, amely korabeli plakátján is jól olvasható, a Nyugat–Dunántúlról Győr, Nagykanizsa és Szombathely található. [49] A MAEFORT a repülőgépről történő hirdetéssel is foglalkozni kívánt, ezért 1920 tavaszán több repülésre alkalmas vidéki város önkormányzatához fordult, hogy engedélyezzék településük felett reklámcédulák, röpiratok szórását. Győr város polgármestere ehhez nem járult hozzá, mert úgy vélte, hogy a röplapok szórásakor csődület támadna az utcákon és az nemcsak a közforgalmat akadályozná, hanem a közbiztonságot is veszélyeztetné. [50] A szombathelyi repülőtér az épületekkel együtt 5 millió korona értékben e légitársaság tulajdonába került. [51] A MAEFORT Budapest és Szombathely, valamint Budapest és Szeged között légipostajáratot kívánt bevezetni. Az első próbajárat Vas vármegye székhelyére május 28-án érkezett meg, amely Soós Károly honvédelmi miniszteren és a postai küldeményeken túl, 1200 db *Nemzeti Újság*ot is hozott. A korabeli hírközlés, információáramlás szempontjából óriási vívmánynak számított, hogy a szóban forgó újság budapesti megjelenése után alig több mint 2 órával Szombathelyen is olvasható volt. [52] A források szerint a nyár és az ősz folyamán több alkalommal közlekedett Budapest és Szombathely között légipostajárat, amelyek a postai küldeményeken kívül a reggeli újságokat is hozták. A menetidővel kapcsolatban eltérőek a források: 1 óra 15 perc, 1 óra 30 perc. Ha utasokat is szállított a járat, a viteldíj 5000 korona/fő volt. [53] A kereskedelemügyi miniszter 1920. november 7-től engedélyezte a Budapest (Mátyásföld)–Szombathely légipostajáratot napi rendszerességgel való beindítását. A repülőgépek csak leveleket, képeslapokat, levelezőlapokat és újságokat szállíthattak – a sajtó közölte a légipostai árszabást is. A MAEFORT által üzemeltetett légi járatok menetideje 2 óra volt. Győrbe és Pápára ejtőernyővel dobták le a postai küldeményeket. Budapestről utóbbi városokba légipostán csak küldeni lehetett a küldeményeket, azokban feladni nem. [54] Sopront, ahol az északnyugat-dunántúli térség postaigazgatósága volt, úgy kapcsolták be a légipostába, hogy Szombathely és a szóban forgó vármegyeszékhely között expressz-, vagy személyvonattal továbbították a légiposta-küldeményeket. [55] November 7-én Budapestről nemcsak Szombathelyre, hanem Szegedre is megindult a légipostajárat. Az első szombathelyi járat útja nem volt szerencsés, Győrig szép időben repülhettek, a Nyugat-Dunántúlon viszont olyan havazás indult meg, hogy a kötelék mindhárom repülőgépe Szombathely közelében kényszerleszállást hajtott végre. Csak másnap jutottak el Vas vármegye székhelyére. Az érdeklődés olyan nagymértékű volt az első nyugat-dunántúli postajárat iránt, hogy először 3 repülőgépet kellett indítani, mert egy légi jármű csak 180 kg terhet szállíthatott. Szombathelyről november 8-án 14 óra 30 perckor indult vissza az első rendszeresített légipostajárat. [56] A november 7-ére, a jeles esemény alkalmából a szombathelyi légikikötőbe tervezett ünnepség az említett vis major miatt elmaradt. [57] A sajtó rendszeresen közölte, hogy mely szombathelyi postahivatalban és hány óráig lehetett feladni a légiposta-küldeményeket. [58] A nevesebb helyi kávéházakban légipostával kapcsolatos tájékoztató táblákat helyeztek el. [59] A Magyar Királyi Posta e két vidéki légi járat beindítása miatt *„LÉGI POSTA”* feliratú bélyegeket jelentetett meg. A sajtó és a posta légi úton való szállításának azért is jelentősége volt, mert a vasúton való szállítást ebben az időben a szénhiány gyakran megnehezítette, vagy lehetetlenné tette. [60] A vasúti forgalom korlátozása miatt, 1920. december 4-től szombaton és vasárnap Budapest és Szeged, valamint Budapest és Szombathely között rendkívüli légiposta-járatokat közlekedtettek. [61] A két légipostavonalon közel 5 hónap alatt 138 107 postai küldeményt szállítottak. [62]

A MAEFORT 1921 elején bővítette szolgáltatásait és a Budapest–Szombathely viszonylaton – oda és vissza is – bevezette a nem menetrendszerű személyszállítást, későbbi elnevezéssel a légitaxit, kétórás menetidővel. Az utasnak a repülési szándékát és annak pontos időpontját 24 órával előbb be kellett jelentenie az illetékes repülőtéren. Egy útra a mentejegy 10 000, a menettérti 18 000 koronába került. Szombathelyről már nemcsak expresszvonattal, hanem repülőgéppel is lehetett a fővárosba utazni – már aki anyagilag megengedhette. A szombathelyi polgár *„most már nem kénytelen egyszerű, közönséges expresszvonaton utazni, mehet repülőgépen is”* – írta büszkeséggel a *Vasvármegye* újságírója. [63] A Déli

Vasúton a Szombathely–Nagykanizsa–Székesfehérvár–Budapest Déli pályaudvar útirányon egy első osztályra szóló gyorsvonati menetjegyért – fél évvel korábban, 1920 nyarán – 325 koronát kellett fizetni. (Muszáj gondolni az inflációra!) A repülőút árának viszonyítására: 1921 januárjában a szombathelyi piacon a marhahús kilogrammja 80–84, a sertéshúsé 90–94, a tej literje 5,50, márciusában a helyi villamoson egy menetjegy 2 koronába került. [64]



2. ábra: A szombathelyi repülőtér bejárata MAEFORT felirattal 1920-ban (fényképrészlet, http://www.fortepan.hu_41539, 2018. febr. 23.)

2.2 A trianoni békediktátum és a repülési tilalom

A trianoni békediktátum repülési tilalmat rendelt el Magyarország számára, ezért betiltották, megszüntették a légi közlekedést. A repülési, valamint a légi járművek gyártására, behozatalára és kivitelére vonatkozó tilalom a ratifikálást követően 1921. július 26-án lépett életbe. Hazánk teljes repülőgép-állományát meg kellett semmisíteni. [65] A Vas vármegyei sajtó is közölte a felhívásokat, hogy a megsemmisítés érdekében minden légi járművet, repüléssel kapcsolatos anyagot és műszert lefoglalás végett be kellett jelenteni. [66] *„Összerombolják azokat az értékes és tisztán polgári gépeket, amelyekkel eddig a szombathelyi és a szegedi postaforgalmat bonyolították le”* – sajnálkozott a *Vasvármegye* újságírója. [67] A trianoni békediktátum előírásának megfelelve 1921. április 1-jével megszűnt a MAEFORT, ez a budapest–szombathelyi légipostajárat és a légitaxi-szolgáltatás leállítását is jelentette. [68] A békeszerződésbe foglaltak szerint a repülőtéri épületeket is le kellett szerelni, a bontásra Brenner János és Szende László helyi építészmérnökök vállalkozása kapott megbízást. [69]

3. A két világháború között (1922–1941)

3.1 A repülés újraindítása Magyarországon (1922)

Kara Jenő légiforgalmi főfelügyelő már a repülési tilalom idején foglalkozott azzal, hogy annak feloldása után hogyan kellene a hazai légi közlekedési hálózatot kiépíteni. Javaslatait *Az Aëro* című szaklap 1921. évi novemberi számában közzé is tette. Véleménye az volt, hogy a légiforgalmi vonalak gazdasági és kultúrközpontokat kössenek össze egymással, *„oly gócpontokat, ahol a kulturális fejlettség és az ipari felkészültség is adva van arra, hogy a forgalom lebonyolítására alakuló vállalatok belátható időn belül jövedelmezővé váljanak”*. [70] Koncepciójában a Budapest-központúságból és Magyarország fő közlekedési folyosóiból indult ki. E szempontok jól kirajzolódnak az általa közölt térképen is. Kara Jenő úgy látta, hogy a személy-, a posta- és az áruforgalmunknak legjelentősebb része Budapestről Miskolc, Debrecen, Szeged, Pécs, Nagykanizsa, Szombathely és Győr városok felé irányul. (A felsorolásban három nyugat-dunántúli város!) Szűkös anyagi viszonyaink ellenére a belföldi légi hálózatot Budapest központból ezekbe a fő irányokba javasolta kiépíteni. További indokként és egyben előnyként szolgált, hogy mindegyik légikikötő kedvező fekvése miatt a kiépülő nemzetközi légi forgalomba is könnyen bekapcsolható: például Győr a Budapest–Bécs, Szombathely a Budapest–Graz és Nagykanizsa a Budapest–Zágráb (Zagreb) légi viszonylatokba. [71] A légügyi szakemberek nagyon fontosnak tartották, hogy a repülési tilalom feloldása után Magyarországot mielőbb be tudják kapcsolni a nemzetközi légi hálózatba. Ezért még a légi közlekedés engedélyezése előtt a következő, a Nyugat-Dunántúlt is érintő nemzetközi útvonalakra kértek repülési engedélyt: München–Szombathely–Budapest–Debrecen–Odessza, valamint Budapest–Székesfehérvár–Nagykanizsa–Zágráb. [72]

A magyar aviatika újjáélesztése érdekében már 1922 elején országos mozgalom indult, Budapesten ismét megalakult a Magyar Aero Szövetség, augusztus 6-án pedig a Vas vármegyei szervezete is. A vezetésben prominens személyeket választottak: az elnöki pozícióba Herbst Géza alispánt, a díszelnökibe herceg Batthyány-Stratmann László dr.-t, az alelnöki székbe Kiskos István szombathelyi polgármestert, a választmányba többek között dr. Maróthy Lász1ó főispánt. Célul tűzték ki egyebek között a társadalom repülés iránti érdeklődésének felkeltését és fenntartását is. Ezért aviatikai ismeretterjesztő előadásokat is szerveztek, amelyeken neves légügyi szakemberek adtak elő. [73] A Magyar Aero Szövetség 1922-ben tervbe vette nagykanizsai osztályának megalakítását is. Dél-Zala központját a Trieszt felé vezető légi forgalom fontos állomásának szánták. Az előkészületek során Nagykanizsán is felkarolták az ötletet. A civil szervezetben az elnöki pozíciót dr. Sabján Gyula polgármester, a titkári tisztet pedig Walligurszky Béla mérnök vállalta magára. [74]

1922. november 17-én oldotta fel az Antant a Magyarországra vonatkozó repülési, valamint a légi járművek gyártására, behozatalára és kivitelére a tilalmat. [75] A Magyar Aero Szövetség felhívást tett közzé, pilóták és kiszolgáló személyzet jelentkezését várta, hogy a légi közlekedést mielőbb újra tudják indítani. [76] Külön gondként jelentkezett, hogy a repülési tilalom miatt a magyar pilóták kiestek a gyakorlatból. [77] Napokon belül állami szubvencióval két légi közlekedési vállalatot is alapítottak: Aeroexpress Légiforgalmi Rt. (1922–1926) és Magyar Légiforgalmi Rt. (1922–1946). [78] Géptípusaik a korabeli európai élvonalba tartoztak. [79] A szombathelyi repülőtér a létesítményekkel együtt az utóbbi légitársaság tulajdonába került. [80] A Magyar Légiforgalmi Rt. (MALERT) üzletkörébe személy- és áruszállítás is tartozott. Vállaltak expressz szállítást az országon belül és Bécsbe (Wien) is, valamint sétarepüléseket Budapest és az ország festői vidékei felett. [81] A repülési tilalom feloldására számítva már 1922. március 1-jével felállították a mátyásföldi, a miskolci, a szegedi, a székesfehérvári és a szombathelyi repülőtér-gondnokságokat, amelyek a légügyi közigazgatás elsőfokú hatósági szerveiként működtek. Területi hatáskörük a csendőrkerületekével megegyezett. Megszervezésükre azért is szükség volt, hogy a rejtett légierők alakulatainak elhelyezéséhez polgári színezetű repülőtéri szolgálatokat biztosítsanak. Ugyanis a polgári repülés egyik fontos céljának tartották, hogy elősegítse majd a katonai repülés újraindítását, ha aktuálissá válik. A szombathelyi repülőtér-gondnokság felügyelete alá Sopron, Vas és Zala vármegyék tartoztak. [82] A légi tilalom feloldása után sajnos nem készült sem program, sem terv a hazai légi közlekedés, a polgári repülésügy fejlesztésére, aminek hátterében a kellő felismerés hiánya, a katonai és a külpolitikai vonatkozások egyaránt állhattak. Az előnyös földrajzi adottságok ellenére nemzetközi légi járataink a Nyugat-Dunántúl légterét használva csak nyugatra, illetve délnyugatra – Ausztriába és Ausztrián át Olaszországba – vezettek. Magyarország tehát csak korlátozottan tudott a nemzetközi légi hálózatba bekapcsolódni. Tapasztalatszerzés és gyakorlás céljából ezért szükségessé vált a belföldi légi forgalom mesterséges fejlesztése. Már ekkor ajánlás volt, hogy a repülőterek a városközpontokhoz minél közelebb helyezkedjenek el és közöttük jó összeköttetést létesítsenek, mert csak így érvényesülhetett a légi közlekedés előnye – a gyorsaságban rejlő időnyerés. A repülőtereken az utasok és a személyzet számára is javasolták biztosítani a telefonálási, elszállásolási és ellátási lehetőségeket. [83] 1935-ig a polgári repülésben téli üzemszünetet tartottak, ekkor végezték a járművek karbantartását és felújítását, valamint a gépek műszaki felszereltsége sem tette lehetővé kedvezőtlen időjárási viszonyok esetén a biztonságos repülést. [84] 1925-ben Magyarországon már 53 repülőgép bonyolította le a légi forgalmat (személy- és áruszállítás). [85]

3.2 Pilótaképzés Szombathelyen

1923-ban újraindították a pilótaképzést Szombathelyen. [86] Erre a célra a Magyar Légiforgalmi Rt. (MALERT) 1923 és 1926 között jelentős szubvenciót kapott a magyar államtól – a honvédelmi tárca keretéből a Kereskedelemügyi Minisztériumon keresztül –, hogy a katonai repülőiskola fedőszervi feladatait ellássa. [87] A repülőgép-vezető iskola szervezeti kereteit 1924 nyarán állították fel, parancsnokának vitéz Kenese Waldemárt nevezték ki, aki augusztus 18-ától töltötte be a pozíciót. [88] A szombathelyi pilótaképzésre vonatkozóan belügyminiszteri rendelet született. [89] 1927. augusztus 25-én hivatalosan is megalakult a Szombathelyi Állami Repülőgépvezető Iskola. Ezáltal formailag is megszűnt a költségek burkolt kezelése. [90] 1928 és 1929 májusában Budapesten, a mátyásföldi repülőtéren rendezett repülőnapon sikeres bemutatót tartottak a szombathelyi repülőgép-vezető iskola oktatói és növendékei. [91] Az 1933. április 30-i soproni repülőnap reggelén is a szombathelyi pilótaiskola egyik gépének motorbugása ébresztette a város lakosságát. A rendezvényhez aviatikai kiállítás, két ismeretterjesztő előadás és repülőgép-keresztelő is kapcsolódott. [92]

3.3 A nyugat-dunántúli légikikötők

Az 1920-as évek végén jelentős beruházások kezdődtek a katonai és polgári funkciót is betöltő szombathelyi repülőtéren: új emeletes parancsnoki épületet adtak át, nagyobb hangárok épültek, „B" (a söptei határban) majd „C" és „D" (Vát határában) repülőtér létesült. Az 1930-as években folytatódtak a beruházások, például 1933-ban új legénységi épületet, iránymérő házat, 1936-ban repülőgép-javító műhelyt avattak stb. A katonai és a polgári légi irányítás számára a szükséges műszerezettséggel külön-külön építettek iránymérő házat. [93] A szombathelyi repülőtér adatait 1930-ban a következőképp adták meg: földrajzi szélesség 47º17' N, földrajzi hosszúság 39º19' E, mágneses elhajlás 4º5', tengerszínt feletti magasság 215 m, a legközelebbi vasútállomás: Szombathely 4,5 km S, a legközelebbi vasúti megálló: Szombathely–Repülőtér, posta és távíróállomás: Szombathely, telefon és meteorológiai állomás a repülőtéren. Hangárméretek: 2 db vas 35x26 m, 1 db falazott 20x40 m, 3 db falazott 20x60 m. [94] A szombathelyi repülőtérre telepített rádió iránymérő-állomás körzeti repüléstájékoztatást és forgalomirányítást is végzett 1945-ig. [95] Lékay-Lingauer Albin helyi újságírónak, politikusnak 1935-ben az volt a véleménye: *„Szombathelyt régi repülőtere predesztinálja arra, hogy belőle fejlesszék ki a hazai és nemzetközi repülőforgalom egyik fő állomását."* [96]

Nagykanizsán a vasútállomás közelében lévő, úgynevezett „Prater-legelőt" használták repülőtérnek. [97] Zala vármegye legjelentősebb városa, legfontosabb közlekedési csomópontja ebben az időszakban még nem rendelkezett kiépített légikikötővel. 1929. január 20-án tartotta alakuló közgyűlését a Győri Aero Klub, [98] a Magyar Aero Szövetség tagegyesülete. Az új civil szervezet 1929. május 5-én már repülőnapot rendezett Győrben. [99] Ők kezdeményezték a győri repülőtér létesítését, [100] próbálkozásuk azonban nem járt sikerrel. A korabeli szaklapok híradása szerint a klub repülőtér hiányában 1931-ben lényegében még nem működött. [101] A győri repülés története szempontjából kiemelkedő jelentőségű, hogy 1937-ben a helyi Magyar Waggon- és Gépgyár Rt.-ben repülőgép-javító és -gyártó (WM–21 Sólyom, Focke-Wulf Fw 58 Weihe, Messerschmitt Bf 109 G típusú katonai repülőgépek) részleget szerveztek. A vagongyár profilbővítése játszott szerepet abban, hogy annak közelében, repülőteret építettek 1938–1939-ben. E kezdetben csak füvesített repülőtér – az uralkodó széliránynak megfelelően – hosszában északnyugat–délkeleti irányban feküdt. A légikikötő nyugati oldalán létesítették a repülőgépgyár végszereldéjét, a hangárokat és további szükséges épületeket. [102] Az új légikikötőt 1939. június 4-én *„repülőparádé"-val* avatták, amelyen számos prominens személy vett részt, például Albrecht királyi herceg és felesége, Háry László ezredes a légierő parancsnoka stb. A programban gépkeresztelő, légi bemutató, sétarepülés, modellverseny és még számos műsorszám szerepelt. Sopron felől filléres vonat hozta az érdeklődőket, a városháza elől 60 filléres viteldíjjal indultak autóbuszok a helyszínre, de sokan taxival utaztak a repülőtérre. A tudósítások szerint Győrben rendezvény még ekkora tömeget soha sem vonzott. A helyi sajtó és Albrecht herceg is kiemelte, hogy 1 év alatt valósult meg a vagongyári repülőtér. [103] *„A repülőteret ... a vagongyár létesítette, ennek áldozatkészsége nélkül Győrnek nem volna repülőtere"* – írta dr. Drobni Lajosra, a helyi Aero Klub elnökére hivatkozva a korabeli sajtó. [104] A győri meteorológiai szolgálat a továbbiakban a repülőtéren működött. [105]

3.4 A nyugat-dunántúli polgári légi közlekedés

A hazai repülés újraindításával egyből még nem indultak mentrendszerű polgári légi járatok a Nyugat-Dunántúlról. Az Aeroexpress Légiforgalmi Rt.-től viszont már alkalmi járatokat is lehetett rendelni. Ennek köszönhetően gróf Mikes János szombathelyi megyéspüspök – dr. Palkó János püspöki titkár kíséretében – repülővel utazhatott hivatalos jelentéstételre Rómába 1923. május 7-én és 10 nappal később vissza is. Még az indulás előtti nap a püspök megszemlélte a repülőtér hangárjában a Junkers típusú kétfős személyzet és négy utas szállítására alkalmas repülőgépet. A H–MACE jelű, 1180 kg tömegű repülőgépről annyit lehet tudni, hogy a németországi Dessauban a Junkers Flugzeugwerke Aktiengesellschaftban készült, 185 LE-s motorral rendelkezett, 130 km/h sebességre volt képes és 2000 kg-ig lehetett terhelni. [106] Magyarországon a nyilvántartásba vett légi járműveket öt betűből álló jellel látták el ekkoriban, ami egyben a jármű hívójeléül is szolgált. Az előírásoknak megfelelően az első betű mindig az országunk nevét jelentő H, a második pedig az M lajstromozási jel volt. [107] A korban szenzációnak számított a püspök légi útja – számos cikk jelent meg erről nemcsak itthon, hanem külföldön is. Mikes hazaérkezése után adott interjújában úgy nyilatkozott a helyi lapnak, hogy az olasz újságok azt emelték ki, ő az első püspök, aki repülőgépen utazott a Vatikánba. [108] A H–MACE jelű Junkers gép – Rómából való visszatérése után – Szombathelyről Budapestre vezető visszaútján is szállított utasokat. A híres Almásy László pilótát, Horváth János püspöki iskolai igazgatót és Körmendy

László püspöki szertárost. A menetidő 1 óra 15 perc volt. [109] A repülési tilalom feloldása után az illetékes hatóságok az alábbi légi útvonalra is engedélyt adtak: München–Szombathely–Budapest–Debrecen–Odessza, – bár ez a viszonylat *„1923-ban még nem kapcsolódott be a légi forgalomba”*. [110] Ugyancsak engedélyt adtak a Budapest–Székesfehérvár–Nagykanizsa–Zágráb útvonalra is. [111] Egy sajtóhíradás szerint 1925 nyarára tervezték a Szombathely és Budapest közötti légi járat beindítását. [112] A MALERT 1926-ban kapott engedélyt a Budapest–Graz vonalra, amelyen a légi forgalmat még az év októberében be is indították. Budapestről (Mátyásföld) Tata–Kisbér–Szombathely útirányon repültek a gépek a stájer fővárosba. A járat rentábilisabbá tétele érdekében a légitársaság kérte a Kereskedelemügyi Minisztériumot, hogy a járat oda- és visszaútban Szombathelyen és Győrben is – leszállhasson. *„Szombathelyről igen élénk személyforgalomra van kilátás Budapesttel, Győrrel és Gráccal”* – volt az érv. [113] A törekvés nem tudni miért, de nem valósult meg. Alkalmi járatok repültek Budapestről Győrbe is, például a Magyar Aero Szövetségnek volt egy utazórepülése ezen a légi útvonalon 1928. szeptember 20-án. [114] Az Aviatika szaklap 1929-ben arról írt, hogy az Olaszország felé irányuló idegenforgalmunk, a két ország közötti kapcsolat indokolttá tenné a közvetlen olasz–magyar légi közlekedés mielőbbi felvételét. Szombathelyi leszállással javasolták megvalósítani a vonalat Trieszt vagy Velence irányába. [115] 1931 júliusában vihar miatt az osztrák–magyar határ mellett fekvő Bucsu község határában szállt le a Velence és Bécs között közlekedő Junkers típusú utasszállító, az utasokat vonattal szállították előbb Szombathelyre, majd Bécsbe. [116] 1928-ban a belügyminiszter engedélyt adott két 10 üléses és két 17 üléses utasszállító, valamint három futárposta repülőgépnek, hogy július 1-jétől október 1-jéig Bécs és Szombathely között repüljenek. [117] Az Österreichische Luftverkehrs Aktiengesellschaft (ÖLAG) járatott e vonalon saját és a Deutsche Luft Hansától bérelt Junkers típusú polgári repülőgépeket. [118] A szombathelyi repülőtéren készült számos korabeli fényképen láthatók az ÖLAG Junkers típusú utasszállítói. A fennmaradt fotók tanúsága szerint számos európai ország (Anglia, Ausztria, Franciaország, Németország, Olaszország) polgári repülőgépe megfordult a szombathelyi légikikötőben a Horthy-korban. [119] 1928 júniusában az ICAN (International Commission for Air Navigation, Nemzetközi Légi Navigációs Bizottság) új ország-azonosító felségjelzéseket vezetett be a légi járműveken. Magyar vonatkozásban annyi változás történt, hogy az új rendszerben egy A betűt tettek a régi H után. Így a magyar felségjelű légi járművek lajstromjele a továbbiakban HA-val kezdődött, [120] – a hazai gyakorlatba azonban csak egy-két évvel később, 1932-től ment át. [121]

3. ábra: Az osztrák ÖLAG Junkers G 24he típusú, A–100 lajstromjelű utasszállítója a szombathelyi légikikötőben 1930 körül. (MNL VaML, Nagy Géza hagyatéka)

Szombathelyen, Szegeden és Székesfehérváron kívül – korabeli lapvélemény szerint több évi késlekedés után – az 1930-as évek elejére a vidéki városok közül Debrecenben Kaposváron, Miskolcon, Nyíregyházán és Pécsett is létesültek, vagy újultak meg repülőterek. Ennek köszönhetően a MALERT 1930-tól a Budapest–Kaposvár–Pécs, valamint a Budapest–Debrecen–Nyíregyháza, 1932-től pedig a Budapest–Miskolc vonalon nyitott és tartott fenn menetrendszerű járatokat olyan repülőgépekkel, amelyek a nemzetközi forgalom céljaira is megfeleltek. A vidéki városokkal az alacsony utasszám miatt csak állami támogatással volt fenntartható a menetrendszerű légi forgalom, a gazdasági világválság idején ez különösen kedvezőtlen tényezőnek számított. [122] Sajnos, a belföldi polgári légi közlekedés ezen időszakára vonatkozóan kevés információ ismert. Ugyanakkor a fényképek tanúsága szerint a MALERT utasszállítói számos alkalommal landoltak a szombathelyi légikikötőben. [123] Az ország-gyarapítást követően, 1940-től a belföldi légi járatok száma előbb a Budapest–Kassa–Ungvár, majd a Budapest–Nagyvárad–Kolozsvár–Marosvásárhely vonallal nőtt. [124] Megjelentek a reklámhordozó repülőgépek a nyugat–dunántúli városok felett is, például a Schmoll pasztát népszerűsítő Győrben, Sopronban és

Szombathelyen. [125] A vizsgált korszakban repülőnapot többször rendeztek Sopronban is, a helyi repülőtéren. [126]

3.5 Légiposta

A Pesti Hírlap szerkesztősége 1925. május 10-től merész vállalkozásba kezdett, lapjukat a hajnali órákban repülőgéppel terjesztették Budapest mátyásföldi légikikötőjéből előbb Miskolc, Nyíregyháza, Debrecen, Szeged, majd Pécs irányába, valamint a Nyugat–Dunántúlra. A sajtóhírek szerint a MALERT H–MABC és a H–MABD (Fokker F.III típusú utasszállítók), az Aeroexpress Légiforgalmi Rt. pedig H–MACE jelű (már említett Junkers típusú) repülőgépét vonta be a szolgálatba. [127] Ezért kért utóbbi légitársaság 1925-ben leszállási engedélyt Nagykanizsa városától, hogy repülőgépei landolhassanak a helyi Práterben, [128] pontosabban a pályaudvar közelében levő, úgynevezett Práter-legelőn. Nagykanizsát 1925. július 12-én vonták be a hazai légiposta-hálózatba. E vasárnapi napon reggel 6 órakor szállt le a nagykanizsai első légi járat, amely Budapestről érkezett és a *Pesti Hírlap*ot szállította a nyugat-dunántúli városba. A budapest–nagykanizsai légipostajárat érintette Zalaegerszeget, Keszthelyt és Tapolcát is, de e városokban nem szállt le a repülőgép, csak ledobták a postát. Az újságíró büszkén jegyezte meg, hogy Nagykanizsa az egyetlen város, ahol landol a postarepülőgép, ahol benzint vesz fel és félórai tartózkodás után folytatja útját. A korabeli sajtótudósítás szerint a repülőjáraton Nagykanizsáról Budapestre személyszállítást is terveztek. [129] A *Pesti Hírlap* fényképet is közölt az első járat megérkezéséről. [130] Vasárnaponként Nagykanizsára rendszeresen közlekedett a repülőgép, míg 1925. augusztus 2-án leszállás közben a felázott talajba süllyedt, majd felfordult. Az Aeroexpress Légiforgalmi Rt. monoplán repülőgépe (H–MACE lajstromjelű) súlyos sérüléseket szenvedett, eltört a propellercsavarja és több alkatrésze is megrongálódott. Szerencsére a gép vezetőjének és kísérőjének, Holzmayer Tatai Lajosnak és Róla Zoltánnak nem történt komolyabb bajuk. Számos nézője volt az órákon át a kerekeivel az ég felé fordult repülőgépnek. [131] Winkler László szerint 1925–1926-ban tartották fenn a vidéki városokba a hajnali, főleg újságokat szállító légipostajáratokat, [132] amelyek esetenként utasokat is szállítottak. [133]

1929. április 3-án ismét légipostajárat indult Budapest (Mátyásföld) és Szombathely között. A repülőgép 12.15-kor érkezett Szombathelyre és 16.00-kor indult vissza kétórás menetidővel. A postai szállítás idejének megrövidülésén kívül nagyon kedvező tényező volt, hogy nem kellett a levelek után pótilletéket fizetni és az expresszleveleket a fővárosban még aznap kiszállították. A Szombathely környéki postahivatalok számára is fel lehetett adni légipostán közönséges, ajánlott és expresszleveleket, valamint postautalványokat is. [134] A május 6-án a légi járat Szombathelyről visszaútban Pápateszér határában – motorhiba miatt – kényszerleszállást hajtott végre. *„A gépen csak a pilóta ült, utasa nem volt”*. Utóbbi megjegyzésből valószínűsíthető, hogy igény szerint utasokat is szállíthatott a postajárat. [135] A budapest–szombathelyi és a budapest–szegedi járatokon kívül más légipostai viszonylatok megnyitását is tervbe vették (például a fővárosból Kaposvár felé), ha a szükséges repülőgépek rendelkezésre állnak és a légi szállítás kifizetődne. [136] Az egyik korabeli szaklap véleménye szerint, *„ha egy normális forgalmi repülőgép 200 kg postarakományt szállíthat, akkor az a légiforgalmi járat már kifizeti magát.”* [137]

4. A második világháború idején (1941–1945)

A második világháború idején a hadi állapotba került országokban a polgári légi forgalmat többnyire korlátozták, vagy megszüntették – így tettek hazánkban is. A belföldi járatok közül legtovább a Budapest–Kassa–Ungvár és a Budapest–Nagyvárad–Kolozsvár–Marosvásárhely vonalon közlekedtek a repülőgépek. A polgári személyzetet a légierő állományába sorolták át, a járművek katonai festést, jelzéseket és új lajstromjeleket kaptak. Az utasforgalmat jellemzően csak a hivatalos személyek alkalmi utazásai képezték.[138]

A közel két évtizedes – lényegében folyamatos – fejlesztéseknek köszönhetően a második világháború idején a katonai és polgári funkciót is betöltő szombathelyi repülőtér épületeinek a száma megközelítette már a 70-et (polgári iránymérő ház, rádió-adóállomás, csendőrségi épület, posta, kantin, üzemanyagraktár, tüzelőanyag-raktár, tűzoltószertár, gépkocsiszín, transzformátorállomás, diesel áramfejlesztő gépház, szivattyúház, víztorony, nőtlen tiszti épület, kertészház, növényház stb.) [139] Magyarország második világháborúba való belépése (1941. június 27.) után a szombathelyi repülőtér légi forgalma különösen megnőtt. [140] Az első légitámadás 1944. július 26-án érte a szombathelyi repülőteret. Ezt követően rendszeressé váltak a légitámadások. 1944. szeptember 8-án 14 és 15 óra között több mint 80 repülőgép körülbelül 1000 db bombát dobott a repülőtérre. Október 20-án telitalálatot kapott és megsemmisült a polgári légi irányítást végző iránymérő ház. Míg kezdetben angol és amerikai gépek,

1945 februárjától már szovjetek is bombázták a repülőteret és természetesen a várost is. A kifutópálya bombatölcséreit munkaszolgálatosokkal próbálták betemettetni, hogy a fel- és a leszállást biztosítani tudják. A front közeledtével a távozó német alakulatok is számos robbantást hajtottak végre a még épen maradt, vagy használható objektumokon. A Vörös Hadsereg 1945. március 29-én foglalta el az akkor már teljesen szétbombázott repülőteret. A korabeli légi fényképfelvételek jól érzékeltetik és bizonyítják a pusztítást. [141] A hazai repülés centenáriumára megjelent szakirodalom a megsemmisített légikikötőről a következőt írta: *„A szombathelyi repülőtér 30 évig az ország egyik legfontosabb repülőtere volt.”* [142]

Fejlesztések a győri légikikötőben is történtek, például 1940-ben 1100 m hosszú és 106 m széles betonkifutót építettek. A repülőtér a betonpályán kívüli része füvesítve és alagcsövezve volt. Ugyanebben az évben motoros iskolát nyitottak és repülőgép-vezető képzés indult. [143] Innét végezték a helyben gyártott repülőgépek berepülését. A repülőgépgyártás miatt a győri gyár és a mellette elterülő repülőtér is kiemelt katonai célpontnak számított, ezért súlyos károkat szenvedett a második világháborúban. Különösen nagy pusztítást okozott az 1944. április 13-i bombatámadás, amelynek fő célpontja a vagongyár és a repülőtér volt, utóbbira ledobott mintegy 2000 db 10 kg-os repeszbomba mind a létesítményekben, mind a repülőgépekben óriási kárt okozott. A győri repülőteret is először az angolszász szövetségesek, majd a szovjetek bombázták, e támadások következtében vált romossá. [144] A második világháború az egész hazai polgári repülés teljes pusztulását is okozta. [145]

5. A szocializmus első időszaka – MASZOVLET (1946–1954)

5.1 Előkészületek a hazai és a szombathelyi polgári repülés újraindítására (1945–1946)

Közismert, hogy a Szovjetunió Magyarország felszabadítása és megszállása után gyökeres politikai, gazdasági, társadalmi átalakítási folyamatot indított el, amelynek része volt 1947–1949 között az államosítás. Az új gazdaságpolitikai koncepciót a magánszektor felszámolásán kívül még a központosítás, a tervgazdálkodás és a szovjet példa követése jellemezte. Ezen irányvonalnak megfelelően került sor a közlekedés átszervezésére is. [146] Ezért a Horthy-korból örökölt *„régi légiforgalmi társaságot: a MALERT-et likvidálni kellett.”* [147] A légi közlekedés második világháború utáni újraindításának alapvető nehézségei közé tartozott, hogy egyetlen egy utasszállító repülőgéppel és használható közforgalmú repülőtérrel sem rendelkezett Magyarország. [148] A témában magyar és szovjet kormányközi tárgyalások kezdődtek, amelyek eredményeként 1946. március 29-én megalapították a Magyar–Szovjet Polgári Légiforgalmi Rt.-t (MASZOVLET). A légitársaság alapító okiratában a közlekedési vállalkozás céljai között megfogalmazták a belföldi polgári légi közlekedés újraindítását Magyarország területén, valamint mindkét kormány beleegyezésével a nemzetközi légi forgalomba való bekapcsolódást. A magyar kormány 1946. április 26-án hagyta jóvá a magyar–szovjet légitársaság megalapítását. A MASZOVLET tényleges vállalati tevékenységét 1946. augusztus 1-jén kezdte meg, részben szovjet és részben a korábbi MALERT-től átvett politikailag megbízható személyi állománnyal. [149] A tervek között szerepelt ekkor Békéscsaba, Debrecen, Győr, Kaposvár, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Szeged és Szombathely bekapcsolása a belföldi légi forgalomba, valamint a légipostajáratok és a légi fuvarozás fejlesztése. [150] A légi forgalom közelgő bevezetése miatt, a Közlekedésügyi Minisztérium 1946 szeptemberében megállapította a repülési magasságot (1500 m) Magyarország légterében. [151]

A szovjet megszállás után, a leereszkedő vasfüggöny és az államhatár közelében fekvő szombathelyi repülőtéren a katonai repülést nem kívánták újraindítani, csak a polgáriban gondolkodtak. Ez ügyben 1945 novemberében Budapesten tárgyalt Németh István, Szombathely polgármestere Gerő Ernő közlekedési miniszterrel. [152] A Kereskedelem- és Közlekedésügyi Minisztérium Légügyi osztálya még 1945-ben átadta Szombathely városának a repülőtér polgári repülés céljaira nem alkalmas rompületeit, hogy a bontásból kinyert anyagokat a város újjáépítésére használják fel. [153] A magyar állam 1946. március 29-én, a MASZOVLET megalapításnak napján, a légitársaságnak apportként átadta többek között a 1,5 km^2 (150 hektár) nagyságú szombathelyi repülőteret is. [154] Meg kellett kezdeni a romeltakarítást, majd a légikikötő újjáépítését, ami nagyon elhúzódott. [155] Hisz 1947 februárjában is még a következőt írta a helyi sajtó: „*A szombathelyi repülőtér még mindig tele van elhagyott és fel nem robbant bombákkal.”* [156] A meteorológiai és a rádiószolgálatot is újjá kellett szervezni, hogy a repülőtérről a gépeknek jelenteni tudjanak, biztosítva legyen az összeköttetés. A szombathelyi, valamint a szegedi és a debreceni repülőtéren működött ekkoriban csak olyan középhullámú rádióadó, amely meghívásra önbemérésekre adott jeleket. [157] A légiforgalmi felvételi épület műszaki felülvizsgálatát –

már a menetrendszerű polgári légi közlekedés megindulása után – 1946. november 20-án tartották meg. [158]

1946. április 28-án közölte a helyi sajtó a nagy szenzációt, hogy a döntést, amely szerint belföldi menetrendszerű polgári légi járat lesz Budapestről Szombathelyre, *„a rádió is közölte már”*. [159] Júliusban megkezdődött a toborzás a Szombathelyi Légiforgalmi Rendőrkapitányság őrszemélyzetének feltöltésére. [160] A második világháború okozta kényszerű szünet után és több mint félévi előkészítő munkának köszönhetően 1946. október 10-én Gerő Ernő közlekedésügyi miniszter sajtótájékoztatón jelentette be, hogy október 15-én megindul a belföldi légi közlekedés a fővárosból Szombathelyre és Debrecenbe. [161]

5.2 Újraindul a szombathelyi polgári repülés (1946)

A légi járat beindításának hírére Németh István, a város polgármestere sajtó útján kérte a szombathelyieket, hogy az első utasszállító fogadási ünnepségén minél többen vegyenek részt. Még a menetrendszerű forgalom beindulása előtt, 1946. október 14-én, hétfőn megjelent egy ezüstszínű repülőgép Szombathely felett és repülés-népszerűsítő röplapokat szórt. Másnap, 1946. október 15-én 8.30-kor, ünnepi keretek között a kor díszleteivel felruházott budaörsi repülőtérről elindult az első belföldi légi járat a Budapest–Szombathely viszonylaton. A HA–LIB lajstromjelű Li–2-es repülőgépet Stifter János pilóta vezette. Ünnepélyes fogadtatás várta az első járatot a szombathelyi légikikötőben is. Két autóbusz szállította ki a fogadóbizottságot (megyei és városi vezetők, a hatóságok és a pártok vezetői, nemzetgyűlési képviselők, szovjet városparancsnok, a MÁV helyi vezetői, a sajtó munkatársai stb.) a helyszínre, a még romos repülőtérre. Az első járattal érkező 16 utas sorában találhatjuk a légitársaság és a Közlekedésügyi Minisztérium vezetőit, a közlekedési államtitkárt, a Szakszervezeti Tanács képviselőjét, fotóriportereket és újságírókat. Az ünnepélyes fogadás után a meghívott vendégek negyedórás sétarepülésen vehettek részt a város felett. A szombathelyi légikikötőnek az első járat beindításakor csak egy ép épülete volt, abban alakították ki az utasok számára a várótermet és a hideg büfét is – ott látták vendégül a fogadásra meghívottakat. A légiposta- és a csomagforgalom is megindult. Tűzveszélyes és bűzt árasztó árukat nem lehetett feladni, a csomagfeladást helyben a Schöntag Testvérek szállítmányozási cég intézte kilogrammonként 74 fillérért. A légipostai felár a levelek esetében 20 grammonként 10 fillérbe került. 1946-ban megnyílt a légiposta forgalom számos külföldi ország felé is. Kedvezőnek számított, hogy naponta két járat kötötte össze Szombathelyt a fővárossal. Budapestről 8.15-kor és 14.20-kor, Szombathelyről pedig 9.10-kor és 15.15-kor indultak a járatok. Így a vasiak egy nap alatt meg tudtak fordulni a fővárosból. A menetidő 45 perc volt. A menetjegy egy útra 135 Ft-ba került. Az utasok 10 kg poggyászt vihettek fel a gépre, túlsúly esetén kilogrammonként a repülőjegy árának 1%-t kellett fizetni. Két utas vagy fekvőbeteg szállítására alkalmas Po–2 típusú repülőgépek Szombathelyre telepítését is tervezték – elsősorban a légitaxi-szolgáltatás biztosítására. [162]

4. ábra: A budaörsi repülőtér 1946. október 15-én, az első belföldi légi járat, a szombathelyi megindításakor. https://archivum.mtva.hu/photobank/item/MTI-FOTO-dW11V1Urd3c5OGIzQlQ3aXNlTS9HZz09, 2019. ápr. 9.)

Li–2 típusú 21 utas befogadására alkalmas, 250 km/h sebességre képes kétmotoros –egyenként 1000 LE-s – gépek repültek Budaörs és Szombathely között. A légitársaság számára természetbeni alaptőkeként a

szovjet fél adta a Li–2-es gépeket. A járműveket az USA-tól vásárolt DC–3 licence alapján gyártották a Szovjetunióban. [163] A repülőgépek fehérre festett utasterében szürke bőrülések voltak (baloldalon kettős, a jobbon egy üléssor), közöttük szőnyeg futott végig, felettük pedig szellőztető berendezés szolgálta az utasok kényelmét. [164] A Li–2-es utasszállítók a *„legkényelmesebb ülőhelyekkel vannak ellátva”* – írta az *Új Vasvármegye* napilap 1947-ben. [165]

5.3 A Nyugat-Dunántúl a magyar belföldi polgári légi közlekedésben (1946–1954)

A belföldi légi forgalomba bekapcsolandó városok sorrendjét befolyásolta, hogy mekkora mértékű volt légikikötőjükben a háborús pusztítás és mikorra tudták alkalmassá tenni azokat légi járművek indítására és fogadására. Szombathely és Debrecen után Szeged volt a következő város, amelyet sikerült bevonni a polgári légi légiközlekedésbe 1946. november elején. Közben már előrehaladtak a győri légikikötő romeltakarítási és helyreállítási munkálatai is. 1946. december elejére a kifutópályáját már sikerült kifogástalan állapotba hozni, az épületek viszont még romosak voltak. Az egyik rendbe hozott épületszárnyban alakították ki a várótermet, a büfét és a forgalmi személyzet helyiségét. Megszervezték a meteorológiai szolgálatot is. 1946. december 15-én ünnepi külsőségek között fogadták az első Budapestről érkező két utasszállítót, amelyek politikusokat és a MASZOVLET vezetőit hozták a járatavatásra és a repülőtér megnyitására. [166] Bár a helyi sajtó 1947. október 5-én is még csak a következőt közölte: *„Rövidesen elkészül a váróterem s a büffében ételeket és frissítőket szolgálnak fel majd az utasoknak.”* [167] Győrt 1946. december 16-tól kapcsolták be napi egy járattal a menetrendszerinti polgári légi forgalomba, a Budapest–Szombathely viszonylat közbenső állomásaként. A győri leszállás miatt Szombathelyről Budapestre és vissza is a menetidő 1 órára módosult. A főváros és Győr, valamint a két szomszédos megyeszékhely között is 25 percig tartott a repülőút. [168] A változások nem váltottak ki osztatlan örömöt a nyugati végeken. Kedvezőtlen tényezőnek tartották, hogy a járatok számát egyre csökkentették. A továbbiakban egy nap alatt nem lehetett megfordulni a fővárosból és a reggeli járatot többen vették volna igénybe, mint a délutánit – volt a korabeli lapvélemény. Az egy járat, valamint a győri leszállás miatt megnőtt az utazók száma is, ezért többször előfordult, hogy férőhely hiányában lemaradtak az utasok a repülőgépről. Ekkoriban jellemzően minden belföldi légi viszonylaton 1 járatpárt üzemeltettek. A szombathelyiek hiába szorgalmazták többször a reggeli járat visszaállítását éveken át nem történt változás. [169] Győr viszont kedvezőbb helyzetbe került. 1947. március 31-től egy reggeli járatpárt kapott a fővárossal – oda és vissza is. [170] A menetidő 1947-ben utóbbi viszonylaton 30 percre emelkedett. [171] 1949. május 1-jétől történt annyi előrelépés, hogy reggel 8.00-kor indult a repülőjárat Szombathelyről Győrön át Budapestre, ahova 9.20-kor érkezett meg. Visszaútban 16.10-kor szállt fel Budaörsön és 17.30-kor landolt a vasi megyeszékhelyen. Egy nap alatt ismét meg lehetett fordulni a fővárosból és egy hónappal később már a Balatonról is. Igazi szenzációnak számított, hogy 1949 nyarán vasárnaponként repülőjáratot közlekedtettek Szombathely és Siófok között. Reggel 8.00-kor indult a repülőgép Vas megye székhelyéről és 8.30-kor már a Balaton-parti városban landolt, 19.30-kor indult vissza és 20.00-kor már meg is érkezett Szombathelyre. A vasiak örömét tovább fokozta, hogy 1949. július 1-jétől visszaállították a napi két járatpárt a Budapest–Győr–Szombathely légi viszonylaton. Az öröm nem tartott sokáig, mert 1950-ben ismét csak egy járatpárt üzemeltettek a szóban forgó viszonylaton. Csak az 1951. évi nyári menetrenddel állította vissza a MASZOVLET a két repülőjáratot (reggeli és délutáni) a Nyugat-Dunántúlra, amelyek aztán meg is maradtak. [172]

A hároméves terv keretében a MASZOVLET fokozatosan hat vidéki várost kapcsolt be a rendszeres belföldi légi közlekedés hálózatába: 1946-ban Szombathelyt, Debrecent, Szegedet és Győrt, 1947-ben Pécset és Miskolcot. A debreceni járatok 1947. június 22-től szálltak le Miskolcon, a pécsiek pedig 1948 júliusától Siófokon, de csak a nyári idényben. [173] A *Repülés* című szakfolyóirat is ismertette a MASZOVLET kül- és belföldi járatait – ekkoriban még az utóbbiak voltak a meghatározók. [174] Az első ötéves tervben célul tűzték ki a vidéki városok egymásközti légi összeköttetésének megteremtését. 1950-ben a budapest–miskolci járat meghosszabbításával sikerült Nyíregyházát is bevonni a belföldi légi közlekedésbe. 1950. május 8-án a budaörsi repülőtérről az újonnan elkészült ferihegyire terelték át a légi forgalmat, így a nyugat-dunántúli járatokat is, amelyek menetideje ezért 10 perccel megnőtt. [175] 1950 novemberében – az ötéves terv keretében – kezdtek új füves repülőtér építésébe Nagykanizsa határában, a Bajcsai út mellett. Magyarország 1945 utáni első, teljesen újonnan épített korszerű közforgalmi légikikötőjét és annak forgalmi épületét 1951. július 8-án avatta Bebrits Lajos közlekedés- és postaügyi miniszter, aki rengeteg résztvevő előtt megígérte, hogy hamarosan Zalaegerszeget is bevonják a polgári légi forgalomba. Az eseményen részt vett Andrej Bocskarev, a MASZOVLET vezérigazgatója is. A MASZOVLET Nagykanizsán a Fő út 8. szám alatt nyitott utas- és áruforgalmi irodát. Az új nagykanizsai repülőtérrel a Nyugat-Dunántúlon háromra emelkedett a közforgalmi repülőtérrel rendelkező városok

száma. A menetrendszerinti utasforgalom július 9-én indult meg. A budapest—nagykanizsai vonalon a menetidő 1 óra 15 perc volt. Egy menetjegy 65, a menettérti jegy 117 Ft-ba került, a poggyászért kilogrammonként 65, az áruért 50 fillért kellett fizetni. Menettérti jegy váltásakor 10%-os kedvezményt adtak. [176] Megkezdték az utasszállítók és a légi áruszállítás (baromfi, tojás, engedélyezett élelmiszerek, mezőgazdasági cikkek) reklámozását is. Az utasokat a városközpont és a repülőtér között a MASZOVLET autóbusza szállította. [177] 1952-re tervezték a Szombathely–Nagykanizsa légi viszonylat megnyitását, a nyugat-dunántúli városok légi úton való összekötését. Az 1952. április 6-án életbe lépett nyári menetrenddel ezt a törekvést sikerült megvalósítani, hisz új, Nagykanizsáról induló légi járatok szerepeltek benne Pécs és Szombathely–Győr felé. Utóbbi esetben a reggeli budapest–győr–szombathelyi járatot hosszabbították meg Nagykanizsáig. A menetidő a teljes viszonylaton 2 óra 15 percig, Szombathely és Nagykanizsa között csupán 35 percig tartott. Nagykanizsáról Szombathelyre 35, Pécsre 40, Győrbe 80, Budapestre 135 perc alatt lehetett légi úton eljutni. [178]

Április 6-tól repülőgépjárat
nyári menetrend

7,00	16,35	ind.	Budapest	érk.	7,30	18,00
7,45	17,10	érk.	Győr	ind.	6,45	17,15
7,55	17,30	ind.	Győr	érk.	6,35	17,05
8,30	18,05	érk.	SZOMBATHELY	ind.	6,00	16,30
8,40		ind.	SZOMBATHELY	érk.		16,20
9,15		érk.	Nagykanizsa	ind.		15,45

Felvilágosítás, jegyeladás, árufeladás:
Maszovlet, Köztársaság-tér 17. Telefon: 3561.

5. ábra: Vasmegye, 1952. ápr. 3. 4.

Április 6-tól
uj közvetlen légijáratok

Nagykanizsa—Pécs	Forint	64.—
Nagykanizsa—Szombathely	Forint	64.—
Nagykanizsa—Győr	Forint	124.—

10 százalékos menettérti kedvezmény.

Jegyeladás, felvilágosítás, árufelvétel
MASZOVLET, Nagykanizsa, Sztálin-u. 8. Telefon: 15—00.

6. ábra: Zala, 1952. ápr. 3. 4.

1. táblázat: Menetrend (1953. nyár) [179]

6.05	9.10	16.25	↓ ind.	Szombathely	↑ érk.	8.45	16.00	18.00
6.40	9.45	17.00	↓ érk.	Győr	↑ ind.	8.10	15.25	17.25
6.55	10.00	17.15	↓ ind.	Győr	↑ érk.	7.55	15.10	17.10
7.40	10.45	18.00	↓ érk.	Budapest (Ferihegy)	↑ ind.	7.10	14.25	16.25

1953. május 11-től a nyári idényben már három járatpár repült Budapest és Szombathely között győri leszállással. [180] 1953 őszétől ismét csak két járat közlekedett e viszonylaton, a reggel Budapestről induló járat gépe Szombathelyről útban Nagykanizsára már Zalaegerszegen is leszállt. Ugyanis 1953. augusztus 30-án ünnepélyes keretek között Zala megye székhelyén (andráshidai) repülőteret avatott – több ezer ünneplő jelenlétében – Bebrits Lajos közlekedés- és postaügyi miniszter, valamint Andrej Bocskejev a MASZOVLET vezérigazgatója. Az új füves közforgalmi légikikötőt a 781. számú úton, majd arról letérve az repülőtérhez vezető bekötőúton lehetett megközelíteni. Másnap menetrend szerint megindult a légi forgalom (Li–2-es utasszállítók) Zalaegerszeg és a főváros között. Az új repülőjárat azért is volt nagy jelentőségű, mert akkoriban mind közúton és mind vasúton nagyon hosszú volt a két város között a menetidő. Gyorsvonaton hat és fél órába telt, míg az utas Zala megye székhelyéről eljutott Budapestre. Repülőgéppel alig több, mint egy órára volt szükség. [181] A zalai sajtó erről így írt: *„A legfiatalabb közlekedési ág Zalaegerszeget, ezt az eldugott várost is bekapcsolta, az ország lüktető vérkeringésébe.”* [182] Zala megye székhelyén is belekezdtek a légi járatok reklámozásába. [183] A légitársaság utas- és áruforgalmi irodát a Széchenyi téren nyitott. 1953. szeptember 7-től a reggeli járat a fővárosból Győr és Szombathelyen át közlekedett Zalaegerszegre, a délutáni közvetlenül Budapestről érkezett, mindkettő továbbrepült Nagykanizsára. [184] A Budapest–Győr–Szombathely–Zalaegerszeg–Nagykanizsa viszonylat lehetővé tette a nyugat-dunántúli városok közötti gyors utazást. A téli időszakban viszont ismét csak egy, reggel induló járattal lehetett a Nyugat-Dunántúlról a fővárosba utazni. Tavasztól ismét több járatot közlekedtettek. Az 1954. évi téli menetrendet (1954. november 1-jétől 1955. január 31-

ig volt érvényben) már úgy készítették, hogy a Budapest–Győr–Szombathely–Zalaegerszeg–Nagykanizsa viszonylaton közlekedő reggeli járatról átszállási lehetőséget biztosítottak a Nagykanizsa–Kaposvár–Pécs–Budapest útvonalra. Így a Nyugat-Dunántúlról már Somogy és Baranya megye székhelyére is el lehetett jutni repülővel. [185] *Ha egy utas 9.45-kor Szombathelyen repülőgépbe ül 11.40-kor Kaposváron, 12.25-kor Pécsett lehet."* – méltatta a lehetőséget a korabeli szaksajtó. [186] Indokolt esetben, nagyszámú helyfoglalás esetén a MASZOVLET mentesítő repülőgépet indított, például 1950 húsvétján és pünkösdjén plusz egy járatot közlekedtettek Szombathelyről Győrön át Budapestre és vissza is. 1950. október 31-én a Budapest–Győr–Szombathely útirányon, november 1-jén (mindenszentek) és 7-én (bolsevik hatalomátvétel Oroszországban, kommunista ünnep) valamennyi belföldi viszonylaton szünetelt a légi forgalom. Ugyancsak teljes üzemszünetet tartottak karácsonykor, szilveszterkor és 1952-ben már húsvét hétfőn is. [187]

A személyszállító járatokon kívül áruszállító- és postajáratok is közlekedtek. Kezdetben a feladott kevés árut az utasszállítók el tudták vinni. Az áruszállítók forgalma fokozatosan nőtt, az 1950-es években bizonyos árukra szállítási korlátozásokat kellett bevezetni. 1951-ben az egyik Li–2-es gépet áruszállítóvá alakították át. [188] A légi szállítás növekedését jól érzékelteti, hogy annak volumene Szombathelyen 1954-ben az előző évihez képest szinte megduplázódott. [189] A MASZOVLET-irodák kezdetben magáncégekkel, majd államosításuk után az új, 1949 novemberében megalapított budapesti központú Belföldi Szállítmányozási Vállalat (BELSPED) vidéki kirendeltségeivel intéztették a házhozszállítást. [190] Szombathelyről például Budapestre 50, Debrecenbe 100, Győrbe 30, Miskolcra 90, Pécsre 100 és Szegedre 90 fillér/kg díjszabással lehetett árut feladni légi szállításra. [191] A légi áruszállítással kapcsolatban rengeteg reklám jelent meg a korabeli újságokban. [192] A járatok indítása az időjárástól függött. Akkor szállhattak fel a repülőgépek, ha a látótávolság legalább 1 km, a szél erőssége nem haladta meg a 60 km/h-t és a felhőmagasság minimálisan 200 m volt. [193] Mivel a gépek *„nem rendelkeznek megfelelő műszerekkel"* ködös időben és kedvezőtlen téli időjárás esetén nem szállhattak fel, ezért *„a lázasan készülődő utasok hoppon maradnak"* – foglalkozott a gyakori problémával az *Új Vasvármegye* újságírója is. [194] A nagy hideg és a hó miatt 1947-ben előbb januárban szünetelt napokig a légi közlekedés a Nyugat-Dunántúlra. Majd az újabb nagy havazások és hóakadályok (esetenként 2 m-es hótorlaszok) miatt februárban ismét. [195] 1948 őszén a rossz időjárási viszonyok miatt a budaörsi légikikötő nem tudta fogadni a Velence–Budapest nemzetközi légi járatot, ezért az Szombathelyen landolt. Az utasokat és a személyzetet a helyi nagyszállóban (korábban Kovács Szálló, később Hotel Savaria) szállásolták el. [196]

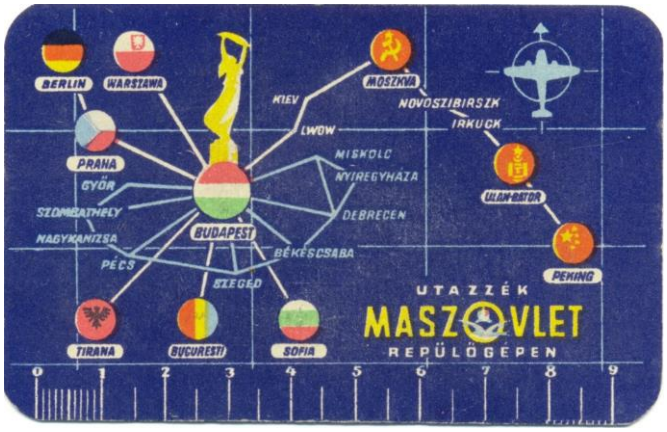
5.4 Menetrend és menetdíjszabás

A menetrend gyakran változott, hisz tavaszi, nyári, őszi és téli menetrenddel dolgozott a légitársaság. A nappalok hosszabbodása vagy rövidülése befolyásolta a délutáni jártok indulását, őszi és a téli időszakban a korábbi sötétedés miatt hamarabb indultak vissza a repülőgépek Budaörsre. Az első Szombathelyről induló repülőjáratra a helyi IBUSZ-irodában tudtak jegyet váltani az utasok. 1947-ben a Fő tér 36. szám alatti épületében működött az IBUSZ menetjegyirodája. 1949 májusától már a Fő tér 17. szám alatt megnyílt MASZOVLET-irodában lehetett intézni a helyfoglalást és a menetjegyváltást. [197] A MASZOVLET valamennyi, a polgári légi forgalomba bevont nyugat-dunántúli városban nyitott és működtetett utas- és áruforgalmi irodát, Győrben az Idegenforgalmi Pavilonban (Szent István út), [198] Zalaegerszegen a Széchenyi téren. Nagykanizsán 1953-ban a MASZOVLET-iroda a Fő út 8. szám alól az Erzsébet tér 1. szám alá költözött át. [199] Az utasszállítók felszállása előtt előbb 50, majd 40 perccel korábban indított autóbuszokkal szállították ki az utasokat a légikikötőkbe. A személydíjszabás kezdetben a MÁV gyorsvonati első osztályú menetjegyénél 25%-kal volt magasabb. A repülőjegy 5 Ft kötelező biztosítási díjat is tartalmazott. Az árudíjszabás esetében az expresszáru-díjszabás 15%-ával kellett többet fizetni. Az első díjszabás szerint a Budapest és Szombathely közötti 177 km hosszú repülőútra 135 Ft-ba került a menetjegy. A győri leszállás bevezetése után a két szomszédos megyeszékhely között a mentjegyért 60, a menettértiért 108 Ft-t kellett fizetni. A belföldi járatok alacsony kihasználtsága arra sarkallta a légitársaságot, hogy forgalomnövelési céllal a jegyárak csökkentésébe kezdjen. 1947. február 1-től Budapestről Debrecenbe, Pécsre és Szombathelyre 90, Szegedre 70, Győrbe 60 Ft-ért lehetett repülni. Győr és Szombathely között 50 Ft-t kellett fizetni. Menettérti jegyet az utasok 10%-os kedvezménnyel tudtak vásárolni. 1947-ben olyan menetrendet vezettek be, hogy az Alföldről érkező utasok Budaörsön rövid időn belül továbbutazhattak a Dunántúlra, az ilyen tranzitutazásokra kedvezményesen lehetett menetjegyet váltani. Míg 1948-ben 90, addig 1952-ben 110 Ft-ot (ekkor a menettérti jegy ára 200 Ft) kellett fizetni egy Budapest–Szombathely repülőútra. [200] *„A repülés nem luxus többé Magyarországon"* – adta hírül a *Vasmegye* című napilap. [201] Ugyanis 1948-ban mind a

magánosok és mind a vállalatok számára 15%-os bérletkedvezményt vezettek be. Kivételes alkalmakon kedvezményesen is lehetett repülni. Például az 1946 őszén rendezett budapesti református napokra 50%-os menetjeggyel utazhattak a vasiak. 1950-ben a *„felszabadulás napján”*, az április 4-i fővárosi ünnepi rendezvényekre 30%-os kedvezménnyel lehetett Szombathelyről és Győrből a fővárosba repülni. A Népstadion 1953. augusztus 20-i megnyitására a MASZOVLET a Dunántúlról csak Nagykanizsáról és Szombathelyről indított különjáratot. [202] Élő állatot nem szabadott az utasszállítókra felvinni, legfeljebb ölebet szájkosárral és pórázzal az összes utas beleegyezése esetén – a viteldíj ilyen esetben először a menetjegy 25, majd 30%-a volt. [203]

5.5 Utazóközönség

A belföldi polgári légi közlekedés újraindításakor ígéretesnek tűnt az utasforgalom a Nyugat-Dunántúlról, hisz az első héten a szombathelyi járat felülmúlta a debrecenit. [204] Az első évben az átlagos utasforgalom a Budapest–Szombathely vonalon 8,5, a Budapest–Szeged járaton 5,2, a budapest–debrecenin csak 4 fő volt. [205] A sajtó büszkén és sikerként közölte, hogy az első teljes naptári üzletévben, 1947-ben a MASZOVLET 41 604 utas szállított, míg a MALERT az utolsó békeévben, 1938-ban csak 3769 főt. [206] Az utazóközönséget nem a közember, hanem főleg hivatali kiküldöttek, vállalati vezetők, az államigazgatás fontosabb pozícióiban lévők alkothatták. 1949-ben a közszolgálati alkalmazottak, 1950-ben pedig a vállalat- és az ügyosztályvezetők számára engedélyezték, hogy hivatalos kiküldetésük során a repülőjáratokat igénybe vegyék. Az 1950-es években a vállalatvezetők kiküldetéseik, budapesti útjaik során – céges autók híján – gyakran vehették igénybe a repülőgépeket. A kor viszonyait ismerve a turisztikai célú utazás nem lehetett jellemző. A MASZOVLET gazdaságtalanul, állandó pénzügyi nehézségekkel és állami árkiegészítéssel működött. Ebben számos kihasználatlan járata is szerepet játszott. Pedig nagy gondot fordított a reklámozásra az újságokban és a hirdetőoszlopokon. [207]



7. ábra: MASZOVLET-reklám egy 1953. évi kártyanaptáron (Dr. Pozsonyi János gyűjteménye)

6. A szocializmus további időszaka – MALÉV (1954–1969)

6.1 A Nyugat–Dunántúl a magyar belföldi polgári légi közlekedésben (1954–1967)

1954-ben a szovjet–magyar kétoldalú tárgyalásokon a közös vállalatok megszűntetéséről döntöttek. Ennek következtében a MASZOVLET-ből hazánk kivásárolta a szovjet részesedést. A légi közlekedés lebonyolítására új – tisztán magyar – céget hoztak létre a Magyar Légiközlekedési Vállalatot (MALÉV), amely 1954. november 26-án kezdte meg önálló tevékenységét. A légitársaság működésében ekkor még domináns szerepet játszó belföldi légi járatok megmaradtak. [208] A MALÉV alapításakor még a következő 12 város volt a belföldi légi forgalomba bekapcsolva: Békéscsaba, Budapest, Debrecen, Győr, Kaposvár, Miskolc, Nagykanizsa, Nyíregyháza, Pécs, Szeged, Szombathely és Zalaegerszeg. A légitársaság tervei között szerepelt többek között a közlekedésbiztonság fenntartása, az áruszállítás növelése, a légitaxi-szolgáltatás bevezetése is. [209] Valószínű a következő évben szüntették meg a nagykanizsai légi járatokat – a továbbiakban nem ismert adat odairányuló forgalom fenntartásáról! A MALÉV nagykanizsai irodáját a helyi repülőklubnak szánták, végül a Zala Megyei Iparcikk Kiskereskedelmi Vállalaté lett a helyiség. [210] 1959-ben a zalai sajtó arról írt, volna igény arra, hogy Nagykanizsát visszakapcsolják a polgári légi forgalomba. [211] A MALÉV fejlődését a szakemberhiány nagymértékben megnehezítette. Mivel a polgári repülőgépek mozgósítás vagy háború esetén a légierő

szállító alakulatait képezték, ezért csak politikailag és katonailag különösen megbízható szakembereket vehetett fel a légitársaság. [212] Az 1956-os forradalmi eseményekig napi két járattal lehetett a Nyugat-Dunántúlról Budapestre utazni, valamint vissza is. [213]

Az 1956. évi forradalmi események során, november 4-én a Ferihegyi repülőtér szovjet katonai ellenőrzés alá került. A repülést szüneteltették egészen 1957. január 29-ig, másnap indult újra a belföldi légi közlekedés elsőként a Budapest–Miskolc–Debrecen járattal. [214] A Budapest–Szombathely és a Budapest–Zalaegerszeg viszonylaton csak április 15-én indult meg a forgalom. Először csupán egy közvetlen – győri leszállás nélküli – járatpár szolgált a főváros és a vasi megyeszékhely között igen kedvező, 65 perces menetidővel – ugyanennyi idő alatt ért a repülőgép a fővárosból Zala megye székhelyére. [215] Idő kellett ahhoz, míg a légi közlekedésben a forradalom és szabadságharc előtti forgalmi viszonyokat vissza tudták állítani. Csak az őszi menetrenddel indítottak ismét napi két járatot a Nyugat-Dunántúlra, [216] amelyek meg is maradtak, de Győrt továbbra sem érintették. [217] 1956-ban lezárult a menetrend szerinti győri polgári légi közlekedés. A bővítésre nem alkalmas vagongyári repülőtér 1958-ban megszűnt, helyette a Győrtől 16 km-re fekvő Péren létesült légikikötő, amelyet viszont nem vontak be a menetrendszerű polgári légi forgalomba. [218] 1957. szeptember 2-tól körjáratokká szervezték át a nyugat-dunántúli repülőjáratokat. Reggel Budapest–Szombathely–Zalaegerszeg–Budapest, délután pedig Budapest–Zalaegerszeg–Szombathely–Budapest útirányon repültek a gépek. [219] 1958-ban a főváros és 5 vidéki város között vasárnaponként is repült egy-egy utasszállító, Szombathelyre és Zalaegerszegre nem. A két nyugat-dunántúli város légikikötője 1958. április 1-jétől vasárnaponként nem fogadott és nem indított menetrend szerinti járatokat. [220] Hétköznapokon 2-3 járat repült a főváros és a zalai megyeszékhely között. [221] 1959-ben hétköznapokon összesen 14 belföldi légi járat közlekedett hazánkban. [222] Ekkor a vasi megyeszékhelyről a fővárosba közvetlenül 65 perc, zalaegerszegi leszállás esetén 1 óra 35 perc alatt lehetett légi úton eljutni. [223] 1960-ban úgy állították össze a légi menetrendet, hogy mindkét nyugat-dunántúli körjáratnak a ferihegyi repülőtéren csatlakozást biztosítottak Debrecenbe, Miskolcra, Nyíregyházára és Szegedre. [224] 1961-ben Szombathely és Budapest, valamint Zalaegerszeg és Budapest között ismét közvetlenül repült a két járatpár, a menetidő 10 perccel rövidült. Az utasszállítók a továbbiakban 55 perc alatt tették meg a főváros és a két nyugat-dunántúli megyeszékhely közötti távolságot, 1964-ig csak hétfőtől szombatig. [225] 1962-től visszaállították a korábbi körjáratokat. [226] A MALÉV működésében 1961-ig a belföldi légi forgalom volt a meghatározó, csak 1962-től múlta felül a külföldi járatok utasforgalma a belföldiekét. [227]

2. táblázat: A körjáratok menetrendje (1962. tavasz)[228]

6.30	↓ ind.	Budapest (Ferihegy)	↑ érk.	19.20
7.30	↓ érk.	Szombathely	↑ ind.	18.15
7.40	↓ ind.	Szombathely	↑ érk.	18.05
8.00	↓ érk.	Zalaegerszeg	↑ ind.	17.45
8.10	↓ ind.	Zalaegerszeg	↑ érk.	17.35
9.15	↓ érk.	Budapest (Ferihegy)	↑ ind.	16.30

A Li–2-es repülőgépeket közben elkezdték kivonni a forgalomból. Az őket felváltó új Il–14-es gépek pedig csak korlátozottan használhatták a fejletlen infrastruktúrájú vidéki füves repülőtereket. Ezért a MALÉV 1963. december 14-én megszüntette a miskolci, nyíregyházi és szegedi járatait. Az 1963–1964. évi téli forgalmi szünet után Ferihegyről már csak négy vidéki városba, Debrecenbe, Pécsre, Szombathelyre és Zalaegerszegre közlekedett belföldi légi járat. A járatokon Il–14 típusú repülőgépek szolgáltak. [229] Az első – Ács László vezette – Il–14-es repülőgép, amelynek lajstromjele HA–MAB volt, 1964. április 13-án, hétfő reggel érkezett Szombathelyre. A késői kitavaszodás miatt ebben az évben – a tervezett február 24. helyett – csak ekkor indult meg a menetrendszerű légi forgalom a vasi repülőtérről. Az Il–14-es szovjet gépek a Li–2-esekhez képest erősebb két motorral, vakrepülésre is alkalmas navigációs berendezéssel, kényelmesebb utastérrel rendelkeztek, 32 fő utas befogadására és akár 400 km/h sebességre is képesek voltak. A belföldi légi forgalomban azonban legfeljebb 350 km/h

sebességgel repültek. Budapest és Szombathely között 55 perces menetidővel közlekedett a napi két járat. [230] 1964. május 18-tól Zalaegerszeget is bekapcsolták a légi forgalomba a korábbi körjáratok visszaállításával, ezen a napon szállt le ott az első Il–14-es. [231] Előtte felkészítették az Il—14-esek fogadására a zalaegerszegi repülőteret. E géptípus számára a kifutópályát 1530 m hosszúra meghosszabbították és 400–400 m végbiztonsági sávot is létesítettek. [232] A két szomszédvár között a menetidő ekkor 12 perc volt. 1965 márciusától csupán hétköznapokon – szombat és vasárnap kivételével – fogadott és indított menetrend szerinti járatokat a szombathelyi és zalaegerszegi légikikötő, [233] – e tényező, és néhány sajtótudósítás arra enged következtetni, hogy továbbra is az utasok többsége hivatalos útján vette igénybe a repülőjáratokat. [234] Tóth László a MALÉV belföldi légi járatairól szóló írásában országosan 70–80%-ra tette azon utasok arányát, akik hivatalos minőségben utaztak repülőgépen. [235] Bár rokonaim és a szombathelyi főiskola egykori oktatói, volt kollégáim közül is néhányan éltek e lehetőséggel privát utazásaik során. [236] A körjáratokon – a Balaton felett is repülve – Il–14 típusú repülőgépek szolgáltak egészen a megszűntetésig. [237] 1967 decemberében, a téli üzemszünet bevezetése előtt szállt fel az utolsó menetrendszerinti légi járat Szombathelyről és Zalaegerszegről. [238] Ekkor még nem lehetett tudni, hogy 1968 tavaszán nem lesz folytatás. A Zalai Hírlap még arról tudósított, hogy a MALÉV téli menetrendje 1967. november 1-jétől 1968. március 31-éig lesz érvényben. [239]

8. ábra: Egy Li-2-es már MALÉV felirattal a szombathelyi légikikötőben 1960 körül. (MNL VaML, fotóarchívum)

9. ábra: Előkészítik a MALÉV 1966. március 7-én újrainduló belföldi légi járatain – köztük a szombathely–zalaegerszegin – szolgáló Il–14-es típusú repülőgépeket a Ferihegyi repülőtéren. Fotó: Lajos György. (https://archivum.mtva.hu/photobank/item/MTI-FOTO-UHVXaE9UN2RMbWlZbjJCaXUrVFdHUT09, 2019. ápr. 9.)

A téli forgalmi szünetet és a rossz időjárást leszámítva ebben az időszakban is folyamatos volt a légi áruszállítás. [240] Általában a személyforgalommal együtt indították be a posta- és az áruszállítást. [241] Csomagot, árut 20 kg súlyhatárig lehetett feladni. [242] A források, a korabeli reklámok alapján feltehetően a napi két utasszállítóval vitték a küldeményeket is. [243] Bár 1957 augusztusában a MALÉV menetrendszerű belföldi teherszállító repülőgépek közlekedtetésével is próbálkozott Budapest és a Nyugat-Dunántúl (Szombathely, Zalaegerszeg), valamint még néhány vidéki város között, [244] – a légitársaság terveiben már 1955-ben szerepelt az áruszállítás növelése. 1960 májusától a posta vasút helyett a reggeli repülőjárattal küldte az expresszleveleket Budapestről Szombathelyre és Zalaegerszegre. [245] A MALÉV a nyugat-dunántúli légi viszonylatokon az Il–14-es gépek forgalomba állítását követően

már nem reklámozta az áruszállítást. Bár egy sajtóforrás szerint külföldre e repülőgépekkel is szállítottak árut. [246]

6.2 Menetrend és menetdíjszabás

A menetrendekhez (tavaszi, nyári, őszi, téli) a MALÉV-irodákban ingyenesen lehetett hozzájutni. [247] Ez kedvező volt az utazóközönség számára, hisz a korai sötétedés miatt továbbra is gyakran változott a menetrend, például 1955-ben őszén először szeptember 12-től október 1-jéig, majd október 3-tól november 5-ig volt érvényben egy-egy őszi menetrend, a téli pedig 1955. november 8-tól egészen 1956. február 10-ig. A MASZOVLET és kezdetben a MALÉV is – az időjárástól függően – próbálta télen is fenntartani a légi forgalmat. 1958-ban december 25-től 1959. január 4-ig, 1959-ben pedig december 7-től 1960. január 15-ig szünetelt csupán a belföldi légi közlekedés. 1960-tól már többnyire december 20-ától február közepéig leállították a belföldi légi járatokat, arra hivatkozva, hogy a vidéki repülőterek nincsenek megfelelő navigációs berendezésekkel felszerelve és ezekben a légikikötőkben az utasszállítók fel- és leszállását az időjárás nagymértékben befolyásolja. Természetesen, az év bármely időszakában bekövetkezett kedvezőtlen időjárási körülmények esetén is szüneteltették a belföldi légi közlekedést, [248] például 1965 májusában és júniusában a zalaegerszegi légikikötő egy ideig nem tudott repülőgépeket fogadni a felázott talaj – betonkifutó hiányában – miatt. [249] A vidéki repülőterek talajviszonyainak alakulásától függően indultak tavasszal újra a járatok. 1963-ban és 1965-ben is az elhúzódó kemény tél miatt el kellet halasztani a belföldi légi járatok február 15-ére, illetve 22-ére tervezett megindítását. [250] 1963. március 5-én például a szombathelyi repülőteret még 25 cm-es hótakaró fedte, ezért késett a légi közlekedés megnyitása, csak április 1-jétől indult meg a légi forgalom. [251] A repülés szempontjából kedvezőtlen meteorológiai viszonyokra hivatkozva a MALÉV 1964-ben már december 5-től, 1965-ben pedig december 4-től leállította a nyugat-dunántúli légi járatait. [252] A téli forgalmi szünet alatt is állandó ügyeletet tartottak a légikikötőben, karbantartást végeztek, folytatták a meteorológiai adatszolgáltatást, szakmai továbbképzéseket szerveztek, szükség esetén pedig biztosították a légi úton történő beteg- és gyógyszerszállítást. [253] Míg a MASZOVLET időszakában húsvétkor mentesítő légi járatokat is közlekedtettek a fővárosból Győr és Szombathely felé, addig 1958-ban egyáltalán nem lehetett a szóban forgó viszonylaton utazni, sőt az ünnepet megelőző április 4-én, a *„felszabadulás”* ünnepén sem. [254] Előfordult, hogy az utasszállítók nem tudták a menetrendet betartani, például 1960. június 18-án 2 órás késéssel landolt a MALÉV járata Zalaegerszegen kilenc utassal. [255]

A MALÉV-iroda Zalaegerszegen a Madách utca 1. szám alatt működött. [256] Elhanyagolt állapota miatt számos kritika érte. [257] 1966-ban költözött az új és a kor igényeinek megfelelő Kovács Károly téri helyiségbe. [258] A repülőjáratokra a helyfoglalást és a menetjegyváltást Szombathelyen továbbra is a MALÉV Fő tér 17. szám alatti irodájában, majd 1958-tól a Mártírok tere 2. számú ház földszintjén kialakított helyiségében lehetett intézni. 1960-ban a MALÉV utazási irodája átköltözött a Széll Kálmán utca 5-be. 1968. június 1-jétől már a MÁV Szombathelyi Igazgatósága üzemeltette utóbbi helyen a menetjegyirodát, ahol nemcsak a vonatokra, hanem a MALÉV bel- és külföldi járataira is lehetett menetjegyet váltani. Az utasokat a városközpontok és repterek között továbbra is a légitársaság autóbuszaival szállították. [259] Ekkoriban Budapestről Szombathelyre és Zalaegerszegre az egy útra szóló repülőjegy 125, a menettérti 250 Ft-ba került. [260] MALÉV is folytatta szolgáltatásai népszerűsítését, az Il–14-es utasszállítókkal való Szombathelyre és Zalaegerszegre való utazást. Tájékoztató füzeteket is megjelentetett, hogy megismertesse az utasokat a MALÉV-vel kapcsolatos tudnivalókról. Hirdetésekben hívta fel az utazóközönség figyelmét, hogy menetjegyeiket előre váltsák meg. Rendszeresen reklámozta, hogy a repülőjárataival való utazás esetén a szombathelyiek és zalaegerszegiek – egy nap alatt megfordulva – kényelmesen megtekinthetik a Budapesti Ipari Vásárt, erre az útra 20%-os menetkedvezményt biztosított. [261] A MALÉV belföldi járatain a SZOT-beutaltak 15%-os menettérti kedvezménnyel utazhattak üdülni. A vidéki lakosság a budapesti Országos Mezőgazdasági Kiállítás és Vásár megtekintésére 10–20%-os menetkedvezményt vehetett igénybe. 1964-ben már szombathelyi indulással és ferihegyi átszállással is hirdette külföldi járatait a légitársaság, például Kassára, Pozsonyba. [262] Voltak, akik a Nyugat-Dunántúlról a MALÉV-vel utaztak Budapestre, hogy onnét szintén repülővel folytassák útjukat külföldre. [263]

Sajnos csak kevés utasforgalmi adat ismert. 1961 második negyedévében 26 841 utast szállított belföldi menetrendszerű járatain a MALÉV, s ebből közel 10 százalék, 2667 fő jutott a budapest–zalaegerszegi járatra. [264] 1966-ban 5607, 1967 első felében pedig 2527 utasa volt e viszonylatnak. A főváros és a vasi megyeszékhely között 1961. második negyedévében 1171, [265] 1966-ban 5557, 1967. első félévében

pedig 2563 fő utazott. [266] A belföldi légi járatokon stewardessek nem dolgoztak. [267] Meglepő, hogy e kis utasterű repülőgépeken szabadott dohányozni. [268] A zalaegerszegi légikikötőben 1966 augusztusában egy törzsutast külön köszöntöttek, mert századszor utazott Zalából – előbb Nagykanizsáról, majd Zalaegerszegről – a fővárosba, a híradás szerint főleg hivatalos utjai során repült. [269]

6.3 A hazai és a nyugat-dunántúli belföldi polgári légi járatok megszűntetése (1968–1969)

1968 fontos mérföldkő a magyar gazdaság és közlekedés történetében, mert január 1-jével bevezették az új gazdasági mechanizmust, majd október 17-én elfogadta a parlament a közlekedés megreformálásáról szóló tervet, az 1968. évi közlekedéspolitikai koncepciót. Különösen az utóbbi számos változást hozott a magyar közlekedés fejlődésében. Például nem kívánta támogatni a deficites belföldi légi forgalom fenntartását, a nemzetközi légi szállítási igények kielégítése, a külföldi viszonylatok számának emelése, a devizahozam növelése lett a kitűzött cél. A már említett és korábban bevezetett új gazdasági mechanizmus fontos eleme volt a vállalati önállóság növelése, a piaci elveknek, folyamatoknak megfelelő árak kialakítása. A belföldi légi járatokat jelentős állami támogatással, például 1966-ban 10 millió Ft árkiegészítéssel működtette a MALÉV. Az új gazdasági mechanizmus miatt az állami támogatás, árkiegészítés megszűnt. A légitársaságnak újra kellett gondolnia működését, gazdálkodását. A továbbiakban nem fűződött semmilyen érdeke a veszteséges belföldi légforgalom fenntartásához. Ugyanakkor a külföldi utasforgalma és az abból adódó devizabevétele, nyeresége évről évre jelentősen emelkedett. Az új gazdasági mechanizmus bevezetése játszott szerepet abban, hogy a MALÉV az 1967–1968. évi téli üzemszünet után Budapestről Pécsre, Szombathelyre és Zalaegerszegre nem indította újra a légi járatait. Egyedüliként csak a debreceni belföldi járat maradt meg még rövid időre. A debreceni repülőtér további üzemletetését repülésforgalmi és biztonsági okokkal magyarázták – kedvezőtlen időjárás esetén ki tudta segíteni Ferihegyet. [270] A készülő közlekedéspolitikai tervezet kiszivárogtatott célkitűzései, törekvései is csak erősíthették az említett vállalati döntést. A Közlekedési Közlönyben 1968-ban a következő sorok jelentek meg: *„Ez év tavaszától három belföldi légi járattal »szegényebb« lett a közlekedés és az utazóközönség.” … „A megszüntetett szombathelyi, zalaegerszegi és pécsi járatok utazóközönségének elszállítását a tavaszi idénytől kezdve a vasúti és az autóbuszközlekedés vette át.”* [271] A főváros és a két nyugat-dunántúli megyeszékhely között a továbbiakban – megjegyzem napjainkban sem – nem lehetett ilyen kedvező menetidővel (45–55 perc, a városközpontokba való eljutás nélkül) utazni. Pedig az új közlekedéspolitika céljai között az utazással töltött idő csökkentése is szerepelt! A megmaradt egyetlen belföldi légi járatot, a debrecenit 1969. március 15-vel szüntette meg a MALÉV és egyúttal az Il–14-es típusú repülőgépeket kivonta a forgalomból. [272]

7. Próbálkozások a belföldi polgári légi forgalom újraindítására (1982, 1989–1900)

1982. május 4-én kísérletképpen belföldi légitaxi közlekedés indult Szeged–Szombathely–Győr–Budapest (budaörsi repülőtér) útvonalon. *„Sok év után újra közlekedik belföldi 11 személyes utasszállító repülő”* – örvendezett az *Esti Hírlap*. [273] Szegedi kezdeményezésre a MALÉV, a Magyar Honvédelmi Szövetség (MHSZ) és a Csongrád megyei 10. sz. VOLÁN Vállalat együttműködéseképpen indult újra a belföldi légi utasszállítás. A járatra az MHSZ HA–ANK lajstromjelű An–2-es e célra átalakított repülőgépét állítottak be, amely 11 utast tudott befogadni. A gép első útján már 8 utast szállított. Hetente kétszer – hétfőn és csütörtökön – Budaörsről Szegedre (menetidő: 1 óra 5 perc), kedden és pénteken Szegedről Szombathelyen és Győrön (Pér) át Budaörsre (menetidő: 4 óra 20 perc) repült az utasszállító. A Szeged–Szombathely útra a menetjegy 376 Ft-ba került. Szombathelyről Győrbe 180, Budapestre 320, Győrből a fővárosba 200 Ft-ért lehetett repülni. Az utasszállító menetideje Budapestre Szombathelyről 2 óra, Győrből 40 perc volt. A repülőúttal kapcsolatos ügyintézést a Volántourist irodák végezték. A Volán vállalatok minden érintett városból taxival, négy fő felett pedig mikrobusszal vitték ki a repülőtérre az utasokat – e szolgáltatás beletartozott a repülőjegy árába. A legtöbbet, 16 km-t a győri utasoknak kellett taxizni, mert a város korábbi repülőterén ekkor már a Rába gyár csarnokai álltak. A Volán vállalatoknak ekkor volt még taxi üzletága. Szombathely-szerte tetszetős plakátok hívták fel a figyelmet a légi utazásra. A próbaüzem 1982. június 12-ig tartott, a rentabilitás teljes hiánya miatt, nem közlekedtették tovább a járatokat. [274] Pedig a főváros és a nagyobb vidéki városok gyors összekötésének igénye, a közlekedési infrastruktúra hazai elmaradottsága, a rossz minőségű és egyre zsúfoltabb közutak, a kevés autópálya, a hosszú vasúti menetidők miatt, jobban átgondolt útiránnyal (kör helyett csillagszerű) talán létjogosultsága

lehetett volna a légi járatoknak. Bár egyértelmű, hogy kevés járat és utas esetén csak ráfizetéssel lehet üzemeltetni egy-egy repülőteret, légi járatot.

3. táblázat: Menetrend (1982) [275]

Város	Érkezés	Indulás
Szeged	–	6.00
Szombathely	8.05	8.40
Győr (Pér)	9.10	10.00
Budapest (Budaörs)	10.40	–

„A magyar belföldi légi közlekedés újraindítását tervezi a kormányzat … A tervek most készülnek" – adta hírül a Kossuth Rádió 1989. július 31-én. [276] Nemcsak hazai forrásból, hanem külföldi tőke bevonásával kívánták ehhez a feltételeket megteremteni. A tervezetben a szombathelyi repülőtér is szerepelt, mert itt megmaradtak a légi közlekedés feltételei. 1990. május 13-án egy L–410-es utasszállító repülőgép hozta Budapestről 50 perc alatt Szombathelyre azt a szakembergárdát, amelyik előbb helyszíni szemlén tanulmányozta a helyi repülőtérnek a belföldi légi forgalomba való bekapcsolásának lehetőségét, majd tárgyalt többek között dr. Bors Zoltán megyei és Elek Tibor városi tanácselnökkel a Szombathely–Budapest menetrendszerű légi járat beindításának eshetőségéről. [277] A belföldi légi forgalom újraindítására azonban a 20. században nem került sor.

8. Repülőgép-eltérítési kísérletek

A kiépülő új kommunista hatalom miatt többen el akarták hagyni az országot, voltak, akik légi úton próbálkoztak. 1948. február 3-án jelent meg először hír a sajtóban nyugat-dunántúli vonatkozású repülőgép-eltérítési szándékról. A tudósítás szerint 20 főből álló fasisztának bélyegzett bűnszövetkezet, – köztük Pajor István működszörűs szombathelyi lakos – Ausztria angol megszállási övezetébe akarta eltéríteni a Budapest–Szombathely légi járatot. Akciójukat még időben sikerült megakadályozni és az államvédelmi osztály átadta őket a népügyészségnek. Büntetőeljárás indult a gépeltérítést tervezők ellen. [278] Mivel többnyire nem telt házzal szoktak repülni a belföldi utasszállítók, gyanús volt, ha valamelyik járatra minden menetjegy elkelt. A személyzeten kívül 21 főt tudtak befogadni a Li–2-es repülőgépek. A menetrendszerinti járatokon mindig utazott egy biztonsági kísérő is. [279]

A következő próbálkozás már sikerrel járt, ugyanis 1956. július 13-án a Budapest–Szombathely–Zalaegerszeg légi járatot – miután elhagyta Győrt – 14 óra 53 perckor eltérítették a nyugat-németországi Ingolstadtba. Pontosan az Ingolstadt melletti Manching katonai repülőterén landolt a gép. Az utasszállítón 15 utas és négyfőnyi személyzet utazott. Az eltérítő fiatalok heten (6 férfi és 1 nő) voltak. A nyugati híradások szerint közülük egy, a légierő leszerelt hadnagya, Polyák György – az egyik ötletgazda, aki egy ideig át is vette Góré Jánostól az eltérített gép vezetését. A terv másik kiötlője Iszak Ferenc Vas megyei, vépi származású volt. A dulakodások, az államvédelmi tiszt lefegyverezése és a repülőgép manőverezései során több mint tízen megsérültek, német kórházban kezelték őket. Magyarországnak ekkor még nem volt követsége a Német Szövetségi Köztársaságban (NSZK), a frankfurti magyar kereskedelmi kirendeltség képviselte a magyar érdekeket. A hazai tudósítások szerint a magyar külügyminiszter nem kapott vízumot, hogy beutazhasson az NSZK-ba és személyesen járhasson közbe a hazatérni kívánók, valamint a repülőgép visszaadása ügyében. Tízen kértek és kaptak politikai menedékjogot, a további kilenc fő és a repülőgép is rendben hazaérkezett. [280] Míg a hazai sajtó lesújtóan írt a hét eltérítőről: *„a társadalom söpredékéből kikerült néhány bandita"*, akik *„elszántan gyűlölik a szocializmust építő rendszerünket"*, [281] addig a külföldiek (nyugatiak) a szabadságért folytatott küzdelmüket emelték ki. [282] Az eltérítésről a zalai sajtó is hírt adott, [283] sőt viccelődtek is róla: *„Újévi jókívánságaink a MALÉV pilótáinak: hogy Budapest—Szombathely—Zalaegerszeg járaton ne legyen többé feltételes megállóhely Ingolstadt."* [284] A rendszerkritikát megfogalmazó történet megihlette a filmes szakmát is és Fazakas Péter rendezésében *Szabadság – Különjárat* címmel film készült, amelynek premierje 2013. október 23-án volt Budapesten, de Szombathelyen is vetítették a helyi repülőtér centenáriumi ünnepségén 2015.

április 11-én. [285] A film alapjául Iszak Ferenc 2011-ben az USA-ban megjelent memoárja, könyve szolgált. [286]

Kevésbé ismert, hogy negyedévvel később, 1956. október 15-én a reggel 7 óra 10 perckor Budapestről induló járatot Szombathelyről való felszállása után – útban Zalaegerszeg felé – el akarták téríteni az NSZK-ba, Münchenbe. A repülőgép-eltérítést egy ötfős férficsapat tervezte, de közülük egy főt az utazás előtt már őrizetbe vettek. Előzetes lakossági bejelentés révén a belügyi szervek tudtak már a tervről és ezért két államvédelmis tiszt – nemcsak egy biztonsági kísérő – is utazott a gépen. A szombathelyi felszállást követően lépett akcióba a budapesti illetőségű négy fegyveres, akiket az államvédelmi tisztek tűzharcban ártalmatlanná tettek. A tűzharc során az elkövetők közül az egyik meghalt, egy fő súlyosan, egy könnyebben sérült. A negyedik társuk, mivel hamar megadta magát, valamint a többi utas és a személyzet is – a korabeli sajtó híradása szerint – épségben vészelte át a lövöldözést. Mivel a távírásznak egyből sikerült értesítenie az eltérítési kísérletről a szombathelyi légikikötőt, a belügyi szervek már várták a visszafordult gépet. [287] *„De a banditák egyáltalán nem oda érkeztek meg, ahová – olcsó trükként július 13-i »elődjeik« példáját megismételve – akartak eljutni.”* – írta ironikusan a korabeli szombathelyi napilap. [288] Pár nap múlva kitört a forradalom!

Konklúzió

A magyar repülés úttörői, neves személyei (Almásy László, Dobos István, Kvasz András, Székely Mihály, Wittmann Viktor stb.) megfordultak a Nyugat-Dunántúlon is, nagy szerepet játszottak a repülés megismertetésében és népszerűsítésében. A polgári repülés a 20. században fokozatosan elérte a vizsgált régió fontos közlekedési csomópontjait (Szombathely, Nagykanizsa, Győr, Zalaegerszeg). A megindított polgári légi közlekedés azonban nem volt folyamatos a század folyamán, például repülési tilalom, harci cselekmények stb. miatt. Fénykorát a MASZOVLET (1946–1954) időszakában élte, ekkor üzemelt a legtöbb viszonylat és közlekedett a legtöbb utasszállító. Légi járat kötötte össze a régió nagyvárosait a Budapest–Győr–Szombathely–Zalaegerszeg–Nagykanizsa viszonylatnak köszönhetően. A nyugat-dunántúli légi kikötőkből ekkor el lehetett repülni Budapestre, valamint közvetlenül, vagy átszállással számos hazai vidéki városba (Debrecen, Kaposvár, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Siófok, Szeged) is. Kedvezőtlen tényezőnek számított, hogy gyakran változott a menetrend, a menetdíjszabás, a járatok száma, a légi úton elérhető városok kínálata és a téli forgalmi szünet. Kedvező volt viszont, hogy mind a közúti és mind a vasúti közlekedéshez viszonyítva jóval kevesebb idő alatt lehetett célba érni, még ha a repülőterek és a városközpontok közötti utazást is figyelembe vesszük. A menetrend szerinti utasszállító repülőgépek nyújtotta lehetőség csak kis mértékben változtatta meg a nyugat-dunántúliak közlekedési szokásait. A lakosság többsége nem engedhette meg magának a repülést, a közember számára a légi utazás luxusnak számított.

Menetrendszerinti polgári légi járatok és megnyitásuk a Nyugat-Dunántúlon:

- Bécs (Wien)–Szombathely (1928. július 1.)
- Budapest–Szombathely (1946. október 15.)
- Budapest–Győr–Szombathely (1946. december 16.)
- Szombathely–Siófok (1949. június 5.)
- Budapest–Nagykanizsa (1951. július 9.)
- Budapest–Győr–Szombathely–Nagykanizsa (1952. április 6.)
- Nagykanizsa–Pécs–Budapest (1952. április 6.)
- Budapest–Zalaegerszeg (1953. augusztus 31.)
- Budapest–Győr–Szombathely–Zalaegerszeg–Nagykanizsa (1953. szeptember 7.)
- Budapest–Zalaegerszeg–Nagykanizsa (1953. szeptember 7.)
- Nagykanizsa–Kaposvár–Pécs–Budapest (1954. november 1.)
- Budapest–Szombathely–Zalaegerszeg–Budapest (1957. szeptember 2.)

A nyugat-dunántúli repülőterek füves voltukból adódóan nagy repülőgépek fogadására nem voltak alkalmasak. A második világháború után először Li–2-es, majd Il–14-es szovjet gyártmányú utasszállítókkal bonyolították le a forgalmat. Fontos kiemelni még a légiposta jelentőségét, amely a régióban élők egy része számára meggyorsította az információáramlást, különösen akkor, amikor a vasúti forgalom például szénhiány miatt akadozott. Az országos napilapok és a postai küldemények légi úton is el tudtak jutni néhány nyugat-dunántúli városba. A menetrendszerinti polgári légi közlekedés megszűntetésének hátterében az 1968. évi új gazdasági mechanizmus és a szintén az évi

közlekedéspolitikai koncepció áll. Az 1980-as évektől születtek tervek, voltak próbálkozások a belföldi, így a nyugat-dunántúli légi járatok újraindítására, de ezek nem jártak eredménnyel.

Irodalomjegyzék

[1] Léghajó Herényben. Vas, 1901. máj. 5. 2.; Náraiak csodája. Szombathelyi Friss Újság, 1908. ápr. 5. 5.; Nászutazás a levegőben. Vasvármegye, 1913. szept. 28. 8.; Egy belga léggömb leereszkedett Szombathely határában. Vasvármegye, 1922. aug. 8. 1. stb.

[2] Léghajó Herényben. Vas, 1901. máj. 5. 2.

[3] Léghajó Szombathely felett. Vasvármegye, 1911. aug. 4. 5.; Katonai léghajó Szombathelyen. Vasmegyei Napló, 1912. jún. 29. 2.; Révész Tamás: Repülőtér az Alpokalján. A szombathelyi katonai repülőtér története. 2. kiad. Budapest, 2009. (továbbiakban: Révész, 2009.) 33.

[4] 122,825. V–a. 1910. B. M. számú körrendelet. Belügyi Közlöny, 1910/49. 485-486.; Katonai motoros léghajók kikötésénél követendő szabályok. Vasvármegye Hivatalos Lapja, 1910. nov. 24. 386.

[5] Elszakadt áramvezeték. Sopron, 1901. máj. 3. 3.; Elszakadt áramvezeték. Vasvármegye, 1901. máj. 5. 7.; Léghajó és a soproni áramvezeték. Vasvármegye, 1901. máj. 8. 4.; Léghajó és a soproni áramvezeték. Sopron, 1901. máj. 9. 2.

[6] https://axioart.com/tetel/1912-ballonposta-gluck-ab-iv-tip-levelezlap-hergesell?search=szombathely+ballon (2015. febr. 28.)

[7] Lányi repülőgépe megérkezett. Vasvármegye, 1913. okt. 3. 6.; Repülőverseny lesz Szombathelyen. Soproni Napló, 1910. márc. 1. 2.

[8] Magyar Nemzeti Levéltár (továbbiakban: MNL) Vas Megyei Levéltára (továbbiakban: VaML), Szombathely Város Polgármestere iratai. Közigazgatási iratok I. 1057/1910.; Repülőgép Szombathelyen. Vasmegyei Napló, 1910. febr. 26. 2.; Repülőgép Szombathelyen. Felvilágosítást kért a tanács. Vasmegyei Napló, 1910. febr. 27. 1.

[9] Repülőgéppel Sopronban. Vasmegyei Napló, 1910. máj. 18. 2.; Repülések Sopronban. Soproni Napló, 1910. máj. 18. 1.; Sopronban repültek. Vasvármegye, 1910. máj. 18. 5.

[10] Nemzetközi repülőverseny. Az Újság, 1910. jún. 5. 50.; A repülőversenyek. Az Újság, 1910. jún. 5. 50-51.; Hol volt Pischoff? Az Újság, 1910. jún. 8. 6-7.; Pischoff Győrbe repül. A harmadik versenynap. Az Újság, 1910. jún. 8. 14-17.

[11] Székely Mihály megint Budapestre repült. Az Újság, 1910. aug. 18. 8.

[12] Kalocsai Péter: Gyors, gyorsabb, leggyorsabb. A szombathelyi polgári repülés története a 20. században Szombathely, 2019. (továbbiakban: Kalocsai, 2019.) 10-12.

[13] A Schicht-díj. Az Aëro, 1914/1-2. 14.; Az 1914. évi Schicht-díj kiírása. Az Aëro, 1914/5. 69-74.

[14] Győr és a repülőverseny. Győri Hírlap, 1914. ápr. 23. 1.; A repülőverseny és Győr. Győri Hírlap, 1914. ápr. 24. 2.; A repülőverseny és Győr. Győri Hírlap, 1914. ápr. 25. 2.; Aviatikai hírek. Budapesti Hírlap, 1914. ápr. 25. 13.; Repülőnap az aviatikai telepen. Az Újság, 1914. ápr. 26. 20.; A Schicht repülőverseny. Győri Hírlap, 1914. ápr. 28. 4.; A Schicht-verseny. Az Aëro, 1914/8-9. 135.; A Schicht-verseny. Az Aëro, 1914/10-11. 160.

[15] Aviatikai hírek. Budapesti Hírlap, 1914. ápr. 25. 13.; A Schicht-verseny. Az Aëro, 1914/8-9. 135-136.; A Schicht-verseny. Az Aëro, 1914/10-11. 160., 162.

[16] A budapest–bécsi repülés. Az Újság, 1914. ápr. 28. 15.

[17] Kalocsai, 2019. 12-13.

[18] Az aviatika mártírjai. Szombathelyi Kis Újság, 1913. szept. 28. 2.

[19] Steiner József: Repülőtér — légikikötő — repülőállomás. Az Aëro, 1921/11. 97.

[20] Szombathely – repülőváros. Egy szombathelyi kereskedő terve. Vasvármegye, 1912. jan. 26. 1.

[21] Szombathely – repülőváros. Egy szombathelyi kereskedő terve. Vasvármegye, 1912. jan. 26. 1.

[22] Massány Ernő: Aviatikai hálózatot az országnak! Az Aëro, 1916/7-8. 55-56.

[23] MNL VaML, Szombathely Város Polgármestere iratai. Közigazgatási iratok III. 522/1914.; Repülő-állomás Szombathelyen. Vasvármegye, 1914. márc. 12. 9.

[24] Légi posta Szombathelyen át. A város bekapcsolása. Vasvármegye, 1916. júl. 25. 2.; Légi összeköttetés Nagykanizsa–Budapest–Fiume között. Zala, 1916. jól. 26. 2.; Légiposta-járatok. Vasvármegye, 1916. júl. 28. 3.; Légi összeköttetés Pécs és Budapest között. Pécsi Napló, 1916. júl. 23. 4-5.; Beszélgetés a repülővállalat vezetőjével. Pécsi Napló, 1916. júl. 29. 4-5.

[25] Légi összeköttetés Nagykanizsa–Budapest–Fiume között. Zala, 1916. jól. 26. 2.

[26] Megindul a repülő postajárat. Vasvármegye, 1918. júl. 2. 3.; A légiposta. Vasmegyei Napló, 1918. júl. 5. 1.; A repülőposta beszüntetése. Vasvármegye, 1918. szept. 1. 5.
[27] Rév Pál: A világ első légipostajárata. Közlekedéstudományi Szemle, 1981/1. 23-24.
[28] Az Újság a röpülőgépen. Székely Mihály elviszi Győrbe. Az Újság, 1911. aug. 25. 4.
[29] Hol székel Székely? Győri Friss Újság, 1911. aug. 24. 1.; Az Újság a röpülőgépen. Székely Mihály elviszi Győrbe. Az Újság, 1911. aug. 25. 4.; Székely – megjött. Győri Friss Újság, 1911. aug. 26. 1.; Fröhlich János: Az Újság és Székely Mihály. A legmodernebb hírlapszállítás. Az Újság, 1911. aug. 26. 6-8.; Székely Mihály Győrött. Dunántúli Hírlap, 1911. aug. 27. 5.
[30] Hol székel Székely? Győri Friss Újság, 1911. aug. 24. 1.; Lóvá tett közönség. Győri Friss Újság, 1911. aug. 25. 1.
[31] Székely Mihály repülőgépével, Győrbe érkezése után. Vasárnapi Újság, 1911. szept. 3. 720.
[32] Fröhlich János: Az Újság és Székely Mihály. A legmodernebb hírlapszállítás. Az Újság, 1911. aug. 26.7.
[33] https://www.darabanth.com/hu/gyorsarveres/303/kategoriak~Kepeslapok/Magyarorszag~200005/Gyor-Szekely-Mihaly-okl-tabori-pilota-a-repulogepevel-Herman-Izidor-kiadasa-gyurode~II1633095/ (2020. jan. 21.)
[34] Fröhlich János: Az Újság és Székely Mihály. A legmodernebb hírlapszállítás. Az Újság, 1911. aug. 26.7.
[35] Székely – megjött. Győri Friss Újság, 1911. aug. 26. 1.
[36] Görz az első világháború után Gorizia néven Olaszországhoz került. A város (szlovénül: Gorica) keleti része és a repülőtér a második világháború után meghúzott olasz–jugoszláv határ következtében ma Szlovénia része.
[37] Révész, 2009. 48.
[38] MNL VaML, Szombathelyi Építési Vállalkozók műszaki iratai. Szombathelyi Járás. Szombathelyi repülőtér tervrajzai 37–39. d.; Czirók Zoltán: A polgári és katonai repülés kezdetei Szombathelyen, 1911–1921. Szombathely, 2006. 29-30.; Révész, 2009. 62., 66.
[39] Bakos Attila – Czigler Klára – Harangozó Tamás: A magyar repülés centenáriuma. 100 év eredményei. Budapest, 2009. (továbbiakban: Bakos – Czigler – Harangozó, 2009.) 241.
[40] Révész, 2009. 87.
[41] Megszűnik a szombathelyi repülőállomás. Szombathelyi Újság, 1918. nov. 10. 6.; Leszerelték a szombathelyi repülőtelepet. Vasvármegye, 1918. nov. 10. 5.; Mi van a repülőállomás benzinével. Vasvármegye, 1918. dec. 13. 2.
[42] A repülőtér látogatása szigorúan tilos! Vasvármegye, 1915. jún. 13. 5.
[43] Repülőgépek a hadikölcsön szolgálatában. Vasmegyei Napló, 1917. dec. 21. 2.
[44] Diákok a repülőtéren. Vasvármegye, 1920. nov. 4. 3.
[45] Brown, 1994. 343; Tokár, 2013.; http://www.firstflightcentennial.org/the-first-commercial-flight/; https://www.firstflight.org/tony-jannus/ (2018. júl. 27.)
[46] Léghajójárat Szombathelyen. Vasvármegye, 1920. máj. 21. 2.
[47] MNL VaML, Vas Vármegye Törvényhatósági Bizottságának iratai. Közgyűlési jegyzőkönyvek 7087/1920.; Repülő-állomás Szombathelyen. A kereskedelmi miniszter leirata. Vasvármegye, 1920. máj. 22. 1.
[48] MNL, Győr Megyei Jogú Város Levéltára. Győr Város Polgármestere iratai. 4075/1920.
[49] Frisnyák Zsuzsa: A magyarországi közlekedés krónikája, 1750–2000. Budapest, 2001. (továbbikaban: Frisnyák, 2001.) 155.; Rév Pál: Első légiforgalmi vállalatunkról. Közlekedéstudományi Szemle, 1980/5. (továbbiakban: Rév, 1980.) 222.
[50] Barla Ferenc et. al.: Győr és a repülés. Győr, 1989. (továbbiakban: Barla, 1989.) 10.; Rév, 1980. 222.
[51] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 58.
[52] Az első postarepülőgép Szombathelyen. Vasvármegye, 1920. máj. 28. 3.; Az első légi postajárat. A hadügyminiszter Szombathelyen. Vasvármegye, 1920. máj. 29. 1.
[53] A légi közlekedés menetrendje. Vasvármegye, 1920. jún. 25. 3.; Rendszeres repülőforgalom. Hír, 1920. júl. 18. 5.; Repülőposta. Hír, 1920. aug. 11. 2.; Repülőgép. Vasvármegye, 1920. aug. 11. 3.
[54] Repülőgépjárat Győrön át. Győri Hírlap, 1920. okt. 19. 1.; Repülőjárat Szombathely és Budapest között. Hír, 1920. okt. 31. 3.; Repülőjárat Budapest–Szombathely között. Győri Hírlap, 1920. okt. 31. 1.; Elmaradt a repülőposta. Hír, 1920. nov. 9. 3.; Rév, 1980. 223.
[55] A légi postaforgalomba Sopron is bekapcsolódik. Vasvármegye, 1920. nov. 3. 3.

[56] Repülőnap Rákoson. Budapesti Hírlap, 1920. nov. 9. 4.; A légi posta első útja. Vasvármegye, 1920. nov. 9. 2.
[57] Az első légi posta fogadása. Hír, 1920. nov. 7. 3.
[58] A légi posta vezetősége. Vasvármegye, 1920. nov. 20. 4.; A légiposta. Vasvármegye, 1920. dec. 4. 3.; A légiposta és a vasúti korlátozások. Vasvármegye, 1920. dec. 24. 3.; A légi postajárat. Vasvármegye, 1921. febr. 26. 2.
[59] Mikor megy a repülőposta. Vasvármegye, 1921. febr. 25. 3.
[60] Kalocsai, 2019. 21-25.
[61] A légiposta. Vasvármegye, 1920. dec. 4. 3.; A légiposta. Budapesti Hírlap, 1920. dec. 15. 4.; Rendkívüli légiposta-járatok. Budapesti Hírlap, 1920. dec. 22. 4.; A légiposta és a vasúti korlátozások. Vasvármegye, 1920. dec. 24. 3.
[62] Bakos – Czigler – Harangozó, 130.
[63] Ki akar Pestre repülni? Vasvármegye, 1921. febr. 25. 2.
[64] Kalocsai, 2019. 25.
[65] Frisnyák, 2001. 158.; Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 37.; Csanádi Norbert – Nagyváradi Sándor – Winkler László: A magyar repülés története. Budapest, 1974. (továbbiakban: Csanádi – Nagyváradi – Winkler, 1974.) 111.
[66] Miért szünetel a repülőposta? Vasvármegye, 1921. szept. 28. 3.; Rendelet a légi járművek bejelentéséről és lefoglalásáról. Vasvármegye, 1921. okt. 22. 3.
[67] Miért szünetel a repülőposta? Vasvármegye, 1921. szept. 28. 3.
[68] Frisnyák, 2001. 157.; Várszeghy János: Magyarország légi forgalma. Magyar Statisztikai Szemle, 1924/1. (továbbiakban: Várszeghy, 1924.) 11-12.
[69] A repülőtér lebontása. Vasvármegye, 1922. febr. 14. 6.
[70] Kara Jenő: Légi forgalmi hálózatunk kialakulásának lehetőségeiről. Az Aëro, 1921/11. 95.
[71] Kara Jenő: Légi forgalmi hálózatunk kialakulásának lehetőségeiről. Az Aëro, 1921/11. 94-97.
[72] Petróczy István: Nemzetközi repülőtér nélkül életképtelen a magyar aviatika. Az Aëro, 1922/14. 141.; Rév Pál: Adatok és tények az Aeroexpress Rt. történetéhez. In: Czére Béla (szerk.): A Közlekedési Múzeum évkönyve. 5. köt., 1979–1980. Budapest, 1981. (továbbiakban: Rév, 1981/a.) 360-361.
[73] Kalocsai, 2019. 29.
[74] Az Aero-Szövetség megalakulása Nagykanizsán. Az Aëro, 1922/12. 124-125.; Aero-Szövetség Nagykanizsán. Vasvármegye, 1923. márc. 2. 1.
[75] Frisnyák, 2001. 159.; Feloldották Magyarországot a légiforgalmi tilalom alól. Vasvármegye, 1922. nov. 19. 1.; Megszűnt a légi tilalom. Vasvármegye, 1922. dec. 1. 3.
[76] Megindul a légi forgalom tavasszal. Vasvármegye, 1922. dec. 15. 1.
[77] Massány Ernő: A magyar aviatika új ösvényeken. Autó és Motorújság, 1923/8. 1.
[78] Frisnyák, 2001. 159.; Mi történt a magyar aviatikában? Repülés, 1923/1. 2.
[79] Rév Pál: 50 éves a magyar polgári légi forgalom. Élet és Tudomány, 1974/1. 34. Az 1927 óta nem működő Aeroexpress Légiforgalmi Rt.-t 1936-ban törölték a cégbírósági nyilvántartásból. Rév, 1981/a. 375.
[80] Révész, 2009. 100.
[81] Magyar Légiforgalmi Rt. Autó, 1923/11. 28.
[82] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 131., 157., 158.; A szombathelyi repülőtér gondnokság. Vasvármegye, 1924. dec. 21. 4.
[83] Bethlenfalvi Pál András: A magyar légiforgalom problémai. Aviatika, 1933/1–3. (továbbiakban: Bethlenfalvi, 1933.) 11-12.
[84] Winkler László: A Magyar Légiforgalmi RT. története 1928-tól 1945-ig. In: Veress István (főszerk.): A Közlekedési Múzeum évkönyve. 7. köt., 1983–1984. Budapest, 1985. (továbbiakban: Winkler, 1985.) 400.
[85] A magyar légiforgalom. Zalai Közlöny, 1925. ápr. 18. 2.
[86] Révész, 2009. 98.
[87] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 60.
[88] Vitéz Kenese Waldemár (gyászhír). Magyar Szárnyak, 1942/5. 24.; Vitéz Kenese Valdemár. Magyar Szárnyak, 1942/6. 9.; Révész, 2009. 99.
[89] A m. kir. belügyminiszter 1927. évi 158.494. számú rendelete, a közrendészeti szervek pilótaképzéséről. Magyarországi Rendeletek Tára, 1927. 1676-1677.

[90] A m. kir. kereskedelemügyi miniszternek 58.075/1927. K. M. számú rendelete. A Szombathelyen létesítendő állami repülőgépvezető iskola létesítése. Belügyi közlöny, 1927. aug. 28. 1001.; Állami repülőgépvezető iskola Szombathelyen. Vasvármegye, 1927. aug. 30. 3.; A jövő tavasszal nyílik meg a szombathelyi pilótaiskola. Vasvármegye, 1927. szept. 24. 3.
[91] Látványos repülőnap Mátyásföldön. Aviatikai Értesítő, 1928/4. 55.; A MAC pünkösdi repülőnapja. Új iskola- és forgalmi repülőgépek bemutatása. Aviatika, 1929/5. 90.; Jelentés a Magyar Aero Szövetség 1929. évi működéséről. Aviatika, 1930/3. 52.; Az újjászületett magyar aviatika bemutatkozása. Vasvármegye, 1928. máj. 16. 2.; A szombathelyi pilótaiskola növendékei a mátyásföldi repülőnapon. Vasvármegye, 1928. máj. 22. 4.
[92] Repülőnap és gépkeresztelő Sopronban. Aviatika, 1933/4–7. 62.
[93] MNL VaML, Szombathelyi Építési Vállalkozók műszaki iratai. Szombathelyi Járás. Szombathelyi repülőtér tervrajzai. 39–41. d.; MNL VaML, Szombathelyi Járás Főszolgabírájának iratai. Közigazgatási iratok 2644/1927., 5717/1935.; Kosztolánczy Tibor: Szombathelyi repülőtér, 1944. augusztus 8. 0 óra 46 perc. 1. rész. Vasi Honismereti és Helytörténeti Közlemények, 2008/2. (továbbiakban: Kosztolánczy, 2008/a.) 64., 73., 88.; Révész, 2009. 117.; A szombathelyi repülőtér nagyobbításával. Vasvármegye, 1929. márc. 19. 3.
[94] Magyarországi repülőterek: Szombathely–repülőtér/aérodrome. Aviatika, 1930/1. 18.
[95] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 132.
[96] Lékay-Lingauer Albin: Szombathely fájdalmai. Vasvármegye, 1935. márc. 17. 1.
[97] Repülőállomás Nagykanizsán. Zalai Közlöny, 1925. júl. 11. 4.
[98] Megalakult a Győri Aero Klub. Aviatikai Értesítő, 1929/1. 4.
[99] A Győri Aero-Klub repülőnapja. Dunántúli Hírlap, 1929. máj. 7. 2.; Bisits Tibor: A győri repülőnap. Aviatika, 1929/5. 93-94.
[100] Egyesületi hírek. Aviatika, 1929/12. 229.
[101] Beszámoló a MAeSZ és tagegyesületeinek 1931. évi tevékenységéről. Aviatika, 1932/3. 84.
[102] Bakos – Cigler – Harangozó 188.; Barla, 1989. 21., 33., 38-39., 42.
[103] Holnap rendezik meg a repülőparádét. Dunántúli Hírlap, 1939. jún. 4. 2.; Ma repülőnap. Győri Nemzeti Hírlap, 1939. jún. 4. 2.; Tizenötezer főnyi tömeg nézte és élvezte az Aero Club légiparádéját. Győri Nemzeti Hírlap, 1939. jún. 6. 3.; Kitűnően sikerült a győri repülőnap. Dunántúli Hírlap, 1939. jún. 11. 5.; A győri légi parádé. Magyar Szárnyak, 1939/7. 33-34.
[104] Tizenötezer főnyi tömeg nézte és élvezte az Aero Club légiparádéját. Győri Nemzeti Hírlap, 1939. jún. 6. 3.
[105] Barla, 1989. 144-146.
[106] Kalocsai, 2019. 40-42.
[107] Frisnyák, 2001. 160.
[108] Mi történt a magyar aviatikában? Repülés, 1923/1. 4.; Udvary Jenő: Derűs történetek. Repülés, 1923/5. 74.; Mikes püspök légiútja Rómába. Autó, 1923/10. 26.; Mikes püspök légiútja Rómába és vissza. Autó, 1923/11. 27-28.; Az év története. Autó, 1923/24. 51.; A magyar kereskedelmi aviatika első esztendeje. Repülés, 1924/2. 2.; A megyéspüspök hazaérkezett Rómából. Vasvármegye, 1923. máj. 18. 1.
[109] A megyéspüspök hazaérkezett Rómából. Vasvármegye, 1923. máj. 18. 1.; A H–MACE repülőgép. Vasvármegye, 1923. máj. 19. 3.
[110] Várszeghy, 1924. 11-12.
[111] Petróczy István: Nemzetközi repülőtér nélkül életképtelen a magyar aviatika. Az Aëro, 1922/14. 141.; Rév, 1981/a. 360-362.
[112] Légi járat Szombathely és Budapest között. Zalai Közlöny, 1927. febr. 27. 2.
[113] Tegnap indult meg a légiforgalom Budapest és Grác között. Vasvármegye, 1926. okt. 16. 3.; Szombathely nem kap légi postát. Hír, 1926. okt. 17. 5.; Személyszállító repülőjáratok lesznek Grác–Szombathely–Győr és Budapest között. Nyugatmagyarország, 1927. dec. 12. 2.
[114] Egyesületi Hírek. Aviatikái Értesítő, 1928/10. 146.
[115] Az olasz légi forgalom. Aviatika, 1929/4. 73.
[116] A velence–bécsi repülőgép leszállott Bucsuban. Vasvármegye, 1931. júl. 30. 4.
[117] Utasszállító repülőgép közlekedik Wien és Szombathely között. Dunántúli Estilap, 1928. júl. 1. 2.
[118] http://www.europeanairlines.no/fleet-list-of-osterreichische-luftverkehrs-ag-1923-1938/ (2019. ápr. 2.)
[119] Kalocsai, 2019. 39., 45-47.

[120] http://www.airwaysmuseum.com/Registration%20markings%20of%20Australian%20aircraft%20article.htm (2019. márc. 2.)
[121] Csanádi – Nagyváradi – Winkler, 1974. 276.
[122] Bethlenfalvi, 1933. 11.; Frisnyák, 2001. 171., 173., 176.
[123] Kalocsai, 2019. 48-49.
[124] Lux Ernő: Magyarország közlekedési problémái. Aero História, 1993/11. (továbbiakban: Lux, 1946.) 12. p. (Lux Ernő 1946-ban írt tanulmányának közlése); Winkler, 1985. 412.
[125] Reklámrepülőgép röpköd. Hír, 1928. júl. 14. 3.; Sopronba távozott a Schmoll reklám-repülőgép. Vasvármegye, 1928. júl. 22. 3.; Barla, 1989. 21.
[126] Repülőnap és gépkeresztelő Sopronban. Aviatika, 1933/4–7. 62.; Kántor Géza: A soproni repülőnap. Magyar Szárnyak, 1939/8. 23-24.
[127] A Pesti Hírlap gépmadarainak indulása a mátyásföldi repülőtérről. Pesti Hírlap, 1925. máj. 12. 3-5.; László Aladár: A Pesti Hírlapot olvassák korán reggel Debrecenben. Pesti Hírlap, 1925. máj. 13. 9-10.; A repülőgépen érkező Pesti Hírlap Nyíregyházán. Pesti Hírlap, 1925. máj. 20. 4.; Repülőgépen hoznak vasárnap Pécsre budapesti újságot. Pécsi Napló, 1925. júl.14. 4.
[128] Az Aeroexpressz leszállási engedélyt kér. Zalai Közlöny, 1925. aug. 4. 4.
[129] Repülőállomás Nagykanizsán. Zalai Közlöny, 1925. júl. 11. 4.; A „Pesti Hírlap" repülőgépei a Dunántúl városaiban. Pesti Hírlap, 19125. júl. 12. 3.; A Pesti Hírlap repülőgépének megérkezése Nagykanizsára. Pesti Hírlap, 1925. júl. 16. 10.
[130] A Pesti Hírlap repülőgépének megérkezése Nagykanizsára. Pesti Hírlap, 1925. júl. 16. 10.
[131] Nem zuhant le a Pesti Hírlapot szállító repülőgép Nagykanizsán. Pesti Hírlap, 1925. aug. 4. 8.; Lezuhant egy repülőgép. Zalai Közlöny, 1925. aug. 4. 4.; Felborult a postarepülőgép. Vasvármegye, 1925. aug. 6. 4.
[132] Winkler László: A Magyar Légiforgalmi Rt. megalakulásának körülményei és működése az 1928. évi újjászervezésig. In: Czére Béla (szerk.): A Közlekedési Múzeum évkönyve. 6. köt., 1981–1982. Budapest, 1983. 514.
[133] Bakos – Czigler – Harangozó, 131.
[134] Légi forgalom Budapest és Szombathely között. Dunántúli Estilap, 1929. márc. 31. 4.; Repülőjárat Szombathely–Budapest között. Vasvármegye, 1929. márc. 31. 5.; Szombathely és Budapest légi forgalma máris élénk. Hír, 1929. ápr. 4. 1.
[135] A szombathelyi postarepülőgép Pápateszérnél kényszerleszállást végzett. Vasvármegye, 1929. máj. 9. 7.
[136] Urbach Lajos: Surtaxe-mentes légiposta. Aviatikai Értesítő, 1928/10. 134.; Strasser Ferenc: A repülés az emberiség és a tudomány szolgálatában. Magyar Posta, 1929/8. 478.
[137] Bethlenfalvi, 1933. 13.
[138] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 63.; Csanádi – Nagyváradi – Winkler, 1974. 196.; Winkler László: A Magyar Légiforgalmi Részvénytársaság gépeinek és személyzetének igénybevétele hadifeladatokra 1934 és 1945 között. In: Zörgő Tibor (szerk.): Repüléstörténeti konferencia közleményei, 1995. Budapest, 1995. 10-11.
[139] Kosztolánczy, 2008/a. 71-90.
[140] Révész, 2009. 131-134.
[141] Czirók Zoltán: „Tegnap istenítélet volt Szombathelyen…" Légitámadások a vasi megyeszékhely ellen, 1944–1946. Szombathely, 2015. 9-130.; Kalocsai, 2019. 66-70.;Kosztolánczy, 2008/a. 62-91.; Kosztolánczy Tibor: Szombathelyi repülőtér, 1944. augusztus 8. 0 óra 46 perc. 2. rész. Vasi Honismereti és Helytörténeti Közlemények, 2008/3. 61-79.; Révész, 2009. 136-144.
[142] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 242.
[143] Barla,1989. 21., 38., 42..45.; Haderőn kívüli motoros előképzés. Magyar Szárnyak, 1940/11. 26.
[144] Pataky Iván – Rozsos László – Sárhidai Gyula: Légi háború Magyarország felett. https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/2vhSzakkonyv-magyarok-a-ii-vilaghaboruban-2/legi-haboru-magyarorszag-felett-6E95/elso-kotet-6E96/kiserletek-a-magyarorszagi-repulogepgyartas-megsemmisitesere-72B8/az-aprilis-13-i-bombazasok-hatasai-7359/ (2020. febr. 7.); Győr fekete napja. Dunántúli Hírlap, 1944. ápr. 22. 1.
[145] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 65.
[146] Frisnyák Zsuzsa: Közlekedés, politika, 1945–1989. Budapest, 2011. 17-26.
[147] Légiközlekedésünk fejlődése. Közlekedési Közlöny, 1950. máj. 21. 302.

[148] Lux, 1946. 18.; Rév Pál: Adatok a MASZOVLET történetéhez. In: Czére Béla (szerk.): A Közlekedési Múzeum évkönyve. 4. köt., 1976–1978. Budapest, 1979. (továbbiakban: Rév, 1979.) 523.
[149] Rév, 1979. 523-524.
[150] Lux, 1946. 19-20.; Még a nyár folyamán megindul a magyar légiforgalom. Szabadság, 1946. jún. 8. 2.
[151] Rév, 1979. 548.
[152] Németh István polgármester újjáépítési tervei. Szabad Vasmegye, 1945. nov. 23. 3.
[153] MNL VaML, Szombathely Város Tanácsa Építési és Közlekedési Osztály iratai 777/1-10/1951.
[154] Rév, 1979. 550-551.
[155] MNL Országos Levéltára (továbbiakban: OL), Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium. Légiközlekedési főosztály. 2. d.; Mi a helyzet a repülőtér lebontása körül. Új Hang, 1946. máj. 12. 3.; Nem változott a helyzet a repülőtéri bontás körül. Új Hang, 1946. máj. 19. 3.
[156] Megtisztítják a repülőteret az elhagyott bombáktól. Nyugati Kis Újság, 1947. febr. 27. 2.
[157] MNL VaML Szombathely Város Tanácsa Építési és Közlekedési Osztály iratai 777/1-10/1951. sz. 51 177/1947.; Rév, 1979. 551.
[158] MNL OL, Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium. Légiközlekedési főosztály. 2. d. 64 012/1946.
[159] Szombathelyt is bekapcsolják a polgári repülésbe. Új Hang, 1946. ápr. 28. 2.
[160] Toborzás a légiforgalmi rendőrséghez. Új Vasvármegye, 1946. júl. 7. 3.
[161] Légi közlekedés Budapest–Szombathely között. Új Vasvármegye, 1946. okt. 11. 1.; Gerő Ernő elvtárs, közlekedési miniszter tájékoztatója minisztériumának eredményeiről és feladatairól. Szabad Vasmegye, 1946. okt. 11. 3.; Gerő Ernő nagy fontosságú bejelentései közlekedésügyünk eredményeiről és a jövendő tervekről. Szabad Nép, 1946. okt. 11. 2.
[162] Kalocsai, 2019. 74-77.
[163] Rév, 1979. 533., 538., 545., 552.; 5 repülőgépet kapunk a Szovjetuniótól. Új Vasvármegye, 1946. aug. 6. 1.; Győr–Budapest 25 perc. Győri Újság, 1946. dec. 14. 3.; Légiközlekedésünk fejlődése. Közlekedési Közlöny, 1950. máj. 21. 302-303.; http://www.li-2.hu (2019. febr. 26.).
[164] Nagy Ernő: Kétmotoros forgalmi repülőgépek. Magyar Repülés, 1948/1. 4.; A MASZOVLET-tel a magasban. Szabad Nép, 1946. okt. 17. 2.; http://www.li-2.hu/?modul=fest&content=%C3%89rdekes_k%C3%A9pek (2019. febr. 26.).
[165] Légijárat Budapest–Pécs között. Új Vasvármegye, 1947. febr. 8. 2.
[166] Rév Pál: Tallózás a hazai sajtóban légi közlekedésünk felszabadulás utáni újjászervezéséről. In: Czére Béla (szerk.): A Közlekedési Múzeum évkönyve. 6. köt., 1981–1982. Budapest, 1983. (továbbiakban: Rév, 1983.) 646.; Pusztai János (szerk.): A szegedi repülés története. Szeged, 2002. (továbbiakban: Pusztai, 2002.) 150.; Győr–Budapest 25 perc. Győri Újság, 1946. dec. 14. 3.; 1946. okt. 15. Új vasvármegye, 1946. dec. 15. 2.
[167] Győr–Budapest 30 perc. Győri Hétfő, 1947. okt. 5. 2.
[168] Győr–Budapest 25 perc. Győri Újság, 1946. dec. 14. 3.; 60 Ft-ért 25 perc alatt Budapestre hétfőtől kezdve. Győri Munkás, 1946. dec. 14. 2.; 1946. okt. 15. Új Vasvármegye, 1946. dec. 15. 2.; Győrben is leszáll a repülőgép. Új Vasvármegye, 1946. dec. 15. 2.; Győrben is leszáll az utasszállító repülőgép. Szabad Vasvármegye, 1946. dec. 15. 3.; Megindult a rendszeres légijárat. Szabad Nép, 1946. dec. 17. 4.
[169] Kalocsai, 2019. 78.
[170] Beállította a MASZOVLET a reggeli repülőjáratot, de csak Győrig. Nyugati Kis Újság, 1947. márc. 29. 3.; Március 31-től. Nyugati Kis Újság, 1947. márc. 29. 4.; MASZOVLET. Új Vasvármegye, 1947. febr. 6. 2.
[171] MASZOVLET. Új Vasvármegye, 1947. febr. 6. 2.; Győr–Budapest 30 perc. Győri Hétfő, 1947. okt. 5. 2.
[172] Kalocsai, 2019. 78-82.
[173] Kalocsai, 2019. 80-81.; Rév, 1979. 529.
[174] Repülőhírek. Repülés, 1948/1. 2.
[175] Kalocsai, 2019. 81.
[176] Vasárnap megindul a budapest–nagykanizsai légijárat. Népszava, 1951. júl. 5. 5.; Új légijárat. Zala, 1951. júl. 4.; Vasárnap adják át a forgalomnak az új nagykanizsai repülőteret. Népszava, 1951. júl. 7. 6.; Vasárnap adják át a forgalomnak az új nagykanizsai repülőteret. Szabad Nép, 1951. júl. 7. 2.; Vasárnap avatják a nagykanizsai repülőteret. Zala, 1951. júl. 7. 4.; Átadták át a forgalomnak az új nagykanizsai repülőteret. Népszava, 1951. júl. 10. 6.; Felavatták a nagykanizsai repülőteret, ötéves

tervünk új alkotását. Zala, 1951. júl. 10. 3.; Április 6-tól új közvetlen légijáratok. Zala, 1952. ápr. 3. 4.

[177] Új légijárat. Zala, 1951. júl. 5. 4.; Küldje áruját, ajándékcsomagját repülőgéppel. Zala, 1951. júl. 8. 8.; A MASZOVLET közli. Zala, 1951. dec. 12. 2.; Utazzék MASZOYLET repülőgéppel. Zala, 1952. máj. 27. 3.

[178] Farkas Imre: A légiközlekedés 1952. évi feladatai. Közlekedési Közlöny, 1952. márc. 30. 208-209.; Rév, 1979. 529.; Április 6-tól repülőgépjárat nyári menetrend. Vasmegye, 1952. ápr. 3. 4.; Április 6-tól új közvetlen légijáratok. Zala, 1952. ápr. 3. 4.; Április 6-tól repülőgépjárat. Nyári menetrend. Zala, 1952. ápr. 3. 4.; Új repülőjáratok a főváros és a vidéki városok között. Népszava, 1952. ápr. 7. 4.; Utazzék MASZOVLET repülőgéppel. Zala, 1952. máj. 23. 3.; Budapestre, Pécsre, Szombathelyre, Győrbe. Zala, 1952. jún. 14.

[179] 1953. V. hó 11-től bővített menetrend a légiforgalomban. Vasmegye, 1953. máj. 8. 4.

[180] Járatsűrítés a Budapest–Győr–Szombathely légivonalon. Vasmegye, 1953. máj. 6. 4.; 1953. V. hó 11-től bővített menetrend a légiforgalomban. Vasmegye, 1953. máj. 8. 4.; A MASZOVLET új nyári menetrendje. Közlekedési Közlöny, 1953. jún. 28. 376.

[181] Rendszeres légijárat indul Zalaegerszeg és a főváros között. Népszava, 1953. aug. 27. 6.; Ma adják át a forgalomnak a zalaegerszegi közforgalmi repülőteret. Zala, 1953. aug. 30. 1.; Ünnepélyes keretek között adták át a forgalomnak a zalaegerszegi közforgalmi repülőteret. Zala, 1953. szept. 1. 1.

[182] Pallag János: Repülőgép érkezik, indul. Zalai Hírlap, 1958. szept. 4. 1.

[183] Ha gyorsan akar Budapestre utazni. Zala, 1953. szept. 9. 4.

[184] Őszi menetrend a légiforgalomban. Zala, 1953. szept. 5. 4. – ugyanazzal a címmel ugyanazon az oldalon két újsághír!

[185] Kalocsai, 2019. 82.

[186] A légiforgalom téli menetrendje. Közlekedési Közlöny, 1954. nov. 7. 760.

[187] Kalocsai, 2019. 83.

[188] Rév, 1979. 526. 541-543.; Győr–Budapest 30 perc. Győri Hétfő, 1947. okt. 5. 2.

[189] A légiforgalom. Vasmegye, 1954. nov. 20. 4.

[190] Utazzék, küldje áruját MASZOVLET repülőgéppel. Vasmegye, 1950. jún. 17. 6.; Goldner Erzsébet – Reschofszky Géza: A belföldi szállítmányozás és fuvarozás. Közlekedési Közlöny, 1951. jún. 17. 434.

[191] Olcsó, gyors szállítás légi úton. Vasmegye, 1950. ápr. 19. 6.; Baromfi és tojásszállítás repülőgéppel. Vasmegye, 1951. jan. 31. 6.; Szemelvények a belföldi légiáruszállítási szabályzatból. Közlekedési Közlöny, 1950. dec. 31. 931.

[192] Áruját olcsón és gyorsan szállítjuk MASZOVLET repülőgépen. Vasmegye, 1950. jún. 29. 6.; Ma reggel adtam fel. Vasmegye, 1951. márc. 31. 4.; Korai gyümölcs és zöldség olcsó és gyors szállítóeszköze a repülőgép. Vasmegye, 1951. máj. 29. 4.; Primőrcikkek olcsó és legjobb szállítóeszköze a repülőgép. Vasmegye, 1951. jún. 1. 4.; Küldje áruját, ajándékcsomagját repülőgéppel. Zala, 1951. júl. 8. 8.; Gyors szállítás, olcsó szállítás repülőgépen. Zala, 1953. jún. 16. 4.

[193] Győr–Budapest 30 perc. Győri Hétfő, 1947. okt. 5. 2.

[194] Repül, vagy nem repül? Új Vasvármegye, 1948. jan. 8. 2.

[195] Továbbra is járhatatlanok az országutak. Nyugati Kis Újság, 1947. jan. 29. 2.; Boross Imre: Ezerhatszáz munkás birkózik a vasútvonalakat borító kétméteres hótorlaszokkal. Nyugati Kis Újság, 1947. febr. 16. 1.

[196] A nagy köd miatt Szombathelyen szállt le a Velence–Budapest légijárat gépe. Nyugati Kis Újság, 1948. nov. 17. 3.

[197] Kalocsai, 2019. 86.; Rév, 1979. 526.

[198] Április 4-től nyári menetrend a légi forgalomban. Győr-Sopronmegyei Hírlap, 1950. ápr. 4.; Utazzék, küldje áruját MASZOVLET repülőgéppel. Győr-Sopronmegyei Hírlap, 1950. jún. 20.

[199] Gyors szállítás, olcsó szállítás repülőgépen. Zala, 1953. jún. 16. 4.

[200] Kalocsai, 2019. 86-88.; Rév, 1979. 531-533.

[201] A repülés nem luxus többé Magyarországon. Vasmegye, 1949. márc. 8. 5.

[202] Kalocsai, 2019. 88-90.; Április 4-től nyári menetrend a légi forgalomban. Győr-Sopronmegyei Hírlap, 1950. ápr. 4.

[203] Szombathely vezet a légiforgalom terén. Szabad Vasmegye, 1946. okt. 20. 2.; Győr–Budapest 30 perc. Győri Hétfő, 1947. okt. 5. 2.

[204] Szombathely vezet a légiforgalom terén. Szabad Vasmegye, 1946. okt. 20. 2.; 273 utasa volt a vasárnapi körrepülésnek. Szabad Vasmegye, 1946. okt. 22. 2.
[205] Rév, 1979. 531.
[206] A MALERT 1938-ban 3769, a MASZOVLET 1947-ben 41 604 személyt szállított. Új Vasvármegye, 1948. febr. 13. 2.
[207] Kalocsai, 2019. 90.; Rév, 1979. 533., 538.
[208] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 67. A sajtóban: Magyar–szovjet közlemény a magyar–szovjet vegyestársaságok szovjet részesedésének átadásáról a Magyar Népköztársaságnak. Szabad Nép, 1954. nov. 8. 1.; A közlekedés- és postaügyi minisztérium közleménye a szovjet–magyar vegyesvállalatok átadásáról. Szabad Nép, 1960. márc. 4. 5.
[209] Légiközlekedésünk terveiről. Szabad Nép, 1955. jan. 17. 4.
[210] Nagykanizsai képek. Zalai Hírlap, 1957. aug. 19. 1.; Zala megyei Iparcikk Kiskereskedelmi Vállalat. Zalai Hírlap, 1957. aug. 19. 1.
[211] Timár Ede: Nagyszerű élményt nyújtott nézőinek. Zalai Hírlap, 1959. máj. 26. 1.
[212] Frisnyák, 2011. 241.
[213] A belföldi légiforgalomban. Szabad Nép, 1955. febr. 13. 6.; Menetrendváltozás a légi forgalomban. Vasmegye, 1956. febr. 7. 3.
[214] Zainkó Géza: Ferihegyi dátumok. Aero História, 1993/12. (továbbiakban: Zainkó, 1993.) 8.
[215] Április 15-től megindul a Budapest–Szombathely és a Budapest–Zalaegerszeg repülőjárat. Népszabadság, 1957. ápr. 9. 1.; Április 15-től megindul a Budapest–Szombathely és a Budapest–Zalaegerszeg repülőjárat. Zalai Hírlap, 1957. ápr. 9. 1.; Gyors utazás. Vas Népe, 1957. ápr. 21. 6.; Gyors utazás. Zalai Hírlap, 1957. ápr. 21. 8.
[216] Új menetrend lép életbe. Vas Népe, 1957. aug. 22. 7.
[217] Február 16-tól napi két repülőjárat. Vas Népe, 1959. febr. 14. 6.; Március 23-tól nyári menetrend. Vas Népe, 1959. márc. 21. 7.
[218] Barla, 1989. 22.
[219] Új menetrend lép életbe. Vas Népe, 1957. aug. 22. 7.; Az új MALÉV-menetrend. Zalai Hírlap, 1957. aug. 23. 4.; Közelebb kerül Budapest. Zalai Hírlap, 1957. szept. 4. 1.
[220] Kalocsai, 2019. 98.
[221] Április 1-én. Zalai Hírlap, 1958. márc. 16. 5.; A MALÉV. Zalai Hírlap, 1958. márc. 16. 5.
[222] Április 1-től naponta 14 belföldi légijárata lesz a MALÉV-nek. Népszabadság, 1959. márc. 8. 10.
[223] Megjavul a belföldi légi összeköttetés Népszabadság, 1959. febr. 4. 14.; Február 16-tól napi két repülőjárat. Vas Népe, 1959. febr. 14. 6.; MALÉV hír. Zalai Hírlap, 1959. febr. 27. 5.; Február 15-től naponta két légijárat Budapestre. Zalai Hírlap, 1960. febr. 16. 2.
[224] Február 15-től naponta két légijárat Budapestre. Vas Népe, 1960. febr. 16. 6.; Február 15-től naponta két légijárat Budapestre. Vas Népe, 1960. febr. 16. 6.; Ismét megindult a légiközlekedés Budapest–Szombathely–Zalaegerszeg között. Vas Népe, 1960. márc. 2. 1.
[225] Február 13-tól ismét megindul a belföldi légiforgalom. Népszabadság, 1961. febr. 11. 7.; Ma a nemzetközi, szerdától a belföldi vonalakon életbe lép a nyári menetrend. Népszabadság, 1961. ápr. 1. 10.; Rövid idő alatt céljához ér. Vas Népe, 1961. máj. 4. 4.; Rövid idő alatt céljához ér. Zalai Hírlap, 1961. máj. 24. 2.; Szombathely–Budapest 55 perc. Vas Népe, 1961. júl. 23. 9.; Gyorsan célhoz ér. Vas Népe, 1962. máj. 15. 4.; A MALÉV közleménye. Vas Népe, 1964. máj. 17. 12.
[226] Indul a repülőjárat. Vas Népe, 1962. febr. 17. 6.; Kényelmesen utazik. Vas Népe, 1962. ápr. 14. 6.; Kényelmesen utazik. Zalai Hírlap, 1962. ápr. 14. 4.; Kényelmesen utazik. Vas Népe, 1962. okt. 5. 6.; Kényelmesen utazik. Zalai Hírlap, 1962. okt. 5. 4.; Ismét megindul a rendszeres repülőjárat Szombathely és Budapest között. Vas Népe, 1963. márc. 31. 10.; Március 7-én megindul a pécsi, a szombathelyi és a zalaegerszegi MALÉV-járat. Zalai Hírlap, 1966. febr. 27. 12.
[227] Csanádi – Nagyváradi – Winkler, 1974. 246.
[228] Kényelmesen utazik. Vas Népe, 1962. ápr. 14. 6.
[229] A MALÉV megszűntette a LI–2-es típusú gépek használatát. Repülés, 1964/6. 6.; Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 69.; Tóth László: A belföldi légi közlekedés kérdései. Közlekedési Közlöny, 1968/29. (továbbiakban: Tóth, 1968.) 561.; Zainkó, 1993. 12.; 1 órán belül Budapesten lehet! Zalai Hírlap, 1965. márc. 26. 4.
[230] Hüvös Sándor: Légi közlekedésünk a felszabadulástól napjainkig. Közlekedéstudományi Szemle, 1970/4. (továbbiakban: Hüvös, 1970.) 178.; Indulás Budapestről. Népszabadság, 1964. febr. 21. 12.; Kora délelőtt már Budapesten lehet! Zalai Hírlap, 1964. febr. 22. 4.; IL 14-es gépekkel hétfőn indul a repülőjárat Budapest és Szombathely között. Vas Népe, 1964. ápr. 11. 5.; IL 14-gyel

Budapestre. Vas Népe, 1964. ápr. 15. 4.; Március elsején indul a belföldi légi forgalom. Népszabadság, 1965. febr. 24. 10.

[231] A MALÉV közleménye. Vas Népe, 1964. máj. 17. 12.; Hétfőtől. Népszabadság, 1964. máj. 17. 18.; Megindul a repülőjárat. Zalai Hírlap, 1964. máj. 17. 12.

[232] Napirenden a megyeszékhely közlekedési helyzetének javítása. Zalai Hírlap, 1963. jún. 9. 1.; Mikor indul a repülőjárat? Zalai Hírlap, 1963. ápr.16. 6.; Bizottság dönt a repülőjárat megindításáról. Zalai Hírlap, 1964. máj. 13. 4.

[233] Kalocsai, 2019. 100.

[234] Pallag János: Repülőgép érkezik, indul. Zalai Hírlap, 1958. szept. 4. 1.

[235] Tóth, 1968. 562.

[236] A szerző visszaemlékezése alapján.

[237] Kalocsai, 2019. 100.

[238] Frisnyák, 2001. 238.

[239] November elsejével életbe lép. Zalai Hírlap, 1967. nov. 1. 6.

[240] Újra lehet csomagot küldeni repülőgéppel. Vas Népe, 1958. máj. 31. 6.; Újra lehet csomagot küldeni repülőgéppel. Zalai Hírlap, 1958. máj. 31. 2.; Sürgős küldemények. Vas Népe, 1959. febr. 17. 6.; Ma már mindenki tudja. Vas Népe, 1959. márc. 25. 6.; Ismét szállíthat árut repülőgépen.Vas Népe, 1960. febr. 17. 6.

[241] Rendszeres légiáruszállítás Budapest és hét vidéki város között. Népszabadság, 1959. ápr. 22. 4.; Március 1-én ismét megindul a légiforgalom Budapest és Szombathely között. Vas Népe, 1965. febr. 25. 8.

[242] Újra lehet csomagot küldeni repülőgéppel. Vas Népe, 1958. máj. 31. 6.; Légi úton is lehet csomagot küldeni a nagyobb vidéki városokból. Népszabadság, 1958. máj. 31. 3.; Légi áruszállítás Budapest és hét vidéki város között. Zalai Hírlap, 1959. ápr. 22. 1.

[243] Még aznap. Vas Népe, 1959. ápr. 1. 6.; Még aznap. Zalai Hírlap, 1959. ápr. 1. 2.

[244] Teherszállító repülőgépeket. Népakarat, 1957. aug. 3. 4.; Teherszállító repülőgépeket. Népszabadság, 1957. aug. 3. 8.; A MALÉV. Zalai Hírlap, 1957. aug. 3. 2.; Április 1-én. Zalai Hírlap, 1958. márc. 16. 5.; Zainkó, 1993. 8.

[245] Kalocsai, 2019. 103.

[246] Teleki Lajosné: Nincs idő elfáradni. Zalai Hírlap, 1965. ápr. 8. 5.

[247] Őszi-téli menetrend a légiforgalomban. Közlekedési Közlöny, 1955. okt. 16. 779.; Nyári menetrend a légiforgalomban. Zalai Hírlap, 1958. ápr. 3. 5.; Március 23-tól nyári menetrend. Vas Népe, 1959. márc. 21. 7.; A téli menetrend szerint közlekedik a repülőjárat. Zalai Hírlap, 1966. nov. 2. 8.; Menetrend változás. Vas Népe, 1967. ápr. 30. 12.

[248] Kalocsai, 2019. 104.

[249] Ismét szünetel a légiközlekedés. Zalai Hírlap, 1965. máj. 6. 6.; Ma újra megindul a repülőjárat. Zalai Hírlap, 1965. jún. 8. 6.

[250] Elhalasztották a belföldi légijáratok február 15-re tervezett indítását. Népszabadság, 1963. febr. 16. 10.; Február 22-én megindul a repülőjárat Zalaegerszeg és Budapest között. Zalai Hírlap, 1965. febr. 19. 6.; Csütörtökön indul a repülőjárat Budapest és Zalaegerszeg között. Zalai Hírlap, 1965. márc. 23. 6.; Két tiszteletkör az első „repülőnapon”. Zalai Hírlap, 1965. márc. 26. 6.

[251] Kalocsai, 2019. 104.

[252] Szünetel a belföldi légiforgalom. Zalai Hírlap, 1964. dec. 4. 6.; December 4-től részlegesen elállnak a belföldi légijáratok. Népszabadság, 1965. nov. 24. 4.

[253] December 3-tól szünetel a belföldi légiforgalom. Népszabadság, 1962. nov. 17. 10.; Elek Tibor: Ahová a repülőgép viszi a tavaszt. Vas Népe, 1963. márc. 5. 3.; Szünetel a belföldi légiforgalom. Népszabadság, 1964. dec. 4. 8.; Megváltozott a MALÉV és a MÁV menetrend. Zalai Hírlap, 1965. nov. 6. 6.; Tél a repülőterén. Zalai Hírlap, 1965. dec. 21. 5.

[254] Április 4-én szünetel a belföldi légiforgalom. Népszabadság, 1958. ápr. 2. 8.; A MALÉV közlése. Zalai Hírlap, 1958. ápr. 4. 7.

[255] Mi újság. Zalai Hírlap, 1960. jún. 19. 8.

[256] Gyors utazás, olcsó utazás. Zalai Hírlap, 1957. ápr. 21. 8.

[257] „Reprezentatív irodahelyiség”. Zalai Hírlap, 1957. júl. 20. 1.

[258] Megtörtént a műszaki átadás – rövidesen költözik az IBUSZ és a MALÉV. Zalai Hírlap, 1965. dec. 31. 6.; Forgácsok. Gombok. Zalai Hírlap, 1966. febr. 20. 12.; Új helyiségbe költözött az Idegenforgalmi Hivatal Zalaegerszegen. Zalai Hírlap, 1966. ápr. 2. 6.

[259] Kalocsai, 2019. 106.

[260] Április 15-től megindul a Budapest–Szombathely és a Budapest–Zalaegerszeg repülőjárat. Zalai Hírlap, 1957. ápr. 9. 1.; 1 órán belül Budapesten! Vas Népe, 1966. márc. 9. 6.
[261] Kalocsai, 2019. 106-107.; A magyar ipar bemutatóján. Népszabadság, 1957. ápr. 7. 1.; Rendkívüli utazási kedvezmények a Budapesti Ipari Vásár látógatóinak. Zalai Hírlap, 1957. máj. 11. 1.; Május 28-án életbelépnek a Budapesti Ipari Vásár utazási kedvezményei. Zalai Hírlap, 1957. máj. 25. 1.; Sétarepülőjáratok. Vas Népe, 1958. máj. 6. 4.; Utazási kedvezmény a vásárra. Zalai Hírlap, 1958. máj. 3. 5.; Megkezdődött a kedvezményes utazásra jogosító vásárigazolványok árusítása. Népszabadság, 1958. máj. 13. 8.; Kedvezményesen utazhatnak a vidékiek a Budapesti Ipari Vásárra. Vas Népe, 1960. máj. 8. 1.; Utazási kedvezmény az Ipari Vásár vidéki és külföldi látogatóinak. Népszabadság, 1960. máj. 8. 10.
[262] Kalocsai, 2019. 107-108.; Szeptember 12-én nyílik meg. Zalai Hírlap, 1958. szept. 6. 5.
[263] Bulgáriai emlékek. Zalai Hírlap, 1967. szept. 10. 4.
[264] Ajkay Jenő: Utazás az eleven térkép felett. Zalai Hírlap, 1961. júl. 15. 5.
[265] Szombathely–Budapest 55 perc. Vas Népe, 1961. júl. 23. 9.
[266] Tóth, 1968. 563.
[267] IL 14-gyel Budapestre. Vas Népe, 1964. ápr. 15. 4.
[268] Újabb repülőgéprablási kísérlet. Vasmegye, 1956. okt. 16. 1.
[269] Ritka jubileum. Zalai Hírlap, 1967. aug. 24. 6.
[270] A magyar közlekedéspolitika koncepciója. Közlekedési Közlöny, 1968/24-45. 846-872.; Iványi Árpád – Pál József – Tóth László: Közlekedéspolitika – közlekedésgazdaságtan. Budapest, 1986. 49-73.; Hüvös, 1970. 179-181.; Tóth, 1968. 561-564.
[271] Tóth, 1968. 564.
[272] Frisnyák, 2011. 615.; Hüvös, 1970. 180.; A sajtóban: A MALÉV. Népszabadság, 1969. márc. 12. 8.; A MALÉV. Népszava, 1969. márc. 12. 4.
[273] Elindult a légitaxi. Ötórás körjárat. Esti Hírlap, 1982. máj. 5. 12.
[274] Kalocsai, 2019. 125-127.
[275] Piackutatás – a levegőben. Kísérleti légitaxi Szegedről. Délmagyarország, 1982. máj. 6. 3.
[276] Kossuth Rádió, 1989. júl. 31. 4.30.
[277] Kalocsai, 2019. 128-129.
[278] Repülőgépen akartak nyugatra szökni. Nyugati Kis Újság, 1948. febr. 3. 2.; Fantasztikus fasisztaszöktető terv: repülőgépet akartak rabolni a levegőben. Magyar Nap, 1948. okt. 20. 3.
[279] Bakos – Czigler – Harangozó, 2009. 66.
[280] Kalocsai, 2019. 131-133.
[281] Légikalózok. Vasmegye, 1956. júl. 15. 3.
[282] Dramatischer Kampf um die Freiheit in 3000 Meter Höhe. General–Anzeiger, 16. júl. 1956.
[283] Akik a LI—2 érkezésére hiába vártak... Zala, 1956. júl. 18. 3.
[284] Újévi jókívánságaink. Zalai Hírlap, 1957. jan. 1. 4.
[285] Krizsán Zsuzsa: A szombathelyi repülőtér egy évszázada. Szombathelyi 7, 2015. márc. 28. 11.
[286] Iszak, Frank: Free for All to Freedom. Story of a spectacular and historic escape from communist tyranny to freedom by hijacking a commercial airliner. Friday, July 13, 1956. Lexington, 2011. 285.
[287] Kalocsai, 2019. 133-135.
[288] Újabb részletek a repülőgép elleni meghiúsult banditatámadásról. Vasmegye, 1956. okt. 17. 1.

A SERVQUAL modell alkalmazása a városi közösségi közlekedési szolgáltatóknál

Nemecz Gábor

PhD hallgató

Szent István Egyetem, Enyedi György Regionális Tudományok Doktori Iskola

telefon: +36020/459-9162

e-mail: gabor.nemecz@gmail.com

Kivonat: Napjainkban a minőség-rendszerek fejlődésével egyre inkább nő az igény a szolgáltatásminőségének a mérésére alkalmas módszertan meghatározására. A szolgáltatok számára a minőség meghatározása minden esetben több dimenziós vizsgálatot igényel, melynek elemzése, értékelése hosszútávú segítséget nyújthat a vállalat döntéshozóinak számára.

kulcsszavak: szolgáltatásminőség, fejlesztés, statisztikai vizsgálat, SERVQUAL, közösségi közlekedés

Bevezetés

A minőség megítélésére számos különböző módszer létezik, melyek teljesmértékben függnek az adott felhasználatól, illetve magától a termék típusától. Egy adott termék minőségének a meghatározása azonban eltérő egy szolgáltatásétól. A társadalmunkat körülvevő szolgáltatók nagymértékben befolyásolják a mindennapjainkat, az életünket. Ezen szolgáltatások tevékenységi köre igen szerteágazó, így a szolgáltatók minőségének mérésére gyakorlatilag lehetetlen feladat egy egzakt módszertant felépíteni. A gyakorlatban léteznek általános, „alapmodellek", amelyek egy adott szolgáltatás minőségének a mérésére egy lehetséges, - azonban a tevékenységi kör figyelembevételével átspecifikálandó - módszertant írnak le. Egy adott szolgáltatás minőségének a méréséhez elengedhetetlen egy olyan módszer alkalmazása, amely több különböző dimenzióban mér. Erre alkalmas és egyben az egyik legismertebb szolgáltatásminőség és szolgáltatás marketing kutatásra hatást gyakorló módszertan a SERVQUAL- modell. Az alapmodellt amerikai kutatók Parasuraman és társai Zeinthaml és Berry dolgozták ki, majd az 1985-ben megjelent munkájukban tettek említést róla először. Jelentése az angol Service, Quality (Szolgáltatás, Minőség) szavak összevonásából kapta a nevét. Napjainkra a modell gyakorlati alkalmazás a szolgáltatói szektor jelentős ágát felöleik. Alkalmazása során a kritikusok és gyakorlati tapasztalatok hatására többször átdolgozásra, finomításra került. A szolgáltatás minőségének mérése a közszolgáltatást végző társaságoknál is jelentős mértékben eltérhet. A jelen tanulmányban, az említett SERVQUAL- modellt alkalmazva vizsgálom meg, hogy a Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság, mint a Főváros számára közösségi közlekedést biztosító legnagyobb vállalat szolgáltatás minőségének a mérésére alkalmazható-e, a kapott eredmények segítségül szolgálnak-e a döntéshozók minőségfejlesztésre vonatkozó elhatározásaiban. A mérési módszertan és gyakorlati megvalósulásának interpretálása előtt, röviden bemutatom a BKV Zrt. működési környezetét, illetve jelentőségét. [1]

1. BKV Zrt. működési környezetének bemutatása

Fővárosunk közösségi közlekedését a Budapesti Közlekedési Központ (BKK) szervezi közvetlen odaítéléssel, valamint alvállalkozók bevonásának segítségével. A szolgáltatás megrendelést figyelembe véve a Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság (BKV Zrt.) szolgáltatja a közösségi közlekedés meghatározó részét. A BKV Zrt. rendelkezik a legnagyobb eszközparkkal, infrastruktúra hálózattal. 2019. harmadik negyedévi adatok alapján a napi forgalomban részt vevő járművek száma meghaladta 2000 darabot, míg az utasforgalom a napi egy millió főt.

2. A szolgáltatásminőség mérése

Egy adott szolgáltatás minőségének megmérésében több nehézség is adódik, ilyen például az, hogy egy termékkel ellentétben a szolgáltatást nem lehet kézzel megfogni, fizikailag megmérni és a kapott értékeket összehasonlítani. Jelen esetben gyakorlatilag egy teljesítményt kell kiértékelni több lehetséges szempontot összevetve. A szolgáltatások teljesítménye heterogén, napról napra változik. A gyakorlatban nehezen képzelhető el, hogy ugyan olyan kiszolgálásban lenne részünk egy adott márkához tartozó gyorsétteremben, holott maga a termék, melyet kínálnak elvileg mindenhol ugyan az. A szolgáltatás nyújtása és a szolgáltatás igénybevétele nem tud elkülönülni egymástól, míg a termék tervezése a termelés során időben és térben is elválasztható egymástól. A szolgáltatások esetében annak előállítása során az igénybevevő egyidejűleg szembesül a jellemzőivel is. [1].

Összegezve az eddigieket a szolgáltatás minőségének mérése, a fogyasztók számára nehezen értékelhető, ebből következik, hogy egy szolgáltatást nyújtó vállalat számára bonyolult és összetett feladat az igénybevevők elvárásainak meghatározása. A fogyasztók számára a szolgáltatás minőségének mérése nem csak a kimenetele alapján mérendő, hanem figyelembe kell venni a szolgáltatás nyújtásának a folyamatát is. A szolgáltatás minőségét kizárólag az azt igénybevevő fogyasztó ítéli meg, így annak eredménye szubjektív. [1]

Egy szolgáltatást nyújtó vállalat menedzsmentjének a fentiekben felsorolt nehézségekre különös figyelmet érdemes fordítani, mivel az eladott, nyújtott szolgáltatás minőségének a fejlesztése, a XXI. században elengedhetetlen a fennmaradás érdekében. A fogyasztók minden egyes alakalommal egyre többet és többet várnak el, amennyiben ezekre az igényekre nem érkezik megoldás, vagy esetleg olyan irányú fejlesztés, ami képes az egyre fokozódó elvárásoknak eleget tenni, úgy az adott vállalat komoly piaci részesedés-veszteségre számíthat, melynek hosszútávú negatív következményei lehetnek. A minőség fejlesztésre irányuló döntéshozatal azonban jelentős kihívás elé állítja az ebben érintett feleket, mivel a változékony környezet, a bizonytalanság rosszul strukturált problémahelyzeteket eredményez, így a döntéshozók számára megnehezíti a helyes irány meghatározását. Ahhoz, hogy az adott vállalat menedzsmentjének döntéshozatali kockázatát minimalizálni lehessen, kielégítő döntések születhessenek, a minőség mérésének módszertanában elengedhetetlen, hogy matematikai, statisztikai elemek kerüljenek beiktatása.

3. SERVQUAL modell

A SERVQUAL- modell elméleti alapja azt feltételezi, hogy az adott szolgáltatást nyújtó Társaság ügyfeleinek (felhasználóinak) elvárása és az észlelt szolgáltatás jellemzői eltérnek egymástól. [1]

Észlelt minőség: „valamely szolgáltatás teljeskörű értékelése, amely során a fogyasztó összeveti a szolgáltatás teljesítését azzal a várakozással, amit a szolgáltató cégnek az adott iparágban nyújtani kellene” [2]

A minőség mérésének módszere során egy adott érték skálán mozgunk, melynek egyik végén az optimális, ideális, míg a másik végén az elfogadhatatlan minőség található. Az értékek definiálása során a fogyasztók által elvárt igények a meghatározóak. A SERVQUAL- modell megalkotói a Churchill által meghatározott ajánlásokat követték. [1] A modell működésének első kísérlete során tíz minőségi dimenziót képeztek. A tíz dimenzióhoz közel száz állítást generáltak, melynek kezelhetősége nehézségekbe ütközött, ezért ennek számát huszonkettőre csökkentették. Ezzel a dimenziók száma is ötre csökkent, azonban tartalmilag az eredeti tíz dimenzió által meghatározottaktól jelentős eltérés nem történt. [3]

A szolgáltatás minőség 10 dimenziója:

- **Megbízhatóság**
- A Társaság által nyújtott szolgáltatás, megfelel a leírtaknak, pontos és megbízható.
- **Alkalmazkodóképesség**
- A Társaság figyelmet fordít a szolgáltatásával kapcsolatos egyéb felmerülő igények biztosítására.
- **Hozzáértés**
- A szolgáltatás nyújtásához szükséges szaktudás, ismeretek megléte.
- **Hozzáférhetőség**
- A Társaság által nyújtott szolgáltatás elérése.
- **Udvariasság**
- A Társaság személyi állományának barátságos, tisztelettudó, figyelmes magatartása.

- **Kommunikáció**
- Az ügyfelek tájékoztatása, a megfelelő módon, érthető formában.
- **Hitelesség**
- A Társaság megbízhatósága, pontossága.
- **Biztonság**
- Kockázatok megismerése, az elkerülésekért tett intézkedések.
- **Az ügyfél megértése**
- A felhasználók, az ügyfelek igényeinek a megismeréséért tett intézkedések, erőfeszítések.
- **Kézzel fogható tényezők**
- A Társaság létesítményeinek, eszközeinek, felszereléseinek, munkatársainak és kommunikációs eszközeinek a megjelenése. [2]

A módszertan lényege, hogy a fogyasztók által elvárt és egyben észlelt, jelenlegi állapotoknak megfelelő minőséget vizsgálva hozzájáruljon a döntéshozatalban érintett felek munkájának a segítésében. A kísérlet során úgynevezett „duplaskálát" alkalmaztak, ami mind a huszonkét állításhoz kétféle megközelítést (elvárt és észlelt) jelent. A modell dimenzióinak a csökkentéséhez azonban nem csak az állítások redukálása, hanem a kapott értékek elemzése is vezetett. Megbízhatósági elemzéseket és faktoranalízist végeztek és az eredeti állítások közül azokat melyek csekély mértékben korrelálódtak a dimenziók együttes eredményéhez azokat kihagyták az elemzésből. Így alakult ki a szolgáltatás minőségét jellemző öt dimenzió, melyekkel a tanulmány során a továbbiakban dolgozom.

A szolgáltatás minőség 5 dimenziója:

- **Megbízhatóság**
- A Társaság által nyújtott szolgáltatás, megfelel a leírtaknak, pontos és megbízható.
- **Alkalmazkodóképesség**
- A Társaság figyelmet fordít a szolgáltatásával kapcsolatos egyéb felmerülő igények biztosítására.
- **Kézzel fogható tényezők**
- A Társaság létesítményeinek, eszközeinek, felszereléseinek, munkatársainak és kommunikációs eszközeinek a megjelenése.
- **Szavatolás, bizalom**
    - A szolgáltatás minőségének 10 dimenziójából a „Hozzáértés, Udvariasság, Hihetőség" összeolvasztásából a Társaság munkatásainak a szaktudását barátságos, előzékeny tisztelettudó magatartás közvetítése az ügyfelek irányában.
- **Empátia**
    - Személyre szabott gondoskodó figyelem a Társaság részéről.

[2]

Az általam felmérni kívánt Társaság felhasználóinak számára az említett dimenziók vonatkozásában az alapmodellben leírtaknak megfelelően huszonkét darab konkrét, jellemzőkkel teli állítást készítettem, melyet egy kérdőív formájában összesen 40, a szolgáltatást igénybevevő számára juttattam el. A visszaérkezett kérdőívek eredményét táblázatba rendeztem és matematikai, illetve statisztikai vizsgálatokat végeztem el. A megkérdezettek egy 7 pontos skálán értékelték az állításokat, úgy, hogy az „1"-es érték jelenti azt, hogy egyáltalán nem, a „7"-es érték pedig, hogy teljesmértékben egyet ért a felvetett állítással.

A SERVQUAL- modell által leírtak szerint a szolgáltatás minősége az egyenlő a teljesítmény – elvárásokkal. (SQ = P – E)

A mérés elvégzése előtt az alapmodell szerinti módszertanon kisebb változtatásokat végeztem el. Egy közösségi közlekedési szolgáltató esetében az „elvárást" a könnyebb kezelhetőség és az egyszerűség érdekében elhagytam a képletből, tehát a minőség = (észlelt) teljesítménnyel.

A modell állításai tartalmaznak negatív kérdéseket, azonban a szakirodalmakban leírtak alapján a válaszadók több esetben ezt nehezen tudták értelmezni, így a kapott válasz eltorzíthatja az eredményeket. Ennek tudatában a modellben megfogalmazott negatív kérdéseket, illetve azokat, melyek nem voltak konkretizálhatóak a vizsgált Társaságnál módosítottam. A huszonkét darab állítás csoportosítása az alábbiak szerint történt:

1. táblázat. SERVQUAL modell dimenziói

1	kézzelfoghatóság	4 db
2	megbízhatóság	5 db
3	fogékonyság	4 db
4	szavatolás/bizalom	4 db
5	empátia	5 db

[1]

4. SERVQUAL modell tesztelése, vizsgált szempontok

Az eredeti modell által meghatározott, részben módosított 22 darab állítást összesen 40 a szolgáltatást igénybevevő fogyasztó értékelte. Az alap statisztikai módszerek vizsgálatát követően a skála megbízhatóságát teszteltem a Cronbach alfa segítségével. A 22 állítást az alábbi táblázat tartalmazza:

		Nem ért egyet						Egyetért
1.	A BKV Zrt. járművei modernek a kornak megfelelő technológiával rendelkeznek.	1	2	3	4	5	6	7
2.	A BKV Zrt. járművei tiszták, igényes megjelenésüek, létesítményeik vizuálisan vonzók.	1	2	3	4	5	6	7
3.	A BKV Zrt. munkatársai ízléses, elegáns megjelenésűek.	1	2	3	4	5	6	7
4.	A BKV Zrt. utastájékoztatása mindig naprakész, egyértelmű és pontos információkat tartalmaz.	1	2	3	4	5	6	7
5.	A BKV Zrt. az általa végzett felújítási munkálatokat határidőre elvégzi.	1	2	3	4	5	6	7
6.	Amennyiben problémája adódik a BKV Zrt. munkatársai őszinte szándékot mutat annak megoldására.	1	2	3	4	5	6	7
7.	A mindennapi munkábajárásához megfelelő alternatívaként szolgál a BKV Zrt. által biztosított járművei.	1	2	3	4	5	6	7
8.	A BKV Zrt. járművei a menetrendekben leírtaknak megfelelően pontosan érkeznek.	1	2	3	4	5	6	7
9.	A BKV Zrt. ragaszkodik a hibamentes tevékenységhez.	1	2	3	4	5	6	7
10.	A BKV Zrt. munkatársai időben tájékotatják önt a szolgáltaás nyújtás lehetőségeiről.	1	2	3	4	5	6	7
11.	A BKV Zrt. munkatársai az utaskiszolgálás során felemerült problémákról (forgalmi akadályokról) azonnali, megbízható	1	2	3	4	5	6	7
12.	A BKV Zrt. munkatársai minden estben segítőkészek.	1	2	3	4	5	6	7
13.	A BKV Zrt. munkatársai soha nem túl elfoglaltak ahhoz válaszoljanak az Ön kérdéseire.	1	2	3	4	5	6	7
14.	A BKV Zrt. munkatársai bizalmat ébresztenek Önben.	1	2	3	4	5	6	7
15.	Biztonságban érzem magamat a BKV Zrt. járművein.	1	2	3	4	5	6	7
16.	A BKV Zrt. munkatársai folyamatosan előzékenyek és udvariasak Önnel szemben.	1	2	3	4	5	6	7
17.	A BKV Zrt. munkatársai naprakészek, rendelkeznek azzal a tudással, amellyel az Önben felmerülő a szolgáltatás nyújtásával kapcsolatos kérdéseire megfelelő válaszokat adhatnak.	1	2	3	4	5	6	7
18.	A BKV Zrt. megkülönböztetett figyelmet fordít Önre.	1	2	3	4	5	6	7
19.	A BKV Zrt. által nyujtott szolgáltatás az Ön utazási igényeinek megfelelő időbeli paraméterekkel rendelkezik.	1	2	3	4	5	6	7
20.	A BKV Zrt. munkatársai a szolgáltatás nyújtás során az Önben felmerült kérdésekre, személyesen kielégítő módon választ adnak.	1	2	3	4	5	6	7
21.	A BKV Zrt. az Ön érdekeit állítja a középpontba.	1	2	3	4	5	6	7
22.	A BKV Zrt. munkatársai felismerik az Ön különleges igényeit.	1	2	3	4	5	6	7

1. ábra: Kérdőív

A teszt során a válaszadók inkább közepes értékeket tulajdonítottak az állításoknak, mely már önmagában is jelzi, hogy az „igénybe” vevői megelégedettség, a vállalt megítélése nem kimagasló eredményekkel bír. Az alap statisztikai vizsgálatok elvégzését követően, megállapítható, hogy a legalacsonyabb átlagos érték

a 22 állításnál, a legmagasabb a tizedik állításánál található. A szórás a tizenegyedik állításnál a legmagasabb, de a további értékek esetében sem mondható kirívóan magasnak.

2. táblázat. Alapstatisztikai vizsgálatok eredményei

	Állítás 1	Állítás 2	Állítás 3	Állítás 4
Átlag	4,25	4,125	4,55	4,5
Variancia	1,42308	1,29167	1,5871795	0,7692308
Szórás	1,19293	1,13652	1,2598331	0,877058
Átlag sztenderd hibája:	0,18862	0,1797	0,1991971	0,138675
Relatív szórás:	28,0689	27,5519	27,68864	19,490178

	Állítás 5	Állítás 6	Állítás 7	Állítás 8	Állítás 9
Átlag	5,175	4,4	5,05	4,85	4,25
Variancia	1,17372	0,81026	1,6897436	1,2076923	1,2179487
Szórás	1,08338	0,90014	1,2999014	1,0989505	1,1036071
Átlag sztenderd hibája:	0,1713	0,14233	0,2055325	0,1737593	0,1744956
Relatív szórás:	20,9349	20,4578	25,740621	22,658774	25,967227

	Állítás 10	Állítás 11	Állítás 12	Állítás 13
Átlag	**5,45**	4,65	4,05	3,825
Variancia	1,17692	2,07949	0,6641026	1,0711538
Szórás	1,08486	**1,44204**	0,8149249	1,0349656
Átlag sztenderd hibája:	0,17153	0,22801	0,1288509	0,1636424
Relatív szórás:	19,9057	31,0117	20,121602	27,057925

	Állítás 14	Állítás 15	Állítás 16	Állítás 17
Átlag	3,85	3,95	3,85	4,075
Variancia	1,15641	0,81795	0,6435897	0,7378205
Szórás	1,07537	0,90441	0,8022405	0,8589648
Átlag sztenderd hibája:	0,17003	0,143	0,1268454	0,1358143
Relatív szórás:	27,9316	22,8963	20,837414	21,078891

	Állítás 18	Állítás 19	Állítás 20	Állítás 21	Állítás 22
Átlag	3,9	4,15	3,775	3,475	**3,2**
Variancia	0,60513	0,74615	0,5378205	0,8711538	0,8820513
Szórás	0,7779	0,8638	0,7333625	0,9333562	0,9391759
Átlag sztenderd hibája:	0,123	0,13658	0,1159548	0,1475766	0,1484967
Relatív szórás:	19,9462	20,8145	19,42682	26,859172	29,349245

Az alap statisztikai elemzéseket követően skála megbízhatósági tesztet végeztem a Cronbach- féle alfa értéket vizsgálva. Az alfa szám mutatja meg, hogy konzisztensek-e számláink, azaz, hogy az állítások valóban azt mérik-e, amire kíváncsiak vagyunk. Értéke 0 és 1 között határozható meg, minél magasabb a szám, annál megbízhatóbb a skála.

A Cronbach alfa számítási képlete:

$$cronbach\ alfa = \frac{itemszám}{itámszám - 1} * (1 - \sum varianca/totálvariancia)$$

ahol az itemszám az álltások számát, a Σ variancia a variancia értékek összegét, a totál variancia pedig az állításokra kapott összpontszám variancia számát jelenti. A képlet segítségével megállapítható, hogy igen erős a skála megbízhatóság, mivel az alfa értéke 0,9522. Az érték további elemek beiktatásával, azaz az állítások számának bővítésével általában növelhető, azonban egyes elemek kihagyásával is javítható. Ahhoz, hogy az alfa érték növekedésének a lehetőségeit megvizsgáljuk,- az állítások számának növelése nélkül - szükségünk lesz az alfa érték meghatározására az adott elemek elhagyásával. Tehát a jelenlegi alfa értékünk a huszonkét állításra vonatkozik a teljes skála figyelembevételével, azonban az egyes állításokat kihagyva a képletből megkaphatjuk az „elem elhagyásával kapott alfa értéket”. [4]

3. táblázat. A korrelációhoz való hozzájárulás mértéke és a Cronbach- alfa változása az elem elhagyásával

Változó	Korrelációhoz való hozzájárulás mértéke	Alfa az elem elhagyásával
Állítás 1	0,5224	0,9573
Állítás 2	0,0150	0,9570
Állítás 3	0,5440	0,9570
Állítás 4	0,2177	0,9556
Állítás 5	0,4495	**0,9496**
Állítás 6	0,5042	0,9559
Állítás 7	0,5210	0,9528
Állítás 8	0,3005	0,9541
Állítás 9	0,4115	0,9569
Állítás 10	0,6705	**0,9432**
Állítás 11	0,6637	0,9575
Állítás 12	0,1616	0,9556
Állítás 13	0,6310	0,9554
Állítás 14	0,7028	0,9557
Állítás 15	0,6987	0,9555
Állítás 16	0,1601	0,9546
Állítás 17	0,3555	0,9558
Állítás 18	0,4817	0,9548
Állítás 19	0,0028	0,9559
Állítás 20	0,1530	0,9539
Állítás 21	0,5796	**0,9515**
Állítás 22	0,1719	**0,9467**

A skála megbízhatósági teszt alapján megállapítható, hogy az 5, 10, 21, 22 számú állítás elhagyásával az alfa érték az átlaghoz képest növekszik, így lehetőség lenne a rendszer stabilitásának a növelésére. A 3. számú táblázatban található korrelációhoz való hozzájárulás mértéke rendkívüli módon ingadozó, ami azt mutatja, hogy bár a skálánk megbízhatóan a minőséget méri, azonban nem egy dimenziós, tehát a SERVQUAL modellben meghatározott változó-csoportosítás, melyet az 1. számú táblázat tartalmaz valóban szükséges a pontos értékek meghatározásához.

Összegzés

Az elemzés célja a SERVQUAL- modell által meghatározott dimenziók struktúrájának azonosíthatósága, illetve, hogy a modell általánosan érvényesíthető-e egy közösségi közlekedési szolgáltatónál. A tesztelés során az összesen negyven fő által értékelt huszonkét darab állítás alapstatisztikai vizsgálatai alapján egyszerűen megállapítható, hogy mely dimenziók, mely állításai érték el a legmagasabb illetve legalacsonyabb átlag pontszámot. Az állítások csoportosításának fontossága, jelentősége a korrelációhoz való hozzájárulás mértékéből beigazolódott, a modell valóban több dimenziós. A Cronbach alfa szám értéke erős megbízhatóságot mutat, így kijelenthető, hogy az modellben szereplő állítások valóban a minőséget mérik. A következő teszteléssel azonban kimutatható, hogy bár a SERVQUAL- modell alapvetően

működik, mint egy szolgáltatásminőséget mérő módszertan, azonban az általam vizsgált közlekedési társaság esetében érdemes kisebb változtatásokat végrehajtani. Az alfa érték vizsgálata az egyes állítások elhagyásával lehetőséget ad a skála megbízhatóság növelésére. Az 5, 10, 21, 22 számú állítás elhagyásával a Cronbach alfa értéke növelhető, így az állítások száma egy közösségi közlekedési szolgáltatást nyújtó vállalat esetben 18-ra csökkenne. Ennek hatására érdemes felülvizsgálni a minőséget jellemző dimenziók csoportosítását. A modell alkalmazásának tesztelése során a levonható konklúzió, hogy alapvetően a SERVQUAL- modell alkalmas a szolgáltatásminőség mérésére, azonban szükség van üzletágspecifikus átalakításokra.

Irodalomjegyzék

[1] Becser N. Szolgáltatásminőség fejlesztés egy kiskereskedelemben – Egy lehetséges mérési modell és az arra épülő döntéstámogató rendszer alapjai 2007

[2] Zeithaml, Parasuraman, Berry Delivering Quality Service: Balancing Customer Perceptions and Expectations 1990

[3] Réthi G. - Kása R. - Molnár L. A szolgáltatásminőség értelmezésének különbségei – percepcióvezérelt szolgáltatások minőségmodellje kialakításának első lépései Vol. I. 2014/2. (26–42.)

[4] Dr. Kövér Gy. – Bareith T. Kérdőívek kitöltésének módszertana 2016

A spatial study of the catchment area of P&R facilities

Jairo Ortega[1] - Dr. János Tóth[2]- Dr. Tamás Péter[3]

[1,2]**Budapest University of Technology and Economics,**
Department of Transport Technology and Economics
telephone: +36203580634
e-mail: ortega.jairo@mail.bme.hu, toth.janos@mail.bme.hu

[3]**Budapest University of Technology and Economics,**
Department of Control for Transportation and Vehicle Systems
e-mail: peter.tamas@mail.bme.hu

Abstract: Park and Ride facilities (P&R) are located in several parts of cities close to public transport stops or stations to intercept the trips of travelers that utilize private cars to go from the outskirt areas of an urban environment to its central locations. P&R systems play a potentially important role in transportation planning to decrease the undesirable effects of private cars in the Central Business District (CBD). In order to achieve this objective, an essential parameter to be investigated is the demand in the catchment area of P&R facilities. This demand in this area depends on how dynamic accessibility could be a facility and how far it is from alternative facilities. Therefore, in this research is proposed a spatial mathematical analysis with its main aim being delineated catchment area, and also, a Geographical Information Systems (GIS) is developed for evaluating the potential demand in the P&R facilities. In other words, this article provides a detailed and precise spatial description of P&R facilities demand in its catchment area. The result of this study is provided a useful tool for planners and researchers to establish the set of most suitable P&R facilities in the urban environment of the cities.

Keywords: P&R facilities, P&R demand, P&R catchment area, GIS environment.

Introduction

Park and ride facilities are located in the several parts of cities to catch the travelers of private vehicles mode with its start trip points in the outskirt areas of an urban environment, and then transfer to a public transport system. P&R systems are commonly referred to as transport planning mechanisms and an essential component to sustainable development policies in the short-term and middle-term since the 1930s in middle cities. The approach of transport planning in P&R systems is involved with the evaluation, assessment, design, and siting of transport facilities to increase the number of users in public transport, reduce traffic congestion and air pollution [1]. P&R systems have played an essential role in the encouragement of a modal shift from car travel towards public transport and constitute one of the most effective tools into the SUMPs method to reduce the undesirable effects of the private vehicle [2]. A P&R utilization study was developed by Ortega et al. [3] to identify the characteristics of the P&R system and calculate the demand and location of each facility in Cuenca city by a novel linear mathematical model. The result has been the identification of a set of characteristics of the P&R system, such as parking demand, parking accumulation, occupancy, duration, turnover, and volume, and additional the authors have concluded that high parking demand associated with the catchment area of the P&R system is an approach that helps to achieve the benefits of sustainable transportation into the planning process.

The catchment area of the P&R facility is an essential component to calculate the potential demand and also can be considered to select and evaluate the set of alternative P&R locations proposed in the urban environment of a City [4]. Significant evidence suggests that the catchment area of each P&R facility varies in size and dimension, depending on the group of factors such as the extent of the transit network, perceived congestion within the facility, and the location of the facility [5]. Several approaches have been developed to calculate the potential catchment area of the P&R facility, such as a mathematical model, a geographical model, or a combination of them [6]. Turnbull et al. [7] suggests that a mathematical model to define a catchment area of the P&R systems can be assumed as a geometric shape of a circle or parabola. The argument for this approach rests not merely on its capacity to identify the catchment area of the P&R system but also on its capacity to provide the demand of the facility by a set of mathematical equations. Still, there is a problem with assuming a geometric shape; this approach does not take into account possible levels of dynamic accessibility[8].

Delineating the catchment area of P&R facilities is an essential component in transport planning that helps to explain the spatial area of potential users of a facility and its transport characteristics such as distance and travel time, based on this approach, the catchment area of P&R system can be calculated by a market area method [9] [10]. The market area method, also known as a geographic study of the catchment area, which is the area from which users of a P&R come to facility based on transport parameters such as travel time and distance [11], additional, the market area can be calculated through of their existing demand characteristics. A similar approach conducted by Fang et al. [12][13] delineates the boundary of a market area based on travel costs, travel time, and use fees. The author develops a P&R survey to help to identify the size of market areas for different types of P&R facilities. The result has been a detailed analysis of the catchment area of the P&R system, and a Geographic information system shape (GIS) software represents the area extent of a market area. If the data of P&R locations are available, delimiting the area extent of a market area can be relatively easy. In contrast, it is one of the more difficult elements in the P&R system.

The dynamic accessibility method already exists in the extensive literature review, and its approach has been based on the accessibility of various transport modes such as walk, bus, tram, and metro or a combination of them. Besides, an approach of dynamic accessibility within transport planning has been the study of the interaction between people and locations. Therefore, a detailed research for dynamic accessibility should include a measure of analysis of the facility location, an access transport mode, and a measure of impedance of the network (traffic and distance) [14] [15]. The novel contribution of our article is a complex study of the catchment area of P&R system by a dynamic accessibility method.

This article presents a range of three research approaches to calculate the catchment area of P&R facilities: a geometric-shape, a market area, and dynamic accessibility. The geometric-shape method offers two approaches to calculate the catchment area of P&R facilities; parabola and the circle method. A second research approach to calculate the catchment area of P&R facilities is the market area method, and its principal component travel time is analyzed under a tool called ArcGIS Network Analyst [16] within Geographic Information Systems (GIS) software [17]. Both methods the geometric-shape and market area are compared with the potential demand and its cover zone around the facility. Finally, a novel dynamic accessible method determines how dynamic accessibility could be a facility to catch potential users and how far it is from alternative facilities.

The rest of this article is structured as follows. *Section I* provides an interpretation of the methods employed to calculate the catchment area of P&R facilities; geometric-shape, market area, and dynamic accessibility. *Section II* presents a case study for the methods previously described and a brief description of the data and context for its collection. *Section III* explains the results of the tables and their representation for the Geographic information system (GIS) software. In the *conclusion section*, the authors emphasize the novel approach, the results, limitations, and ideas for future research.

1. Methods

As discussed previously, there is little existing research on the study of the characteristics of the catchment area of the P&R system, such as area extent, the influence area, travel time, and distance that allow estimating the potential number of users. The aim of the research has been the study of three research methods that helps to investigate a set of specific characteristics mentioned above to estimate the potential number of users.

- The *geometric-shape method* can be considered a static method with two sub-approaches methods called parabola and circle, which its aim being calculate the maximum potential users of each facility based on a set of steps described in the following *Section 1.1*
- The *market area method* uses Geographic Information Systems (GIS) software and its ArcGIS Network Analyst extension to calculate market areas, the spatial representation of a market area is an irregular polygon that represents the travel time from road to access the facility. *Section 1.2*
- The *dynamic accessibility method* determines how dynamic accessibility could be a facility to catch potential users and how far it is from alternative facilities. *Section 1.3*

The following three subsections explain in detail the methods adopted.

1.1 Geometric-shape method

The catchment area of the P&R system can be represented for a geometric-shape such as parabola and circle. This approach delineates the boundary of a catchment area and calculates the maximum potential users of each facility based on the following three steps:

1. Define the parabola surrounding the P&R facility oriented toward the potential user's zone.
2. Determine the maximum extent of distance to the facility user.
3. Identify the number of potential users in the catchment area.

Several studies have assumed parabola or circle shapes for representing catchment areas for P&R facilities, which could be attributed to the fact that such shapes represent a user's tendency to drive to a P&R facility if it is in their direction of travel. Hanjoul et al. [18] describes that parabola and circle methods are the most useful geometric shapes than others due to their homogeneous area. Lorenzo et al. [19] has shown that a clear description of a geometric shape method delineation approaches combined with the use of GIS offers the capability for relatively easy implementation. Further, this paper has utilized GIS-based functionality for examining and visualizing catchment areas of P&R. The disadvantage is that the method has not been carried out by a dynamic accessibility approach [20].

1.1.1 Parabola method

The steps and equations to calculate the area extent of the parabola, represent the shape by Geographic Information Systems and calculate the potential demand of the P&R system are the following:

Step 1. Define the parabola surrounding the P&R facility oriented toward the potential user's zone. A minor complicating feature of the associated parabola in practice is that the P&R facility is not likely to be horizontal or vertical, the parabola can be rotated about the location of the P&R facility toward the user's travel direction, in other words in the direction of the principal road of facility can be accessed [21].

Step 2. Determine the maximum extent of distance to the facility. As noted previously, the parabolic catchment area approach assumes that users have the same degree of accessibility to the facility. According to previous studies carried out by a survey, the highest percentage of potential users of the P&R system reach the facility by private vehicles from a certain distance[22]. This approach allows determining the parameter *p (1) and (2), which* represents the distance from the vertex (h, k) to the focus *(h, k+p) Figure 1*, in other words, the distance which the users are willing to reach a facility. Vertex *(h,k*) are the coordinates of the P&R location and determined for Google maps.

The following equations can represent a parabola:

Parabola is oriented around the y-axis, equation

$$(x-h)^2 = 4p(y-k) \quad (1)$$

Parabola is oriented around the x-axis, equation

$$(y-k)^2 = 4p(x-h) \quad (2)$$

Step 3. Identify the number of potential users in the catchment area. This method calculates the area of the parabola using the command "calculate geometry" in ArcGIS software and assumes the estimation of the potential demand under two criteria.

- The first criterion is based on the capacity of the set of roads, which are the direct connection to reach the facility, and the total capacity is estimated as the maximum potential demand.
- The second criterion determines which zone or zones are in the catchment area of the P&R facility, and the number of cars registered in each zone is assumed as the maximum potential demand for each facility.

For example:

Step 1: *Define the parabola surrounding the P&R facility oriented toward the potential user's zone:*

1. Rotated about the location of the P&R facility toward the user's travel direction or major road. For this example, we can see in *Figure 1* that the major road is America Av.
2. *h,k* are the coordinate of the P&R location, which were determined for Google maps. [23]

Figure 1. Example of Parabola-method.

Step 2. Determine the maximum extent of distance to the facility:

1. *p* represents the distance from the vertex (h,k) to the focus (h, k+p), which is the distance that users are willing to reach a facility.[22]

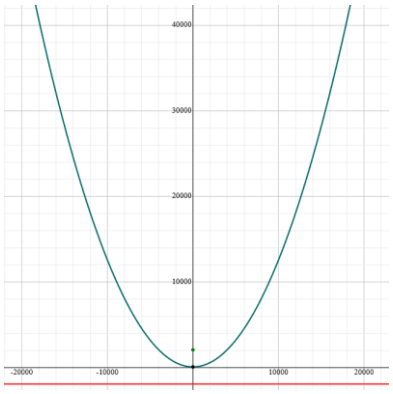
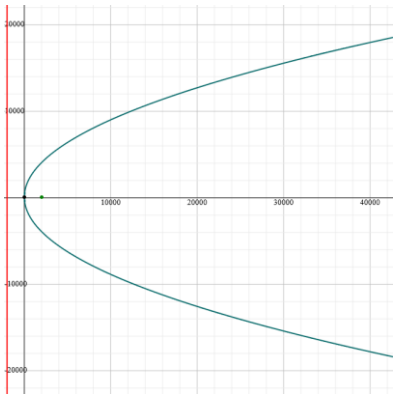
Data: (h,k) = (2.8, 78) p = 2000 m	$(x-2.8)^2 = 8000(y-78)$ (2) 	$(y-78)^2 = 8000(x-2.8)$ (3) 

Figure 2. Graphical representation of parabola equations 2 and 3

Figure 2 shows the difference between (1) and (2), equation 1 is oriented around the y-axis, and equation 3 is oriented around the x-axis. According to this approach, both equations can be used, the problem of the orientation of the parabola was solved with the approach of the road direction. *Step 1*

Step 3. Identify the number of potential users in the catchment area:

Figures 1 and 2 represent the equation of the parabola, and the area of the geometric shapes can be calculated using the command "calculate geometry" in ArcGIS software.[24]

1.1.2 Circle method

The steps and equations to calculate the area extent of the circle, represent the shape by Geographic Information Systems and calculate the potential demand of the P&R system are the followings:

Step 1. Define the circle surrounding the P&R facility. The center of the circle is the coordinates of the location of the facility, which are determined for the use of Google maps.

Step 2. Determine the maximum radio distance to the facility. This approach is based on the literature review, which describes that users have the same degree of accessibility to the facility. It means that the maximum length of the radius can be between 1 km and 3 km. The value of the distance is used according to the result of the survey developed by Hamilton [25], based on the willingness to use P&R.

Step 3. Identify potential number of users in the catchment area. This method calculates the area of the circle using the command "calculate geometry" in ArcGIS software and assumes the estimation of the potential demand under formerly mentioned two criteria.

Circle equation

$$(x-h)^2+(y-k)^2=r^2 \quad (3)$$

Where,

r represents the distance from the P&R location to the maximum catchment area, which is the distance that users are willing to reach a facility.

h,k is the coordinate of the location of P&R.

For example:

Step 1: *Define the circle surrounding the P&R facility.*

The center of the circle is the coordinates of the location of the facility.

(h, k) = (2.8, 78)

Step 2. Determine the maximum radio distance to the facility.

1. The maximum length of the radius is between 1 km and 3 km.
2. Represent the equation of the circle and calculate the area of the circle using the command "calculate geometry" in ArcGIS software

Step 3. *Identify potential number of users in the catchment area.*

1. The first criterion for potential demand of the catchment area is based on the capacity of the set of roads to reach the facility.
2. The second criterion for potential demand of the catchment area is based on which zone or zones are in the catchment area of the P&R facility, and the number of cars registered in those zones is assumed as the maximum potential demand for each facility. In this case, *Zone 15*.

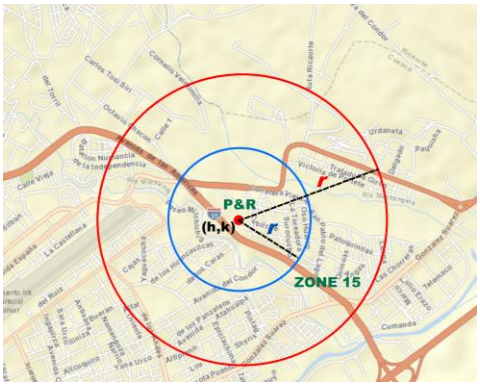


Figure 3. Example of circle-method.

The geometry-shape method presents a set of limitations:

- The maximum potential demand is assumed based on the total capacity of the set of road networks to reach the facility or the number of registered vehicles in each zone. As a result of this analysis, there are several potential customers of the P&R system that are not estimated because they are not inside of the geometric-shape or part in the influence area.
- A limitation is that the method is static, and only consider the distance, and area of the shape.

Develop a method that increases the number of parameters for the study of the catchment area of the P&R system is needed.

1.2 Market area method

A market area is a surface over which a demand offered at a specific location is expressed and generates a spatial dimension, with the necessary data, such as distances or travel times from P&R facility to urban zones, a market area is relatively simple to calculate with a reasonable level of accuracy. Geographic Information Systems (GIS) software and its ArcGIS Network Analyst extension [16] have become fundamental tools to calculate market areas, the spatial representation of a market area is an irregular polygon. For instance, a network service area is a region that encompasses all accessible streets to reach the facility in a measured time. This method is based on the parameter travel time, and its result describes a better level of accuracy than the geometric-shape method. The limitation is that the method not been carried out by a dynamic accessibility approach. The following table describes how to calculate the catchment area of the P&R system by the market-area method:

Table 1. Steps of calculation of catchment area of P&R by market-area method.

Calculation	Calculation of the market-area to each P&R facility
Input:	City zones' spatial data, P&R locations data, set of road network data.
Output:	Market-area for each facility.
Steps:	
1:	Create a network dataset in a geodatabase using San Cuenca street
2:	Active Network Analyst window for the road network data.
3:	Load the location of the P&R facilities' shape.
4:	Setting up the parameter travel time for the analysis.
5:	For each P&R location
6:	Run the process to compute and Generate Polygons for each facility.
7:	The outer and inner service area breaks switch colors, making it clearer what areas the travel time minute breaks cover.

Figure 4. Example of market-area method.

Develop a dynamic method that adds parameters as traffic level, and potential trips of the P&R system could help to solve the limitations of the methods above mentions.

1.3 Dynamic accessibility method

The dynamic accessibility method determines how dynamic accessibility could be a facility to catch potential users and how far it is from alternative facilities. Google Maps Directions API Service [24] provides information about a route. A route is getting from an initial location to a specific destination for different transport modes and travel times. Directions Service calculates the traffic conditions with no traffic, low traffic, and high traffic. Finally, dynamic accessibility is interpreted for a set of graphs of travel time and distance. The dynamic method solves the limitations of static methods mentioned above and adds a set of parameters to a comprehensive analysis of the catchment area of the P&R system.

2. Case study

This section describes our case study Cuenca-Ecuador which is located in the Andes mountains about 2,660 meters, and its urban population is 329.928. Cuenca is categorized as a UNESCO World Heritage Site because of its historical constructions. The central city is considered a Central Business District (CBD) with a high number of private car mode, which generates traffic congestion and air pollution. The local transport authorities have developed an Urban Sustainable Mobility Plan (SUMP) to provide a set of well-organized instructions on how to develop efficient, safe, and environmentally friendly mobility solutions for inhabitants of modern urban environments. Therefore, the Sustainable Urban Mobility Plans (SUMP) method has included a set of detail transport parameters for parking policies.

2.1 Data

The SUMP has provided the following data and metrics: the number of vehicles per zone, modal split information, number of origin-destination trips. *Figure 5* represents a graphical example of the number of registered vehicles per zone, which can be considered as the maximum potential users of the P&R system. *Table 2* shows the extent of the area of each zone, and *Table 3* shows the metrics of the roads' capacity to access the facility, which is the second criterion to find maximum potential users. Ortega et al. [3] has identified a set of parameters of the P&R system in Cuenca-Ecuador, such as the number of lots in each P&R facility, P&R demand, P&R location, and including a linear mathematical model for P&R facilities. *Table 4*

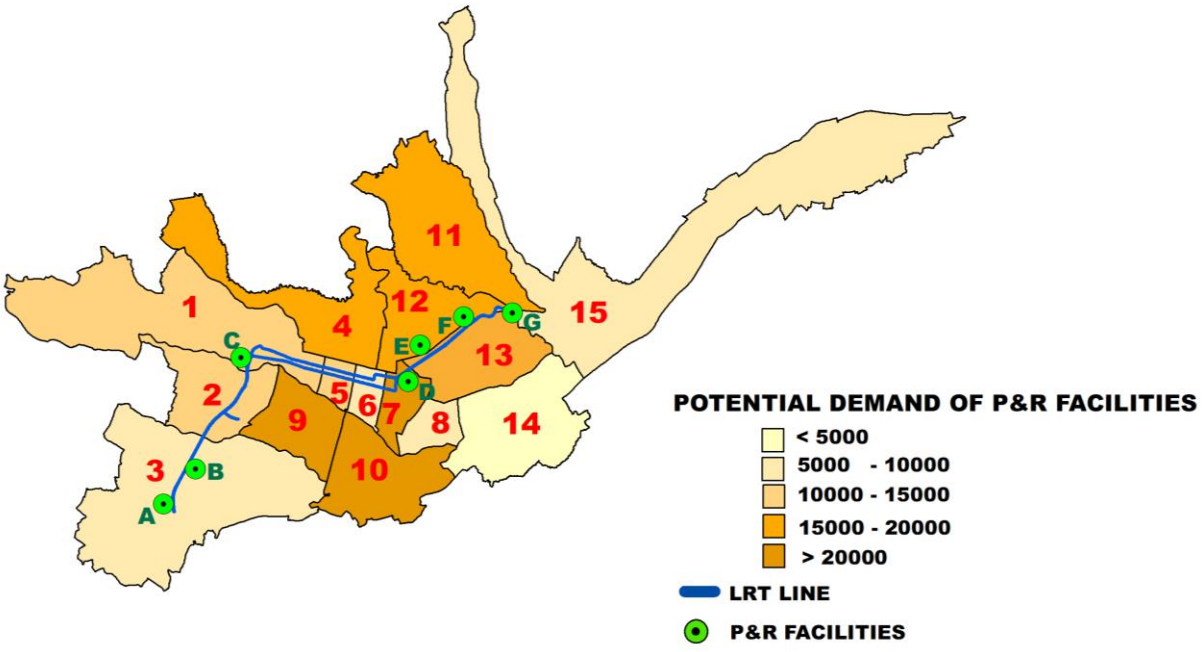


Figure 5. Potential travelers of P&R facilities

Table 2. Value of the area of each zone

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
AREA(km^2)	9.5	3.4	11.2	5.28	0.6	0.74	1.22	1.13	2.61	4.03	6.46	3.2	3.3	5.1	15.7

Table 3. Value of the road network capacity to reach to facility

FACILITIES	ROAD NETWORK	CAPACITY	TOTAL CAPACITY
A	AV. AMERICAS	14320	38528
	CIRCUNVALACION SUR	24207	
B	LA PINTA	1300	4722
	LOS CONQUISTADORES	2300	
	LA RABIDA	1122	
C	AV AMERICAS	6325	8730
	PASEO TRES DE NOVIEMBRE	2405	
D	GONZALO SUAREZ	2630	3750
	PASEO DE LOS CANARIS	1120	
E	AV ESPANA	3200	3200
F	HURTADO DE MENDOZA	3180	3180
G	CIRCUNVALACION SUR	24207	41157
	AMERICAS	*14320*	
	GONZALO SUAREZ	*2630*	

Table 4. P&R metrics data

ID	P&R facilities name	Latitude	Longitude	Number of lots needed
A	Control Sur	-2.923399	-79.0382343	1603
B	Banos	-2.9147923	-79.038227	1002
C	Feria Libre	-2.8956061	-79.0268517	2917
D	Canirabamba	-2.9066296	-79.0293574	1170
E	Totoracocha	-2.897063	-78.9902306	2216
F	Aeropuerto	-2.8861158	-78.9929826	1475
G	Parque Industrial	-2.881886	-78.9776599	3369

3. Results

3.1 Geometric-shape

The geometric-shape method: represents the catchment area of the P&R system, calculates the area extent of the catchment area and the maximum potential number of users of each facility. The steps to the geometric-shape method were described in *Section 1.1*. The following results were obtained for the geometric-shape method:

- The area extent of the catchment area, which is calculated using the command "calculate geometry" in ArcGIS software. *Figure 6 (a-d) and Table 5*

- The formerly mentioned potential demand for the catchment area can be found in Table 5:

Figure 6 (a and b) and Table 5. shows the parabola method results, while *Figure 6 (c and d) and Table 5*. shows the circle method with two distance values (1 km, 3 km)

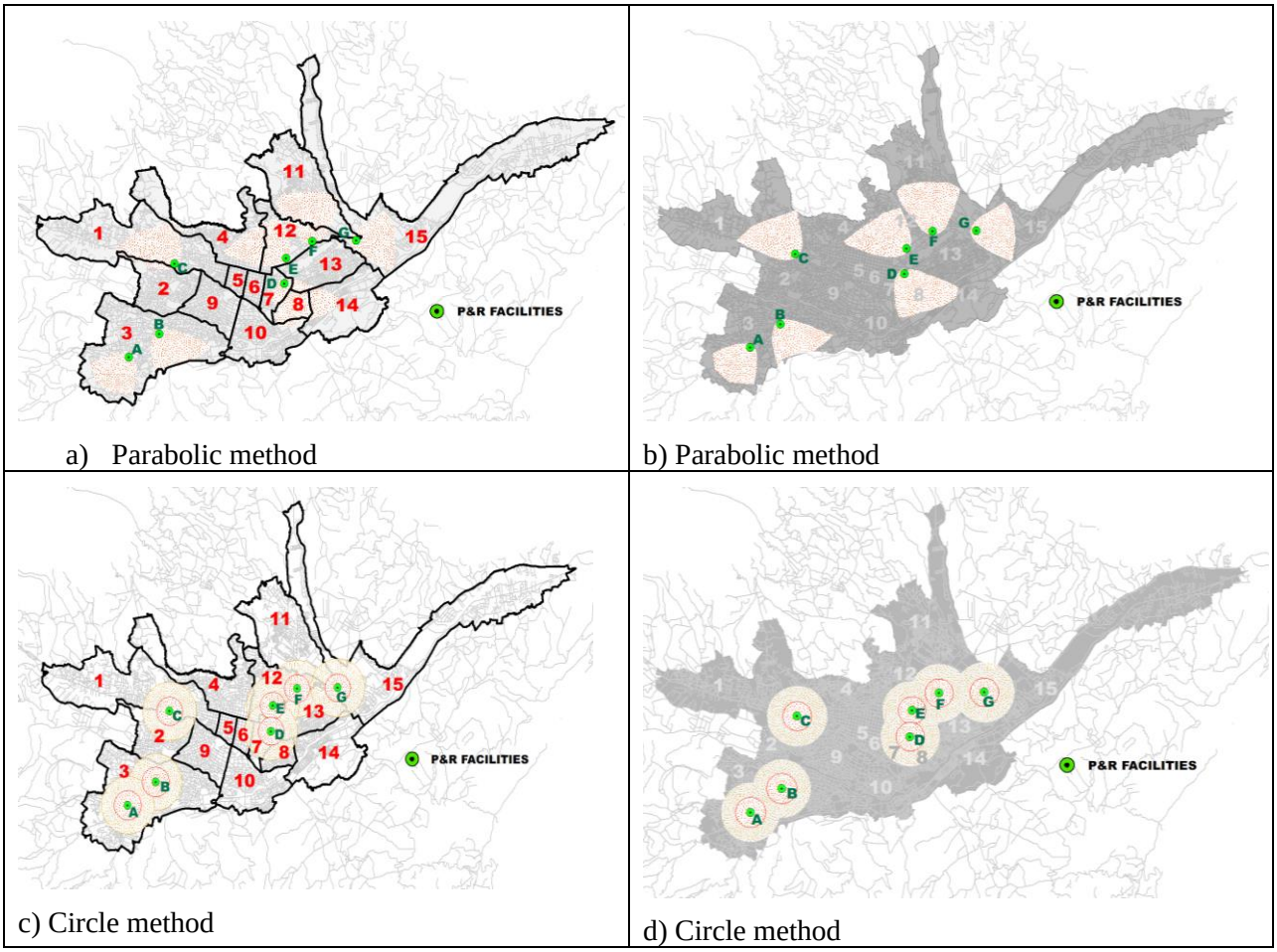


Figure 6. Geometric-shape method.

Table 5 shows the numerical results of the study of the catchment area of P&R facilities of the geometric-shape method. The results of the calculation of the extent catchment area of P&R A depends on the type of method that is used, For example, 1.63 km2 for the parabola method, 1 km2, and 3 km2 for the circle method.

The result of the maximum potential demand of the *P&R A* based on the criterion capacity of the roads to reach the facility has been 38528 users for both methods parabola and circle. The influence zones' maximum potential demand for the P&R A based on the criterion number of cars registered has been between 5000-10000 users and its influence zone number 3.

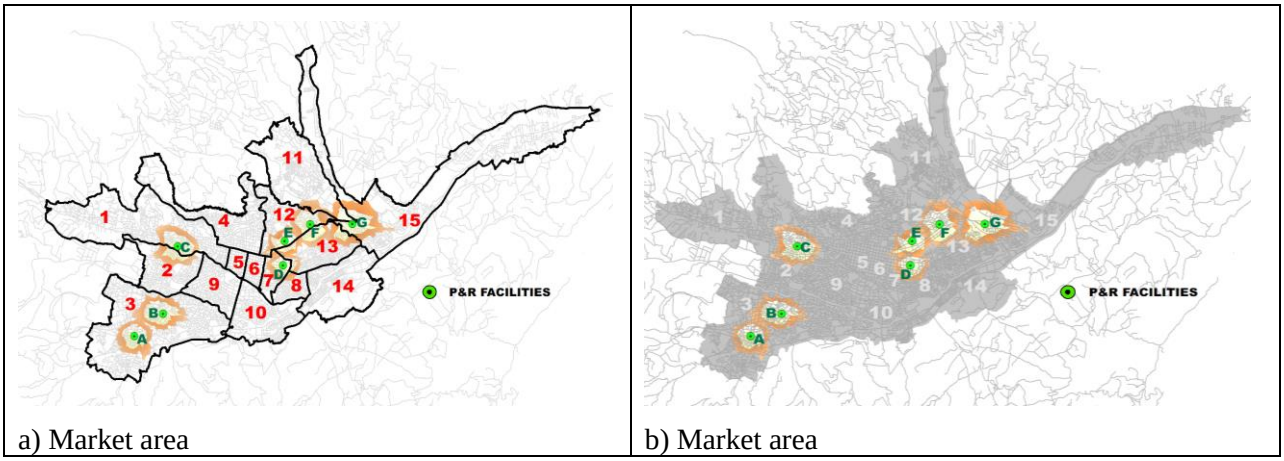
Table 5. Numerical results of the geometric-shape method

	Geometric-shape: Parabolic				**Geometric-shape: Circle**					
ID P&R	Catchment area		Influence Zones		Catchment area		Catchment area		Influence Zones	
	km^2	Potential demand	Zones	Potential demand	km^2	Potential demand	km^2	Potential demand	Zones	Potential demand
A	1.63	38528	3	5000-10000	1	38528	3	38528	3	5000-10000
B	2.01	4722	3	5000-10000	1	4722	3	4722	3	5000-10000
C	2.78	8730	1	15000-20000	1	8730	3	8730	1,2	15000-20000
D	2.85	3750	7,8	10000	1	3750	3	3750	7,8	10000
E	2.62	3200	4,12	20000	1	3200	3	3200	12	20000
F	2.94	3180	11, 12	20000	1	3180	3	3180	13	20000
G	2.41	41157	15	15000-20000	1	41157	3	41157	15	15000-20000

3.2 Market area

The market area method has used Geographic Information Systems (GIS) with its ArcGIS Network Analyst extension. The network characteristics and the travel time from a point in the urban area to reach the facility has been provided for Cuenca Municipality by a GIS file. The market area was relatively easy to implement with the use of the tool network analyst, and the boundary of the irregular polygon is drawn under the parameter travel time network. *Figure 7 (a and b). Table 6* shows the following results:

- The area extent of the catchment area, which depends on the area of the shape, is calculated by the ArcGIS Network Analyst extension.
- The potential demand of the catchment area is the capacity of the private vehicle road to reach to the facility for the parameter travel time by ArcGIS Network Analyst extension.
- The influence zones' potential demand of the catchment area is calculated by the number of registered vehicles per zone of the SUMP.



a) Market area b) Market area

Figure 7. Market area shape

Table 6 shows the numerical results of the study of the catchment area of P&R facilities of the market area method. The result of the area extent of the P&R A is 0.59 km2 for a travel time of 5 minutes while 1.39 km2 for a travel time of 10 minutes. The result of the maximum potential demand of the P&R system based on the capacity of the set of roads to reach the facility, which is 38528 users. The influence zones' maximum potential demand for the P&R A based on the criterion number of cars registered has been between 5000-10000 users and its influence zone number 3. The value of travel time 5 and 10 minutes is used according to the result of the survey developed by Hamilton et al. [30]. The results with the value of 5 minutes to reach the facility represent 62% of the potential demand of the P&R system, while the value of 10 minutes to reach the facility represents the 20% of the potential demand. When the travel time was approximately 10 minutes longer, the percentage of potential users for the facility is discarded. However, our method can be extended by the use of different travel times.

Table 6. Numerical results of the market area method.

	Market area					
ID P&R	Catchment area 5 minutes		Catchment area 10 minutes		Influence Zones	
	km^2	Potential demand	km^2	Potential demand	Zones	Potential demand
A	0.59	38528	1.39	38528	3	5000-10000
B	0.77	4722	1.66	4722	3	5000-10000
C	0.89	8730	1.84	8730	1,2	15000-20000
D	0.47	3750	0.99	3750	7	10000
E	0.51	3200	1.082	3200	12	20000
F	0.88	3180	1.85	3180	12	20000
G	1.09	41157	2.63	41157	15	15000-20000

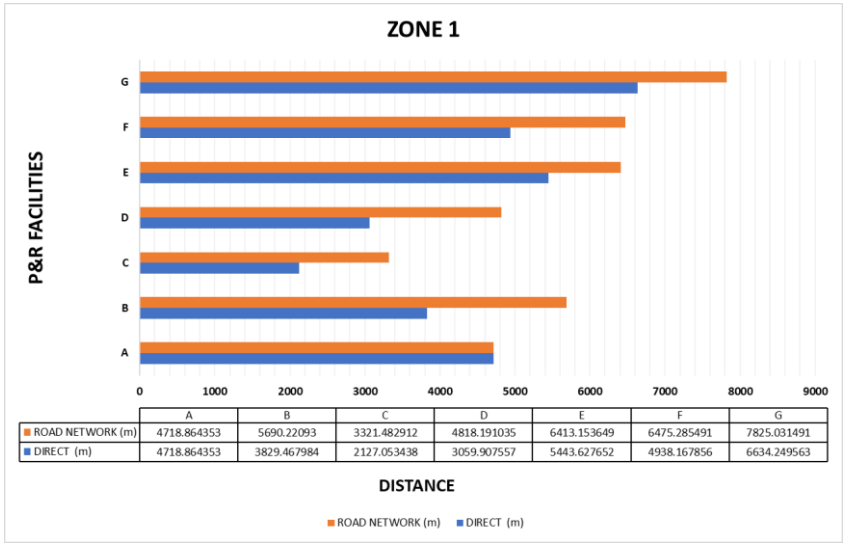
The geometry-shape and market area methods present a set of limitations. The maximum potential demand is assumed based on the total capacity of the set of roads to reach the facility or the cars registered of each zone. As a result of this analysis, there are several potential customers of the P&R system that are not estimated because they are not inside the geometric-shape, or they are no part in the influence area. For example, zones 2, 4, 5, 6, 9, 10, 13, and 14 of Cuenca city are not considered for the methods used. It can be a problem to estimate the maximum potential demand for P&R facilities that include all zones of a city.

3.3 Dynamic accessibility

The dynamic accessibility method determines how dynamic accessibility could be a facility to catch potential users and how far it is from alternative facilities. *Table 7* shows the following numerical results for *P&R A and B.* *Figure 8 graph a* shows of metric distance (network and shortest) from zone 1 to a set of P&R system. *Figure 8 graph b* shows metric travel time (with no traffic, low traffic, high traffic) from zone 1 to a set of P&R system.

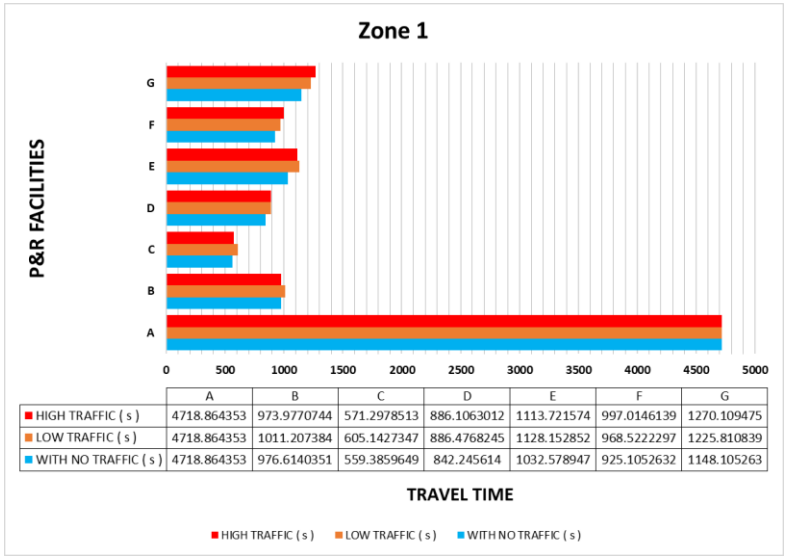
Table 7. Numerical dynamic accessibility results

ZONE	FACILITY	DIRECT (m)	ROAD NETWORK (m)	NO TRAFFIC (s)	LOW TRAFFIC (s)	HIGH TRAFFIC (s)
1	A	4718.864	4718.864	4719	4719	4719
2	A	3100.82	5302.041	927	987	986
3	A	1370.179	2499.4	474	521	566
4	A	5515.147	7347.432	1332	1447	1381
5	A	4556.849	6243.132	1207	1329	1217
6	A	4810.747	6794.769	1357	1544	1363
7	A	5277.981	7819.183	1436	1569	1512
8	A	5705.207	9090.815	1350	1432	1425
9	A	3476.839	4770.394	883	946	908
10	A	4730.041	7005.108	1064	1141	1120
11	A	8679.885	15512.5	1740	1824	1973
12	A	6687.862	8620.867	1520	1628	1691
13	A	7076.452	10994.57	1532	1646	1653
14	A	7702.419	10797.42	1339	1380	1440
15	A	9932.181	13811.5	1432	1472	1641
1	B	3829.468	5690.221	976.614	1011.2074	973.9771
2	B	2202.445	4360.88	714.1071	729.9861	718.0323
3	B	1001.773	1418.37	236.4038	259.04732	281.4094
4	B	4815.423	6460.139	1170.675	1250.8761	1157.21
5	B	3984.264	5188.137	1062	1150.2802	1041.425
6	B	4349.042	5747.191	1218.75	1381.8809	1206.663
7	B	4909.651	6945.832	1335.323	1459.6498	1389.716
8	B	5439.717	8161.535	1357.2	1447.7447	1410.126
9	B	2936.814	3903.508	749.9868	799.42087	753.2386
10	B	4546.494	6319.696	1032.489	1119.9944	1065.271
11	B	8005.512	10629.86	1791.714	1892.0323	1934.844
12	B	6123.623	7748.981	1357.08	1453.0751	1378.2
13	B	6681.2	10835.27	1525.278	1641.0731	1617.262
14	B	7412.046	11378.35	1335.227	1394.6553	1410.319
15	B	9493.092	14198.87	1401.273	1456.8501	1576.977



	A	B	C	D	E	F	G
ROAD NETWORK (m)	4718.864353	5690.22093	3321.482912	4818.191035	6413.153649	6475.285491	7825.031491
DIRECT (m)	4718.864353	3829.467984	2127.053438	3059.907557	5443.627652	4938.167856	6634.249563

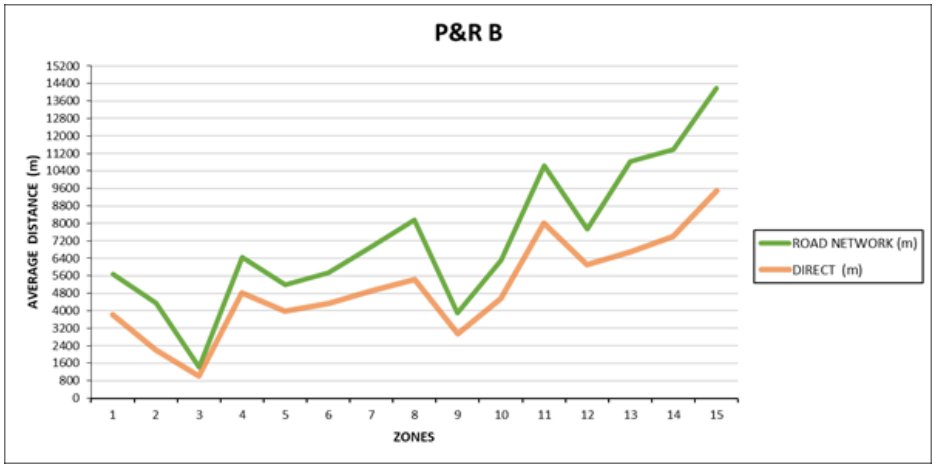
a) *Dynamic accessibility of zone 1*



	A	B	C	D	E	F	G
HIGH TRAFFIC (s)	4718.864353	973.9770744	571.2978513	886.1063012	1113.721574	997.0146139	1270.109475
LOW TRAFFIC (s)	4718.864353	1011.207384	605.1427347	886.4768245	1128.152852	968.5222297	1225.810839
WITH NO TRAFFIC (s)	4718.864353	976.6140351	559.3859649	842.245614	1032.578947	925.1052632	1148.105263

b) *Dynamic accessibility of zone 1*

c) Dynamic accessibility of P&R B (Travel time)



d) Dynamic accessibility of P&R B (distance)

Figure 8. Dynamic accessibility measures

Figure 8 shows a graph representation of the metrics distance and travel time to reach the set of P&R in Cuenca city. Results of the dynamic accessible method for *P&R B* and zone 3:

- The highest number of potential users of *P&R B* are from zone 3, and the lower number of potential users of *P&R B* are from zone 15, zone 3 is the closest to P&R B, and the farthest is the zone 11 *Table 7*. The potential numerical demand for zone 3 is 4800 users. *Table 8*
- A result of *P&R B* is that the competitiveness time accessibility starts at 200 seconds from zone 3. While the travel time accessibility from zone 11 to P&R B starts in 2000 seconds. *Figure 8 graph c.*
- *Table 8 Figure 9* presents the results of the dynamic accessibility level of the potential users to choose a P&R facility. For instance, the potential users of the P&R system of zone 3 can choose the set of P&R facilities based on the research question:

  Question: how dynamic accessibility could be a facility?

  Answer: Highly-P&R B, potential-likely P&R A, less probability-P&R D-C-E, unlike-P&R F-G

Table 8.P&R dynamic accessibility

ID	DEMAND	P&R dynamic accessibility						
		Highly	Potential probability	less probability			unlike	
1	7000	C	D	F	B	E	G	A
2	7200	C	D	B	A	F	E	G
3	4800	B	A	D	C	E	F	G
4	16000	F	E	C	G	D	B	A
5	11000	E	F	C	D	G	B	A
6	4200	E	F	G	C	D	B	A
7	15400	E	F	G	D	C	B	A
8	3200	E	F	G	D	C	B	A
9	16000	D	C	B	A	E	F	G
10	17200	E	D	C	F	G	B	A
11	17310	G	F	E	C	D	A	B
12	15430	F	G	E	C	D	B	Q
13	15830	E	G	F	C	D	B	A
14	3100	E	G	F	B	A	D	C
15	5500	G	F	E	C	B	A	D

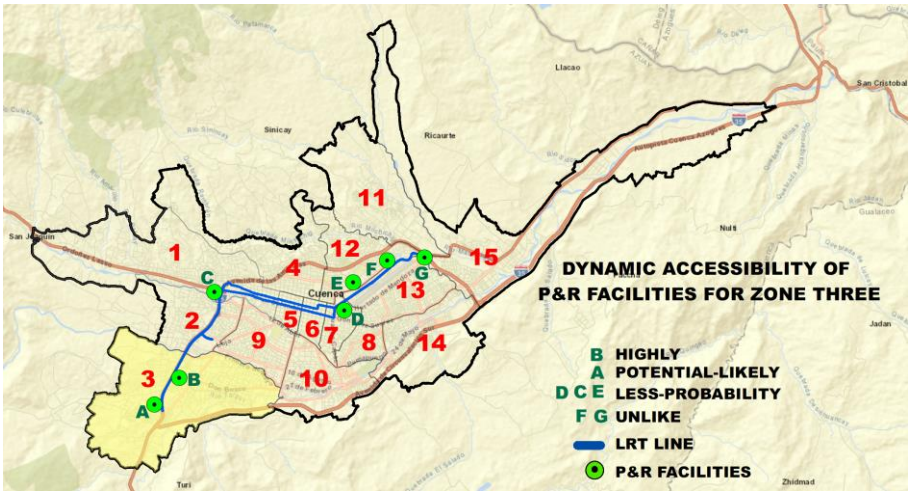


Figure 9. Dynamic accesibility for Zone 3

3.4 Discussion of results

In the cases presented above, with its aim being the research of the catchment areas of the P&R system for three methods: geometric- shape, market area, and dynamic accessibility. The results showed in *Table 9* provide a set of characteristics to measure variation and performance between methods. A group of GIS shape presents a visual comparison of the zones, P&R location, and the catchment area of P&R facilities of Cuenca city. *Figure (6 and 7).*

Table 9. Characteristics of the catchment area of the P&R system.

Characteristics of the catchment area of the P&R system	Geometric-shape	Market area	Dynamic-accesibility
Maximum potential demand	✔	✔	✔
Area of the catchment area	✔	✔	✔
Travel time parameter		✔	✔
Influence zone approach	✔	✔	✔
Distance parameter	✔		✔
Traffic study			✔
Real traffic approach			✔
Road network real information			✔

1. The geometric-shape method with its principal component the distance to access the facility can be used to calculate and study the following characteristics of the catchment area of the P&R system: area extent of the catchment area, maximum potential demand based on the total capacity of the set of road networks to reach the facility or the number of cars registered in each zone.

2. The market area method uses Geographic Information Systems (GIS) software with its ArcGIS Network Analyst extension to calculate and study characteristics of the catchment area of the P&R system with its principal component travel time.

3. The method geometry-shape and market area present a considerable difference. The geometry-shape method and its boundary area can be represented for a standard polygon (parabola or circle), while the market area method and its boundary area are drawn for an irregular polygon. This approach allows understanding that the catchment area of the P&R system requires extensive and complex studies with a set of parameters for its analyses. The conclusion of comparing both methods is that an irregular polygon developed in a GIS software produces greater accuracy than a standard polygon. However, both methods have the main problem that they can not specify a dynamic accessibility approach.

4. There are several potential customers of the P&R system that are not estimated in the method geometric-shape and market-area. A limitation is that geometric-shape and market area methods are static.

5. The dynamic approach considers all city zones and adds a set of characteristics to find the potential demand of the P&R system. By the dynamic accessibility method, the potential users of the P&R system can be estimated according to distance and travel time.

6. The results suggest that dynamic accessibility in P&R facilities should be considered as a complex study of the system of P&R. This approach allows for understanding the P&R system and its effect in the transit of a city. Additionally, this information can be used to help the customers of the P&R system to choose the nearest and less congestion route to reach the facility. Accounting for more elements of the transportation system allows a higher level of detail to be applied, reducing the time spent accessing transit service and less transfer time to transport modes.

7. By including P&R accessibility, a benefit of P&R systems can be quantified in transit accessibility analyses. In our case, the average to reach the nearest facility, and less congestion

are 200 seconds, which is from zone 3 *to P&R B (Table 7 and Figure 9)*. It is an excellent performance of a middle city. However, the dynamic accessible for big cities can increase time accessibility to reach the facility, and also, the dynamic method is an essential tool to study potential actions to increase the potential users of the P&R system, reduce travel time access, and reduce the number of cars in the CBD.

Conclusions

The P&R is a component of transport planning in the provision, operation, and administration of facilities, while for the Sustainability Urban Mobility plans, the P&R system is a tool to achieve environment-friendly, and reduce traffic congestion in the Central Bussines District. P&R facilities are located in the several parts of cities to catch the travelers of private vehicles mode with its start trip points in the outskirt areas of an urban environment, and then transfer to a public transport system. The primary purpose of the catchment area of P&R facilities is collecting the potential demand.

The efficiently and precisely delineate of the catchment area depend on the methods that can be used. The study of catchment areas helps in explaining the spatial characteristics of users of the P&R system and planning of additional information to the P&R system. This article has investigated a set of methods to calculate the catchment area of the P&R system, particularly geometry-shape and market area methods combined with the use of Geographic Information Systems (GIS) and its ArcGIS Network Analyst extension. The geometry-shape method has used two approaches to determine the boundary area of the facility. The first is the parabola method, and second the circle method, while the ArcGIS Network Analyst extension tool and its functionality called service area is utilized for examining and visualizing P&R market areas. Therefore, it does not seem reasonable to assume, like some authors do, that the catchment area of a park-and-ride facility has a given prespecified shape (parabolic or other). Finally, this research has extended and developed a novel contribution approach being this the dynamic accessibility method for the catchment area of P&R facilities.

The dynamic accessibility of P&R systems is measured across Cuenca Ecuador. This method has used the data of a group of five matrices, two metrics distance (road network distance and shortest distance), and three travel time (no traffic, low traffic, and high traffic). The relationship between the set of the metrics of the matrix of travel time and each P&R facility is considered the dynamic accessibility.

The dynamic accessibility of P&R systems in future research requires extensive and complex studies. An elaborate study has to be developed that includes the destination points of the Central Business District. Furthermore, a mathematical optimization model that includes the logic choice model constraint could help to calculate the real number of users of the P&R system for each zone, because the users decide whether to use one of such facilities or to drive their cars.

This article is a novel contribution to the study related to the catchment area of P&R facilities, and additionally, we have investigated the traditional methods and a new method that can be a tool for planners and researchers in transport planning. We investigated the evolution, advantages, characteristics, and limitations of three methods. For this reason, the catchment area of P&R facilities should be included in future transit accessibility studies of the cities to a detailed investigation of P&R as transport planning.

Acknowledgments

I would like to express my very great appreciation to Dr. János Tóth and Dr. Tamás Péter for their valuable and constructive suggestions during the planning and development of this research work. Their willingness to give his time so generously has been very much appreciated.

I would also like to thank the staff of the Budapest University of Technology and Economics, Department of Transport Technology and Economics

References

[1] E. C. Noel, “Park-and-ride: Alive, well, and expanding in the United States,” *J. Urban Plan. Dev.*, 1988.

[2] M. R. Cairns, “The development of Park and Ride in Scotland,” *J. Transp. Geogr.*, 1998.

[3] J. Ortega, J. Tóth, and T. Péter, “Estimation of parking needs at Light Rail Transit System stations,” in *Conference on Transport Sciences 2019*, 2019.

[4] J. A. Mesa and F. A. Ortega, “Park-and-Ride Station Catchment Areas in Metropolitan Rapid Transit Systems,” 2001.

[5] R. J. Spillar, “Park-and-Ride Planning and Design Guidelines,” *First Print.*, 1997.

[6] S. A. A. Syed Adnan and A. A. Kadar Hamsa, “Evaluating the parking demand at Park and Ride facility at Putrajaya public transportation terminal,” *Proc. East. Asia Soc. Transp. Stud.*, vol. 9, no. 2001, p. 14, 2013.

[7] K. F. Turnbull;, *Effective use of park-and-ride facilities*. Washington, D.C: National Academy Press., 1995.

[8] T. L. Liu, H. J. Huang, H. Yang, and X. Zhang, “Continuum modeling of park-and-ride services in a linear monocentric city with deterministic mode choice,” *Transp. Res. Part B Methodol.*, 2009.

[9] C. X. Yue, “Rail-Transit-Based Planning & Design of Park-and-Ride Facilities in Beijing , China ABSTRACT :,” *Transp. Res. Board, 92nd Annu. Meet.*, 2013.

[10] K. E. Stieffenhofer, M. Barton, and V. V. Gayah, “Assessing park-and-ride efficiency and user reactions to parking management strategies,” *J. Public Transp.*, 2016.

[11] M. Duncan and R. K. Christensen, “An analysis of park-and-ride provision at light rail stations across the US,” *Transp. Policy*, 2013.

[12] B. Farhan and A. T. Murray, “A GIS-based approach for delineating market areas for park and ride facilities,” *Trans. GIS*, 2005.

[13] D. Fang, D. He, X. Chen, H. Yu, and K. Chen, “Optimal location of a park-and-ride system under capture rate and capacity constraints,” *Harbin Gongcheng Daxue Xuebao/Journal Harbin Eng. Univ.*, 2017.

[14] K. Carlson and A. Owen, “Accessibility Impacts of Park-and-Ride Systems,” *Transp. Res. Rec.*, 2019.

[15] B. Farhan and A. T. Murray, “Siting park-and-ride facilities using a multi-objective spatial optimization model,” *Comput. Oper. Res.*, 2008.

[16] B. Zagel, “ArcGIS Network Analyst,” *GIS-Business*. 2006.

[17] Esri, “Geographic information system.” 1999.

[18] P. Hanjoul, “Market Areas within Networks,” *Work. Pap. 8809*, 1988.

[19] L. Cornejo, S. Perez, R. L. Cheu, and S. Hernandez, “An Approach to Comprehensively Evaluate Potential Park and Ride Facilities,” *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–18, 2014.

[20] I. Pence, M. S. Cesmeli, F. A. Senel, and B. Cetisli, “A new unconstrained global optimization method based on clustering and parabolic approximation,” *Expert Syst. Appl.*, 2016.

[21] S. Ison and C. Mulley, “PARKING ISSUES AND POLICIES INTRODUCTION,” in *PARKING: ISSUES AND POLICIES*, 2014.

[22] F. D. O. TRANSPORTATION, “STATE PARK-AND-RIDE GUIDE,” 2012.

[23] Google Inc., “Google maps,” 2020. .

[24] ESRI, “ArcGIS Desktop: Release 10.2,” *Redlands CA*. 2013.

[25] M. V. B. A. Hamilton, “Park and ride: Characteristics and demand forecasting,” 2007.

A study of aggressive behavior among Jordanian drivers

Dr. Khair Jadaan[1]- Anwar Shawabkah[2]- Ala'a Atieh[3]

[1] **Civil Engineering Department, University of Jordan**
telephone: 00962796222868
e-mail: kjadaan@gmail.com

[2] **Petra University, Amman, Jordan.**
telephone: 00962776005028
e-mail: civileng200979@yahoo.com

[3] **SETS int. company, Amman, Jordan**
telephone: 00962772293995
e-mail: eng.alaaatya@gmail.com

Abstract: Aggressive driving is generally understood to mean driving actions that markedly exceed the norms of safe driving behavior and that directly affect other road users by placing them in unnecessary danger. Aggressive driving behavior takes many forms, which might include speeding, driving too close to the car in front, not respecting traffic regulations, improper lane changing or weaving, etc. It may also involve driver anger, attempts to gain an advantage over other drivers, and deliberate violations and deviations from normal traffic speeds. This research investigates the aggressive driving behavior among Jordanian drivers through conducting an online survey using a predesigned questionnaire. Statistical analysis of the collected data was performed to identify the most frequent aggressive behaviors among Jordanian drivers, and consequently recommend the most appropriate potential countermeasure. The results revealed that excessive usage of horn and headlights flashing are the most common aggressive behaviors. The paper closes with recommended potential countermeasures to mitigate the identified forms of aggressive driving behavior.

Keywords: driver behavior, aggressive driving, traffic accidents, Jordan

1. Introduction

Car crashes are considered one of the most serious challenges facing humankind in the 21st century. The World Health Organization (WHO) estimates that these crashes claim the lives of 1.25 million people and 20-50 million injuries across the globe every year with an estimated cost of USD 518 billion (about 1–2 percent of the Gross National Product of countries). The number of these crashes is expected to increase and reach 1.90 million by 2020. About 90 percent of the crashes occurred in low and middle-income countries [1,2]. Furthermore, 75 percent of road traffic causalities are young and productive adults [3,4] leading to countries losing their productive work force.

Road safety in Jordan, an upper middle-income country, falls behind many developed and developing countries with a 2018 fatality rate of 5.54 per 100 000 population and 3.49 per 10 000 vehicles. [5] Drivers' behavior on the road, vehicles' technical problems, and environmental conditions actively interact in causing the crashes. In particular, drivers' behavior was reported to play a significant role in causing traffic crashes [6,7].

The human factor was reported to be contributing to about 98% of total accidents in Jordan [5]. Aggressive driving is considered responsible for a significant proportion of crashes which cannot be estimated since there is no accident statistics available that link aggressive driver behavior and accident causation. However, extensive researches have supported a reliable association between aggressive driving and increased risk of motor vehicle crashes [8]. The American National Highway Traffic Safety Administration [9] estimated that 67% of road crashes fatalities and 33% of injuries involved aggressive driving. The health and economic impact of motor vehicle crashes underscores the importance of investigating aggressive driving, which has been identified as a risk factor for motor vehicle crashes.

A limited study was carried out to assess the aggressive driving phenomenon among Jordanian drivers and concluded that Jordanian drivers can be easily annoyed while driving and behave aggressively 53.4% of them admitted that they frequently follow aggressive driving. [10]. This research carries the matter

further and explores this wide-spread but understudied phenomenon among Jordanian drivers in an attempt to identify it's causes and the most effective countermeasures to combat it.

2. Aggressive driving: definition and causes

Aggressive driving is generally understood to mean driving actions that markedly exceed the norms of safe driving behavior and that place the driver or other road users in unnecessary danger. Aggressive driving is difficult to define because of its many different manifestations. One of the offered definitions is „A driving "aggressive driving" when an angry or vengeful motorist intentionally drives his or her vehicle into a building or other structure or property r is aggressive if it is deliberate, likely to increase the risk of collision and is motivated by impatience, annoyance, hostility and/or an attempt to save time." [11] An acceptable definition of aggressive driving is a type of intentional driving behavior that puts the driver's safety and well-being at risk. However, aggressive driving is not to be mistaken with „road rage" In contrast to aggressive driving, road rage is defined as an instance of violent and criminal behavior that stems from a traffic altercation. It is an intentional assault by a driver or passenger, with a motor vehicle or a weapon, on the roadway or precipitated by an incident on the roadway. [12]

Beside being dangerous, aggressive driving can lead to even more dangerous situations if a driver reacts violently, thus causing a "road rage" event. All aggressive driving violates some traffic laws, but not every moving violation is considered aggressive driving. Most people drive aggressively from time to time and many drivers are not even aware when they are doing it.

Aggressive driving behaviour takes many forms. Behaviors such as excessive speeding, following too closely to the car in front, improper and unsafe lane changing or weaving, not respecting traffic regulations(eg.running red lights), tailgating, and failure to yield to other drivers with right-of-way are examples that qualify as aggressive driving . In addition, there are some behaviors that accompany aggressive driving which include horn-honking, flashing lights, yelling, and gesturing at other drivers to display disapproval and annoyance.[13]

There are many different theoretical approaches to aggressive behaviour and none are considered complete explanations. All these approaches differ in their emphasis but it is generally assumed that aggressive behaviour is the combined result of these factors. Many psychological factors are at play in aggressive driving and many may prove difficult to control. A UNECE background paper summarised the main causes of aggressive driving as follows; [14]

- Frustrating situations are believed to act as a catalyst for aggressive behaviour. Increasingly crowded and congested roads also lead to feelings of frustration and are responsible for cases of aggressive driving
- Social learning approaches on the other hand argue that aggression is a learned response through observation or imitation of socially relevant others.
- Human beings tend to view their vehicle as an extension of their personal domain. They feel threatened by other vehicles and respond aggressively or out of an instinct of self- protection.
- Driving may also lead some to feel a sense of power behind the wheel and someone normally courteous and polite becomes aggressive when driving.
- Man's natural competitive instinct can also be a factor in aggressive driving. Some drivers respond to being overtaken by another vehicle as a challenge which may lead to showing off and racing and to drivers making risky overtaking maneuvers.
- Some drivers have a "vigilante" attitude where they try to punish others for a particular driving behaviour which displeases them. This attitude includes such behaviors as driving too close to the vehicle in front, deliberately blocking the passing lane, using headlights on full beam, and shouting or making obscene gestures to other drivers.
- People who are experiencing aggressive/emotional or angry feelings before getting into their car are more likely to continue this behaviour behind the wheel.
- The use of alcohol and drugs may also increase the likelihood of aggressive driving.
- Media portrayals of aggressive driving shown in a fun context such as car chases in films and in children's video games. Aggressive driving is a learned behavior. Children learn about aggressive driving from their parents.

Additional common potential causes of aggressive driving include stress and anger, personal problems, and running late to work or an appointment. Stress while driving can lead to excessive speed and rash

decisions causing many avoidable crashes.Many people try to deal with personal problems while driving through texting others thus increasing crash risk.

Running late is a common problem for Jordanians. Many people run late to their appointments; it is natural to try and make up for a late departure on their journey by driving faster than they normally would. This however, makes the occurring of crashes much more likely.

3. Materials and methods

Using a predesigned questionnaire, an online survey was conducted. The questionnaire meant to target all drivers' educational levels and was, therefore, written in Arabic and distributed to males and females of different age groups. The sampling method was used to ensure adequate coverage of the population by age and gender. The in-scope population for the survey were individuals aged 18 years and over. The participants were asked how often they do specific driving behaviors while driving on the road in terms of obeying the speed limit, giving priority to pedestrians and emergency vehicles, and respecting traffic control devices such as traffic signs and signals. The questionnaire also included questions as to whether the driver does one or more of the following selected clssified as dangerous behaviors:

- Tailgating or Following Too Closely.
- Improper/Unsafe Passing, often without signalling.
- Improper /Unsafe Lane Usage, cutting off another vehicle
- Obscene gestures and/or use of the horn sparingly.

The minimum required sample size was determined based on equation 1

$$N = \frac{Z\text{^}2 \times \rho(1-\rho)}{\epsilon\text{^}2} \quad (1)\ [15]$$

Z is the z score for 90% confidence level = 1.645
ϵ is the margin of error, ±5%
N is sample size
$\hat{p}$ is the population proportion, the safe decision is to use .5 – this is the most forgiving number and ensures that the sample will be large enough. The equation yields a required sample size of 271 participants. The sample size for this study is 375.

The Statistical Package for Social Science Version 20 (SPSS 20) software was used for descriptive analysis. The variables for the results taken the values from 1 and above. For example, for gender, 1 is for female and 2 is for male. As for age, 1 for the age group 18 – 24 years, 2 for age group 25 – 34 years, 3 for age group 35 – 44 years, 4 for age group 45-54years, 5 for age group 55-64 years and 6 for age group more than 65 years. The same method was used for the answers of the questionnaire. The respondents expressed their aggressive attitudes by answering always, often, occasionally and rarely.

4. Data analaysis

The statistical analysis of the sample was performed using the SPSS software. It shows that 213 respondents (57%) were male and 162 (43%) were female. 98 respondents (26.7%) were of the age group 18-24 years, 168 (44%) of the 25-34 years, 63 (17%) of 35-44 years, 30 (18%) of 45-54 years and 15 (3.9%), were from 55-64 years old and only one n the capital Amman, leads to feelings of frustration and are mainly responsible for aggressive driving.

- Economical and social stresses which are translated to stress while driving and lead to excessive speed and rash decisions causing many avoidable crashes.
- The natural competitive instinct of drivers as some drivers, for example, respond to being overtaken by another vehicle as a challenge which may lead to erratic behavior (racing and showing off) leading to making risky overtaking maneuvers.

However, more comprehensive investigation is necessary be carried out to more accurately identify specific causes of aggressive driving among Jordanian drivers leading to more definite conclusions be drawn and more adequate countermeasures be proposed and implemented.

5. Results

The respondents were asked several questions that measured their daily driving practices and habits, and the analysis results are shown in the tables below, the respondents were asked to rate themselves on frequency Likert-like scale (1= always to 4= rarely).

Table 1 shows the frequency distribution of drivers related to thei using horn sparingly with a mean equal to 2.73 which is between often to occasionally.

Table 1. Frequency for using horn sparingly

Do you use your horn sparingly?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	46	12.3	12.3
	often	94	25.1	37.3
	occasionally	151	40.3	77.6
	rarely	84	22.4	100.0
	Total	375	100.0	

Table 2 shows the results related to the drivers frequency with regards to their avoiding the challenge to other drivers with a mean equals to 2.03 which between often to occasionally.

Table 2. Frequency for avoid challenging other drivers

Do you avoid challenging other drivers?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	160	42.7	42.7
	often	90	24.0	66.7
	occasionally	80	21.3	88.0
	rarely	45	12.0	100.0
	Total	375	100.0	

Table 3 shows the frequency results related to the drivers using inappropriate gestures or language when angry with other drivers and the mean collective response for the respondents was equal to 2.81 which between often to occasionally.

Table 3. Frequency for using inappropriate gestures or language

Do you use inappropriate gestures or language when angry with other drivers?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	35	9.3	9.3
	often	98	26.1	35.5
	occasionally	147	39.2	74.7
	rarely	95	25.3	100.0
	Total	375	100.0	

Table 4 shows the y results of driving at appropriate speed with a mean equals to 2.07 which is between occasionally to rarely.

Table 4. Frequency of driving with appropriate speed to another vehicle

Do you drive your car with appropriate speed to neighboring cars?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	97	25.9	25.9
	often	182	48.5	74.4
	occasionally	67	17.9	92.3
	rarely	29	7.7	100.0
	Total	375	100.0	

Table 5 shows the frequency results related to the drivers who travel above the speed limit and the mean collective response for the respondents was equal to 3.15 which is between occasionally to rarely.

Table 5. Frequency of traveling above speed limit

Do you travel above the speed limit, even if you have more than enough time to reach your destination?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	23	6.1	6.1
	often	69	18.4	24.5
	occasionally	110	29.3	53.9
	rarely	173	46.1	100.0
	Total	375	100.0	

Table 6 shows the frequency results of driving on the shoulder of the road and the mean collective response for the respondents was equal to 3.31 which is between occasionally to rarely.

Table 6. Frequency of driving on the shoulder of the road

Do you drive on the shoulder of the road to pass faster?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	22	5.9	5.9
	often	42	11.2	17.1
	occasionally	109	29.1	46.1
	rarely	202	53.9	100.0
	Total	375	100.0	

Table 7 shows the frequency results related to the drivers who overtake vehicles from right and the mean collective response for the respondents was equal to 3.21 whichis between occasionally to rarely.

Table 7. Frequency of applying overtaking

Do you overtake vehicles from right?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	15	4.0	4.0
	often	46	12.3	16.3
	occasionally	160	42.7	58.9
	rarely	154	41.1	100.0
	Total	375	100.0	

Table 8 shows the frequency results related to the drivers who using turn signals for turns and lane changes and the mean collective response for the respondents was equal to 1.65 which is between always to often.

Table 8. Frequency of using turn signals for turns and lane changes

Do you use your turn signals for turns and lane changes?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	214	57.1	57.1
	often	93	24.8	81.9
	occasionally	54	14.4	96.3
	rarely	14	3.7	100.0
	Total	375	100.0	

Table 9 shows the frequency results related to the drivers who stay a safe distance behind other vehicles and the mean collective response for the respondents was equal to 1.78 which is between always to often.

Tabl 9. Frequency of tailgating

Do you stay a safe distance behind other vehicles?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	168	44.8	44.8
	often	133	35.5	80.3
	occasionally	61	16.3	96.5
	rarely	13	3.5	100.0
	Total	375	100.0	

Table 10 shows the frequency results related to the drivers yielding emergency vehicles and the mean collective response for the respondents was equal to 1.2 which is between always to often.

Table 10. Frequency of yielding emergency vehicles

Do you yield to emergency vehicles by pulling over to the right side of the road?

		Frequency	Percent	Cumulative Percent
Valid	always	320	85.3	85.6
	often	39	10.4	96.0
	occasionally	8	2.1	98.1
	rarely	8	2.1	100.0
Total		375	100.0	

Table 11shows a list of the most common driving behaviors that are considered aggressive. Although most of these behaviors are common elsewhere in the world, the degree of aggressiveness differs from a Jordanian drivers point of view. They admit that they often use many aggressive behaviors. Using horn sparingly is at the top of the aggressive driving list with a percentage of 12.3% of the total while yielding to emergency vehicles is at the bottom of the list.

The above results indicate serious driving attitudes and irritating behavior that may lead or contribute towards increasing the risk of crashes thus calling for the need to mitigate these unwanted behavior. This is covered in the following section of this paper.

Table 11. Ranking of aggressive behaviors according to drivers' responses

Aggressive Behaviors	Rank	Percentage
Peeping horn sparingly and flashing headlights	1	12.3%
challenging other drivers	2	12.0%
using inappropriate gestures or language when angry with other drivers	3	9.3%
Don’t drive appropriate speed to neighbouring cars	4	7.7%
travel above the speed limit, even if you have more than enough time to reach your destination	5	6.1%
drive on the shoulder of the road to pass faster	6	5.9%
manoeuvring	7	4.0%
Non-use turn signals for turns and lane changes	8	3.7%
Tailgating	9	3.5%
Don’t yield to emergency vehicles by pulling over to the right side of the road	10	2.1%

6. Potential countermeasures

There are many countermeasures (CMs) that can be employed to combat aggressive driving. Many of these CMs proved to be effective when implemented in various countries. The following CMs, which have the potential of bringing positive results, are proposed to control aggressive driving on Jordan’s roads:

- Increased and more consistent enforcement which is the most common measure.
- Specific and general deterrence through using either expanded regular patrols or designated aggressive driving patrols.
- Education and driver training. It is important to make a formal commitment to promote effective road safety education in schools so that appropriate behaviour is fostered from an early age. Courteous, non-aggressive driving should be stressed during drivers training and in initial driving tests. However, continuing driver training is probably necessary.
- In order to achieve the greatest effect, enforcement efforts should be accompanied by public information campaigns
- Deploying surveillance technologies. Surveillance technologies can increase the pervasiveness of enforcement, creating greater saturation and increasing both the likelihood of apprehending offenders and their perception of that likelihood.

There is a variety of surveillance technologies that can be used to apprehend and deter aggressive drivers, including the following:

  - Red-light photo-enforcement cameras.
  - Automatic number-plate recognition technology and closed circuit television (CCTV) at aggressive-driving hot spots or high-collision intersections

- Video-equipped patrol cars recording drivers' behavior and police stops.
- Tailgating detection devices for fleet vehicles.
- Electronic speed displays attached to speed-limit signs.
- Telephone-reporting hotlines connected with police follow-up procedures such as mailing warnings.

- External and in-vehicle technologies such as using in-car video equipment in patrol cars which
- allows law enforcement to record aggressive driving actions and can enhance the ability to prosecute and convict offenders.
- Using more accurate speed measuring devices such as Laser speed measuring equipment which can provide a reliable evidence of speeding.
- Timing traffic signals to reduce aggressive driving triggers such as driver frustration and anger.
- In order to permit smooth traffic flow and irritate drivers less, it is necessary to ensure adequate green signal times and appropriate signal-change intervals,eliminate excessively long red signals, and use coordinated or synchronized traffic signals.
- Insurance companies can play an important role through offering economic incentives for good driving and discouraging aggressive driving through the leverage of insurance premiums.

Conclusions

Human factors contribute significantly to road traffic crashes and driving behavior is considered the most central of these factors. Driving anger and normlessness lead to aberrant driving behavior of drivers.

Based on the results of the current study, the followings can be concluded

- Jordanian drivers can be easily annoyed while driving and behave aggressively. More than half of them admitted that they do one form of aggressive driving.
- Forcing a car off the roadway, deliberate obstruction of passing vehicles, excessive speed, running red lights, and tailgating are common aggressive behaviors among Jordanian drivers.
- Beeping the horn and flashing headlights are ranked by Jordanians as the top aggressive driving behaviors followed by challenging other drivers and using inappropriate gestures or language
- The frustration due to the highly congested roads and stress while driving are mainly responsible for aggressive driving.

A number of countermeasures to combat aggressive driving among Jordanian drivers are proposed. Most of these CMs address the enforcent and educations issues related to the problem and would help decision makers to deal with this risky pheomenon.

References

[1] World Health Organization (WHO). 2015. Status Report on Road Safety
[2] Agbonkhese O., Yisa G.L., Agbonkhese E.G., Akanbi D.O., Aka E.O., Mondigha E.B. Road traffic accidents in Nigeria: causes and preventive measures. Civ. Environ. Res. 2013;3(13):90–100
[3] Bhat Y.R. Reasons and solutions for the road traffic accidents in India. Int. J Innovat. Technol. Res. 2016;4(6):4985–4988.
[4] WHO. 2004. World Report on Road Traffic Injury Prevention. Geneva. [Google Scholar]
[5] Jordan Traffic Institute (JTI) Traffic accidents statistics,Annual report, 2018.
[6] Disassa A., Kebu H., Psychosocial factors as predictors of risky driving behavior and accident involvement among drivers in Oromia Region, Ethiopia. Heliyon. 2019; 5(6): e01876.]
[7] Shenge N.A. Psychosocial correlates of road crashes in Ibadan, Nigeria. J. Hum. Ecol. 2010;31(3):165–169.
[8] Galovski T., Malta L., Blanchard E., Road rage assessment and treatment of the angry, aggressive driver. American Psychological Association, Washington DC, USA, 2006.
[9] National Highway Traffic Safety Administration (USA) National aggressive driving action guide: A criminal justice report. 2001.
[10] Jadaan K., Dabbas H., Assessment of Aggressive Driving Behaviour among Jordanian Drivers. International Conference on Transport Sciences, March 2019, Gyor, Hungary
[11] Louis Mizell, Inc.: AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, D.C. 20005, 202/638-5944

[12] National Highway Traffic Safety Administration, U.S. Department of Transportation. Countermeasures That Work: A Highway Safety Countermeasure Guide For State Highway Safety Offices, 2005.
[13] Manalang M., Causes of Aggressive Driving and How to Solve It.GEOTAB management by measurement, May 28, 2018
[14] UNECE, Aggressive driving behaviour (background paper). Fourth Road Safety Week 5 - 11 April 2004.
[15] https://goodcalculators.com/sample-size-calculator/ (2020.1.11)

A szolgáltatásfejlesztési és a védelmi célok közötti összhang megteremtésének lehetőségei a vasúti határállomásokon

Lévai Zsolt

KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft./Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola
telefon: +36 1 371 5999
e-mail: levai.zsolt@kti.hu

Kivonat: A vasúti szolgáltatásfejlesztés egyik iránya az eljutási idők csökkentése. Ebben a vonatok sebességének emelésén túl nagy szerepet játszik az állomási tartózkodási idők csökkentése is. Különösen igaz ez a határállomásokra. A vasútvállalatok célja a minél rövidebb idejű tartózkodás realizálása. A másik oldalon ezzel szemben áll az ország védelmi képességének igénye és szükségessége, azaz a védelmi szektor által megfogalmazott célok a határok védelmére, mely minél alaposabb ellenőrzéseket kíván meg a határőrizeti szervektől. E két, ellentétes értelmű időfelhasználás optimumának meghatározása, meghatározhatósága egyaránt fontos a közlekedési és a védelmi szektornak, hogy a célok érdekében szükséges időfelhasználások ne menjenek a másik rovására.

Ezen ellentét kiküszöbölhetősége érdekében meg kell találni azt az üzemi technológiát (akár állomásonként különbözőt), amely a technológiai adottságokat és két a célrendszert figyelembe véve a legrövidebb tartózkodást teszi lehetővé a vonatok számára. Cikkemben elemzem az egyes határállomásokon elvégzendő vasútüzemi és védelmi feladatokat mind a személy-, mind pedig a tehervonatokat illetően, majd a szolgáltatásfejlesztési és a védelmi fejlesztési szempontokat figyelembe véve javaslatot teszek a megfelelő intézkedések és módszerek bevezetésére.

Kulcsszavak: vasúti határállomások, határellenőrzés, vasúti szolgáltatásfejlesztés, stratégiai védelmi célok

Bevezetés

A vasúti közlekedés nem áll meg az országhatároknál. Már a XIX. század végére kiépültek azok a vasúti pályák a kontinensen, melyeken az európai vasúti közlekedés jelentős hányada zajlik. E mellett a XX. század vége, illetve a XXI. század eleje a sebesség emeléséről szól: a vasút jövője leginkább a nagysebességű (≥ 200 km/h) közlekedésben rejlik.

A nagysebességű pályák kiépítésének előnye azonban csak akkor mutatkozik meg, ha a vonatok ténylegesen csak a legfontosabb helyeken állnak meg és utazási sebességük megközelíti a legnagyobb sebességüket. Ezen feltétel alapvető eleme, hogy felesleges állásidők ne terheljék a menetidőt. Ilyen az Európai Unió schengeni övezetén belül a határállomási tartózkodási idő. Az európai nagysebességű hálózaton ilyen állomások már nem épültek ki, így a vonatok megállás nélkül haladhatnak át az országhatárokon (ennek további szükséges feltétele a vontatójárművek használhatósága a szomszédos országokban, például többáramnemű mozdonyok alkalmazása révén).

Mi a helyzet azonban azokon a vonalakon, amelyek nem schengeni határokon vezetnek át? Márpedig Magyarország nemzetközi vasúti vonalainak többsége ilyen. A vasúttársaságok alapvető érdeke, hogy a vonatok utazási sebessége ezeken a vonalakon is emelkedjen, mert a vasút versenyképessége csak akkor nőhet, ha szolgáltatási színvonala megfelelő eljutási lehetőséget tesz lehetővé ezeken a viszonylatokon is. A szolgáltatási színvonal emelése az eljutási idő csökkentésével növelhető, melynek egyik eleme a határtartózkodási idők csökkentése. A vasúttársaságok érdeke tehát az, hogy a vonatok minél kevesebb időt töltsenek el a határállomásokon. Ez az igény igaz mind a személyszállítás, mind pedig az áruszállítás területén.

Ezzel szemben áll az ország védelmének jogos igénye és kötelessége, annak érdekében, hogy Magyarország területére minden esetben csak olyan személyek és áruk léphessenek be, akiknek, illetve amelyeknek megvan az erre való jogosultságuk.

A hon- és rendvédelmi célokban megfogalmazott és az ennek megfelelően kialakított szabályozókban első rangú elemként jelenik meg Magyarország területének és állampolgárainak (fegyveres) védelme [1; 165. o.] melynek fontos szerepe a határállomási ellenőrzések lefolytatása. A rendészeti és rendvédelmi szerveknek (azaz az országnak) tehát érdekük, hogy a vasúti határállomásokon a vonatok megfelelő ideig tartózkodjanak annak érdekében, hogy a szükséges ellenőrzéseket és vizsgálatokat le lehessen folytatni és az illegálisan belépni szándékozókat ki lehessen szűrni.

A cikk alapproblémáját e két, ellentétes értelmű időfelhasználási szándék egyidejű alkalmazásának szükségessége adja. A védelmi felkészítés feladatainak indokolatlan bővítése és így a célszerű határon túlnyúló időigénye az eljutási idő növekedését eredményezi, mely viszont a vasúti ügyfelek számára van kedvezőtlen hatással. Vizsgálódásom célja a két ellentétes szempont optimális időfelhasználást adó arányának meghatározása, vagyis a védelem és a szolgáltatásfejlesztés összhangjának megteremtése. Nemzetgazdasági szempontból a vasúti személy- és áruszállítás csak akkor lehet vonzó, ha megfelelően gyors eljutást tesz lehetővé a kiindulási és a célpontok között.

A két időfelhasználás optimumának megteremtése mindkét fél érdeke: a vasúti szereplőknek a bevételek növelésének lehetősége, a hatósági szereplőknek pedig a védelmi feladatok maradéktalan teljesíthetősége, vagyis az ország védelmi képességének fenntarthatósága miatt.

E védelmi képesség fenntartása már csak azért is kiemelkedő jelentőségű, mert a vasúti közlekedés, mint közlekedési alrendszer terrorfenyegetettsége nem elhanyagolható [2; 324. o.]. A vasút könnyen támadható és viszonylag kis kockázat mellett súlyos következményekkel járó akciók hajtatók végre. A megfelelő határvédelem tehát az esetlegesen tervezett terrorcselekmények megelőzését is szolgálja.

A tanulmány elsőként bemutatja a nemzetközi vasúti közlekedést, mely meghatározza mind a vasútüzemi, mind pedig a védelmi feladatokat, majd a vasúti feladatokat vizsgálja a határállomásokon, ezt követően pedig elemzi a védelmi feladatokat. Az összhang megteremthetősége érdekében a cikk második felében javaslatot teszek a legújabb technológiák alkalmazására.

1. Nemzetközi vasúti közlekedés

A társadalmi, gazdasági élet szinte valamennyi megnyilvánulása közlekedési igényeket, szükségleteket támaszt. Ennek oka, hogy a termelés és a fogyasztás időben és térben nem esik egybe, valamint, hogy a társadalom tagjai a különböző szükségleteiket csak különböző helyeken tudják kielégíteni. A mai, globális világban ezek a szükségletek nem állnak meg az országhatároknál, hanem egész Európára és a világra kiterjednek.

A közlekedési szükségletek egyik kielégítési módja a vasúti közlekedés, mely egyszerre sok személy és nagy tömegű áru szállítását teszi lehetővé viszonylag gyorsan és gördülékenyen. Emiatt Európában jelentős számú nemzetközi személy- és tehervonat közlekedik.

1.1 A nemzetközi vasúti közlekedés szereplői

A nemzetközi vasúti közlekedés tervezése és lebonyolítása során több szereplőnek kell egyezségre jutnia egy-egy vonat leközlekedtethetősége érdekében. Az igények és a lehetőségek összhangja teremti meg azt, hogy nemzetközi vonatok közlekedhessenek.

Az igények felmérése a **vasútvállalatok** feladata, ők egyeznek meg az egyes vonatok közlekedéséről, legyen szó személyszállító vagy akár tehervonatról. A vasútvállalatok különböző nemzetközi fórumokon állapodnak meg a vonatokról, azok közlekedési napjairól, összeállításáról, menetrendi fekvéséről. A közlekedtetni kívánt vonatokról ún. menetvonal igényt nyújtanak be a kapacitáselosztó szervezet felé.

A vasútvállalatok nem rendelkeznek a vasúti pálya kapacitásával, az az adott állam tulajdonában van. A szűkös kapacitások elosztását egy erre hivatott szerv végzi minden európai országban. A **kapacitáselosztó szervezet** a hozzá befutó vasútvállalati igénylések és az érvényes előírások szerint végzi el a vasúti pályakapacitás elosztását, azaz készíti el a vonatok menetrendjét. Nemzetközi vonatok esetében a kapacitáselosztó szervezetek nemzetközi együttműködése keretében készül el a menetrend.

Egyes országokban – így Magyarországon is – külön szervezet létezik az állami vasúti pálya fenntartására és kezelésére. Az **infrastruktúrakezelő szervezet** (pályavasút), azon kívül, hogy felel a vasúti pálya állapotáért, leközlekedteti a vasútvállalatok által megrendelt vonatokat a kapacitáselosztó által készített

menetrend alapján. Nemzetközi vonatok esetében az egyes határátmenetekben folyamatos kapcsolatot tart a szomszédos infrastruktúrakezelő szervezettel a vonatok közlekedtetése érdekében.

A nemzetközi vonatok közlekedésük során átlépnek egy, esetenként több államhatárt. Az egyes határszakaszokon – így az adott vasúti határállomáson is – történő határrendészeti feladatok az adott ország EU-hoz való viszonyától függnek (schengeni határ, schengeni külső határ, nem schengeni határ). A határállomásokon szükséges feladatok elvégzése tekintetében az illetékes **határrendészeti szervekkel** szükséges az egyeztetés.

1.2 Nemzetközi vasúti személyszállítás

„A nemzetközi vasúti személyszállítás mozgásterét elsősorban a fapados légitársaságok és a közúti közlekedés (ideértve az autóbusz közlekedést is) árai, továbbá az eljutási idő és az utazási komfort együttesen határozzák meg.” [3]

Amennyiben ez a mozgástér megfelelő kereslettel párosul, akkor érdemes naponta több vonatot is ugyanabban a desztinációban közlekedtetni, akár ütemes menetrendi szerkezetben. A határmenti régiókban (kishatárforgalomban) ez a meghatározás nem érvényes, itt ugyanis a piac képtelen eltartani a nemzetközi viszonylatokat. Ebben az esetben a közszolgáltatás megrendelője kérheti és finanszírozhatja az ilyen vonatok közlekedtetését.

Empirikus kutatásaim alapján kijelenthető, hogy távolsági forgalomban fenti definíciónak nappali vonatok esetében kb. 6-700 km távolság és 9-10 óra maximális utazási idő felel meg, mely éjszakai vonatok esetében elérheti az 1000-1200 km-t és a 13-15 órát. Az éjszakai távolság és utazási idő azért növelhető, mert ilyenkor az utas az út jelentős részén pihen (alszik), így nem érzékeli a többlet időt.

Nagyobb távolságok elérése az utazási sebesség emelésével lehetséges. A gyorsabb vonat versenyképesebb szolgáltatást nyújt és nagyobb területet képes kiszolgálni. A nagysebességű vasúti közlekedés terén nappali vonatok esetében jelenleg az elérhető maximális sebesség a 300-350 km/h, éjszakai vonatok esetében a 200 km/h, így ezen vonatok hatótávolsága nappal elérheti az 1000-1200 km-t, éjszaka az 1400 km-t.

A magyarországi nemzetközi vasúti forgalmat Molnár Balázzsal írt cikkünkben elemeztük [3] itt most csak a legfontosabb keresleti tényezőket emelem ki:

- rendszeres igények (például: Bécs, Prága),
- bizonyos eseményekhez köthető meredek keresleti csúcsok (például: Sziget Fesztivál, adventi vásárok),
- nyári tengerparti utazások (például: Split),
- családlátogató utazások (például: Csíkszereda).

1.3 Nemzetközi árufuvarozás

Az árufuvarozás minden gazdaságban igen nagy szerepet játszik, mivel a termék csak akkor tölti be rendeltetését, ha a fogyasztóhoz és a felhasználóhoz eljut. A társadalmi munkamegosztás és a termelés területi megoszlása következtében a munkahelyek egymás közti forgalmában, valamint a termelés és a fogyasztás között a forgalom folyamatában alakulnak ki az áruszállítási szükségletek, azaz a félkész- és késztermékek továbbítása, szállítása.

Az áruszállítási szükségletekre ható tényezők:

- a termelés és a fogyasztás nagysága,
- és a termelés és fogyasztás térbelisége.

Általában elmondható, hogy minél nagyobb a termelés és a fogyasztás nagysága és területileg minél távolabb esnek egymástól a termelő- és felhasználó helyek, annál nagyobb az áruszállítási szükségletek volumene.

Mint ahogy a fejezet elején is szó volt róla, a mai globalizált világban a termelés és a felhasználás is világszintű, így az áruk szállítása sem áll meg az országhatároknál, hanem az egész kontinenst és a világot is átszövi.

A vasúti áruszállítás elsősorban nagy árumennyiségek (tömegáruk) viszonylag nagy távolságra való továbbítására alkalmazható előnyösen. Ebben az esetben az egy áruegységre eső költségek alacsonyabbak, mint a közúti árufuvarozás tekintetében. Az áruk vasúti szállítási piaca szinte egész Európában liberalizált, így elmondható, hogy nagyon sok szállíttató cég van jelen és a vasúti

áruszállításokat jelentős számú vasútvállalat végzi. A közlekedő nemzetközi tehervonatok száma egyre nő, ezért már külön vasúti áruszállítási folyosók kialakítása is szükségessé vált.

Nemzetközi vasúti áruszállítási folyosók

Magyarország Európában a közlekedési hálózatok rendszerében földrajzi fekvésének megfelelően kulcsszerepet tölt be. Az 1990-es években az Európai Unió vezetői és az európai országok közlekedési miniszterei, valamint az Unió volt és jelenlegi államai a közlekedési hálózatok, így a vasúti hálózatok új alapokon nyugvó besorolását határozták meg. Ennek célja elsősorban a jövőbeni fejlesztések összehangolása volt.

Az európai közlekedési hálózat elemei:

- TEN-T hálózat (Trans European Network – Transport),
- Páneurópai Korridorok (vagy más néven Helsinki Korridorok),
- TINA hálózat (Transport Infrasturucture Needs Assessment).

A páneurópai közlekedési folyosókat (1. ábra) az 1994-es és 1997-es európai közlekedési miniszteri konferenciákon jelölték ki. A tíz kijelölt folyosó a transzeurópai közlekedési hálózat (TEN-T) kiterjesztése Kelet-Európa (az akkori Európai Unió szomszédos államai) irányába. A folyosók kijelölésének célja jó közlekedési kapcsolatok kiépítése volt az EU és szomszédai között, a hatékony és biztonságos közlekedési rendszer révén, segítve az utasok és áruk hatékony szállítását, és ezáltal a versenyképességet és a gazdasági növekedést. Az Európai Unió bővítése révén ezek a folyosók ma már nagyrészt az EU területén haladnak, így a transzeurópai közlekedési hálózat (TEN-T) részét képezik.

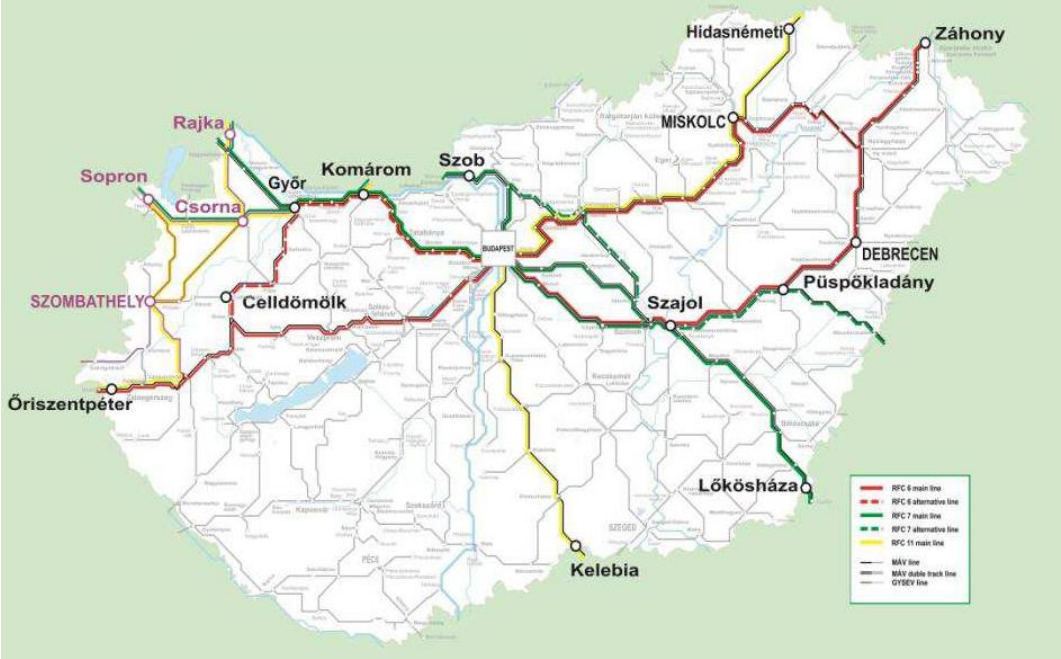
1. ábra: Páneurópai közlekedési folyosók (forrás: [4; 373. o.])

Napjaink közlekedési folyosói ún. multimodális korridorok, vagy sávok, amelyek a vasúti közlekedésen kívül magukban foglalják a közúti közlekedést, a belvízi hajózás rendszerét és a korridorok vonzáskörzetéhez tartozó repülőtereket, és a tengeri kikötőket, terminálokat is. Az ebbe a rendszerbe

tartozó vasúti hálózatot nevezzük TEN-T hálózatnak (Trans-European Network – Transport), mely az Európai Unió közlekedési folyosóinak gerinchálózata is egyben. A TEN-T korridorokra épültek az ún. RFC-k (Rail Freight Corridor), melyek a TEN-T hálózat vasúti részét képezik.

Magyarországot jelenleg érintő RFC-k (2. ábra):

- RFC 6 Adriai kikötők – Magyarország – Ukrajna (piros),
- RFC 7 Németország – Magyarország – Balkán félsziget (zöld),
- RFC 11 Olaszország/Szerbia – Magyarország – Lengyelország (sárga).



2. ábra: Magyarországi Rail Freight Corridor-ok (forrás: GySEV Zrt.)

1.4 Nemzetközi forgalomban közlekedő vasúti kocsik

RIC/RIV

A vasutak nemzetközi szervezete, az UIC (Union Internationale des Chemins de Fer) által kiadott nemzetközi szabályozásoknak megfelelő vasúti kocsik közlekedhetnek nemzetközi forgalomban. A személykocsikra a RIC (Regolamento Internationale Carozze), a teherkocsikra a RIV (Regolamento Internationale Veicoli) szabályzat vonatkozik.

RIC forgalomnak megfelelő vasúti személykocsi látható a 3. ábrán, valamint RIV forgalomnak megfelelő teherkocsi látható a 4. ábrán.

A kocsik nemzetközi forgalma négy alapelv szerint zajlik [5; 10. o.]:

1. kölcsönös együttműködés;
2. kölcsönös elismerés (vizsgálatok, műszaki feltételek, felelősség átvétele);
3. kötelező továbbítás;
4. természetbeni kiegyenlítés.

Az első alapelv lényege a tájékoztatási kötelezettség. A vonatok közlekedésével kapcsolatos információkat a társvasutak megosztják egymással, így különösen a rakományok, járművek, illetve azok műszaki kérdéseinek információit.

A cikk témája szempontjából a második alapelv a legfontosabb, mert ez alapján valósulhat meg a leggyorsabb idejű határátlépés, és ezáltal a menetidők csökkentése. Ez lényegében egy kölcsönös minősítési eljárás, mely kiterjed a műszaki előírásokra, vizsgálati módszerekre és technológiákra, valamint a karbantartási rendszerekre. Ebben az esetben a határállomáson a vasúti átvételi eljárás elmarad, erre nem kell időt tervezni a technológiában.

A harmadik alapelv az utasok és a fuvaroztatók érdekeit szolgálja. Célja, hogy a használó vasút tegyen meg minden tőle telhetőt a kocsik továbbításáért, és csak a legszükségesebb esetekben sorozza ki a kocsit a vonatból.

A negyedik alapelv a vasútvállalatok egymás közötti kocsifutás-teljesítmények elszámolását szolgálja.

3. ábra: RIC forgalmú személykocsi (forrás: https://hiveminer.com/Tags/bpmz%2Cdb/Recent)

4. ábra: RIV forgalmú teherkocsi (forrás:https://rch.railcargo.com/file_source/railcargo/rch/downloads/leistungen/waggon/offene%20wagen/5958_Eas(-x).pdf)

TAP/TAF TSI

A TAF/TAP TSI (Technical Specification for Interoperability relating to Telemetics Applications for Freight/Passenger Services) olyan vasúti interoperabilitást elősegítő szabályrendszerek, melyek a nemzetközi vonatok közlekedését hivatottak támogatni.

A TAP/TAF személyszállítási és áruszállítási szabályrendszerek kiterjednek többek között a kocsikra, a szolgáltatásokra és a vonatok közlekedésére. Alkalmazásuk az európai vasutak számára kötelező.

Részösszefoglalásul elmondható, hogy a nemzetközi vasúti közlekedés szereplőinek együttműködése szükséges a forgalom lebonyolításához, mely együttműködés egyik fontos eleme a határállomási tartózkodási idők megfelelő meghatározása. Ez függvénye a közlekedő vonat fajtájának (személy- vagy tehervonat), illetve a vasútvállalatok közötti, nemzetközi szabályozók szerinti megállapodásoknak (RIV, RIC, TSI).

2. A vasúti határállomások üzemi folyamatai

A vasúti határállomások üzemi folyamatait a vasút és a hatóságok oldaláról érdemes vizsgálni. Ebben a fejezetben a két szektor feladatait elemzem abból a célból, hogy a szükséges időfelhasználások optimumait meg tudjuk állapítani.

2.1 Vasúti határállomások kijelölése és típusai

A határállomások üzemi folyamatait nagymértékben befolyásolja, hogy adott vasútállomás melyik határállomás-típusba tartozik. A határállomás típusát államközi és kétoldalú infrastruktúrakezelői megállapodások határozzák meg. Ilyen szabályozások [6; 11. o.]:

- államközi egyezmény a vasúti határforgalomról (5. ábra),
- infrastruktúrakezelő társaságok közötti határforgalmi megállapodás,
- helyi szintű szabályozás minden határállomásra külön-külön elkészítve.

Egyezmény

A Szlovén Köztársaság Kormánya és Magyarország Kormánya között

a határon átmenő vasúti forgalomról

A Szlovén Köztársaság Kormánya és Magyarország Kormánya (a továbbiakban: „Szerződő Felek"),

tekintettel a két ország közötti jószomszédi kapcsolatokra,

annak érdekében, hogy a határon átmenő vasúti forgalom szabályozása és fejlesztése az elfogadott elvekkel összhangban történjék, valamint a vasúti ágazat versenyképességének továbbá a vasúti közlekedés közlekedési piacon betöltött szerepének növelése céljából,

tekintettel az Európai Unió jogi szabályozására és

figyelembe véve a mindkét Szerződő Fél által aláírt nemzetközi megállapodásokat,

a következőkben állapodtak meg:

1. cikk

Fogalom meghatározások

A jelen Egyezményben használt fogalmak jelentése a következő:

1. „területi állam": azt a Szerződő Felet jelenti, amelynek a területén a határállomás elhelyezkedik;

2. „szomszédos állam": a másik Szerződő Fél államát jelenti;

3. „pályahálózat-működtető": bármely, az egységes európai vasúti térség létrehozásáról szóló, 2012. november 21-i 2012/34/EU európai parlamenti és tanácsi irányelvben meghatározott fogalom szerinti, pályahálózat-működtető szervezet;

4. „vállalkozó vasúti társaság":

bármely, az egységes európai vasúti térség létrehozásáról szóló, 2012. november 21-i 2012/34/EU európai parlamenti és tanácsi irányelvben meghatározott fogalom szerinti állami vagy magántulajdonú, vállalkozó vasúti társaságként működő gazdálkodó szervezet;

5. ábra: Államközi határforgalmi egyezmény (forrás: [6; 12. o.])

A határállomásoknak már csak schengeni külső határok esetén van szerepe. A schengeni határokon belül ezeken az állomásokon már csak az esetleges vasúti üzemváltással kapcsolatos feladatokat végzik. Az egyes határállomások elnevezése a vasútüzemi és a hatósági folyamatok végzésének helyére utal [7; 95. o.].

Közös határállomás

Itt mindkét állam hatóságai és vasúti szervei jelen vannak, mindkét állam és vasút részéről a határállomási folyamatok itt realizálódnak. Ilyen állomás Gyékényes és Murakeresztúr.

Üzemváltó állomás

A vasutak közötti átadás-átvétel ezen az állomáson történik, valamint az adott ország hatóságai is itt végzik az ellenőrzéseket. Ilyen: Nyírábrány, Biharkeresztes.

Határállomás

Csak a területi állam hatóságai vannak jelen és az ellenőrzéseket itt végzik el. Ilyen Magyarbóly, Kelebia, Lőkösháza, Sarkad, Tiborszállás.

2.2 Határállomásokon végzendő vasútüzemi műveletek

A határállomásokon természetszerűleg a **forgalmi ténykedések** ugyanazok, mint más vasútállomásokon. Ilyen feladatok lehetnek:

- vonatok fogadása és indítása,
- vonatok keresztezésének lebonyolítása,
- rendelkezési szakasz munkájának irányítása, amennyiben a határállomás rendelkezőállomás is egyben,
- tolatások megszervezése és lebonyolítása.

A forgalmi műveletek közé sorolják a szükséges mozdonycserék lebonyolítását is. Ez akkor válik szükségessé, ha a vasútvállalatok nem állapodnak meg az egy vonatgéppel történő továbbításban (ennek lehetnek, kereskedelmi és fizikai akadályai is).

Ugyancsak forgalmi tevékenység a vasutak közötti átadás-átvétel lebonyolítása. Ez a feladatcsoport csak közös és üzemváltó állomásokon merül fel. Az átadás-átvétel folyamata a személy- és tehervonatok esetében eltérő lehet. Ebbe a folyamatba tartozik a vonatfelvétel és a fékpróba, melyet az átvevő pályavasút személyzete végez el.

A határállomási **kereskedelmi műveletek** közé személyvonatok esetében az utasforgalmi és a személykocsikkal végzendő, tehervonatok esetében az árukkal, kocsikkal és a fuvarokmányokkal végzendő műveletek tartoznak.

Az utasforgalmi műveletek az utasok ki- és beszállásából, illetve a szükséges utastájékoztatási műveletekből állnak.

A személykocsikkal kapcsolatos műveletek nagyban függnek az előző fejezetben ismertetett RIC, illetve TAP TSI megállapodások alkalmazásától, illetve az ún. bizalmi elv bevezetésétől (RIC 2. alapelv). Alapesetben az átvevő vasút tételesen megvizsgálja a szerelvénybe besorozott összes kocsit, és csak a vizsgálat befejezése után adja meg a belépési jogosultságot a hálózatára. Ez természetesen jelentős állásidőt eredményez az állomáson. Bizalmi elv bevezetésekor ez a vizsgálat elmarad, ennek időszükségletével a technológia készítésekor nem kell számolni. A vasútvállalatok érdeke, hogy az átadás-átvétel folyamata bizalmi elv alapján működjön, mert így a határállomási tartózkodás jelentősen rövidíthető. Ennek feltétele a RIC/TAP TSI szabályok elfogadása és kölcsönös alkalmazása.

A tehervonatoknál az áruk vizsgálata szintén a bizalmi elv kérdése. A fuvarozás folyamán az árukban bekövetkezett kárért a vasútvállalat a felelős, amennyiben az árut nem megfelelően helyezték el, illetve rögzítették a vasúti kocsiban. Az átvevő vasút vizsgálhatja ezek megfelelőségét a károk megelőzése érdekében. Bizalmi elv alkalmazása esetén bízunk az átadó vasútban, hogy ezeket a feladatokat megfelelően oldotta meg.

A teherkocsik vizsgálata hasonlatos a személykocsikéhoz, amennyiben a kocsi RIV jellel ellátott vagy megfelel a TAF TSI előírásoknak, akkor alkalmazható a bizalmi elv és a vizsgálat mellőzhető.

A fuvarokmányok kezelése egyre inkább az informatika feladata. A fuvarlevelek és egyéb dokumentumok, valamint a fuvarozáshoz használt rakszerek átadása-átvétele, valamint az adatok vizsgálata informatikai úton valósul meg.

2.3 A vonatok közlekedtetése határforgalomban

A vonatok közlekedtetése a két ország infrastruktúrakezelőjének együttműködésével valósul meg. A vonatok indítása csak az ellenőrzés befejezése után történhet meg, melyre az engedélyt az ellenőrzést végző hatóság adja meg a forgalmi szolgálattevőnek. A vonat közlekedtetésének feltétele, hogy a szomszéd vasút fogadja a vonatot. A két határállomás között a vonatokat nem lehet feltartóztatni (kivéve üzembiztonsági ok).

Részösszegzésként elmondható, hogy a különböző típusú határállomásokon más-más feladatokat kell ellátni, illetve a feladatok elvégzésének szükségességét nagyban meghatározza a bizalmi elv esetleges alkalmazása. A vasútvállalatok arra törekszenek, hogy ezt az egymás közötti forgalomban alkalmazni tudják, ezáltal rövidítsék a határállomási tartózkodásokat.

3. Magyarország határigazgatási stratégiája

Az Alaptörvény értelmében Magyarország független, és mint ilyen állam, jogszerűen védi határait külső erőktől [8; 45. cikk]. A határok katonai védelme a Magyar Honvédség, a határok rendjének védelme a rendőrség feladata. A cikk témájából adódóan most csak ez utóbbi témakörrel foglalkozom.

3.1 Határbiztonság

A rendőrségi törvény rendelkezései szerint a rendőrség feladata a határforgalom ellenőrzése, melynek keretében ellenőrzi a határátlépés feltételeit és az ellenőrzés eredményeként engedélyezi vagy megtagadja a belépést az adott személy részére [9; 1. § (1), 35/A. § (3)].

Az Európai Uniós és a schengeni övezeti tagságból adódóan a határellenőrzés csak arra a határszakaszra terjed ki, amely nem schengeni tagországgal közös, azaz a Horvátországgal (az ország státusza a feltételek teljesítése okán hamarosan megváltozhat schengeni tagállamra), Szerbiával, Romániával és Ukrajnával közös határszakaszokra. A schengeni övezethez való csatlakozásnak és a zónában történő maradásnak is komoly feltételei vannak. A felkészültséget uniós szakértők ellenőrzik és tanácsi döntés szükséges a tagság elnyeréséhez, valamint határellenőrzési informatikai rendszernek is kapcsolódnia kell schengeni információs rendszerhez. A schengeni övezeten belül már nincs határellenőrzés, így Ausztria, Szlovákia és Szlovénia felé az országhatárok átlépése szabadon biztosított. Ez azonban nagyobb terhet ró az ún. schengeni külső határok védelmére, ugyanis ezen átjutva szabad az út egész Nyugat-Európába.

Éppen ezért fontos fogalom a határbiztonság. Ez olyan állapotot, helyzetet takar, *„amely megelőző, visszatartó, szabályozó és ellenőrző jellegű komplex, kooperatív, koordinált tevékenység, intézkedés és magatartás által, vagy annak következményeként jön létre, továbbá az országra, illetve a közösségre nézve potenciális veszélyt jelentő, vagy nemkívánatos személyek, tárgyak, technológiák közösségi felelősségi térségbe való bejutási esélyének, a határokhoz fűződő érdekek érvényesítési szintjére mutat rá”* [10; 178. o.]. Másképpen fogalmazva, az államhatárok védelméhez köthető rendvédelmi tevékenységek összességét értjük alatta. Lipics László doktori értekezésében a határbiztonságot már a közbiztonság meghatározó eleméként írja le, és a felértékelődés okaként a terrorizmust jelöli meg [11; 17. o.]. A terrorizmus tehát megjelenik, mint a határvédelem szükségességének egyik fő kiváltó oka.

Az Európai Biztonsági Stratégia a terrorizmus mellett a nemzetközi szervezett bűnözést, az illegális migrációt és a kalózkodást említi meg, mint fő veszélyforrásokat, melyek elleni fő és hosszútávú védekezési eszköz az integrált határbiztonsági rendszer megfelelő működése [12; 7. o.].

Fentiek miatt az ország schengeni külső határainak védelme fontos és szükséges, melynek a vasúti határállásokon történő megjelenése a vonatok vizsgálata és a személyek ellenőrzésének lefolytatása. A hatósági vizsgálatok azonban nem csak az előbb említettekre terjednek ki, hanem ide értjük a nem EU tagállami határok esetén felmerülő vámhatósági, valamint növény- és állategészségügyi vizsgálatokat is.

3.2 Határigazgatási stratégiai védelmi célok

A határvédelem legfontosabb célkitűzései a *Magyarország nemzeti integrált határigazgatási stratégiája 2019-2021* című dokumentumban találhatók [13]. A stratégia leszögezi, hogy Magyarországon nagy hatékonyságú határellenőrzési rendszernek kell működnie a schengeni külső határokon. E stratégiai cél elérése érdekében a dokumentumban SWOT analízis is szerepel, ahol a lehetőségként találjuk a szorosabb együttműködés kialakítását más szolgálati ágakkal központi, területi és helyi szinten.

A **határellenőrzés** tekintetében a dokumentum az alábbi célokat határozza meg:

- *„A legnagyobb forgalmú határátkelőhelyek folyamatos, az átmenő forgalommal arányos működtetéséhez szükséges élőerő (útlevélkezelő) biztosításának megteremtése,*
- *a meglévő határátkelőhelyek fejlesztése a gyors és biztonságos határátlépés feltételeinek kialakítása érdekében, az automatizált rendszerek minél szélesebb körű bevezetésének vizsgálata és forrásarányos megvalósítása,*

- *fejleszteni a szomszédos országokkal fennálló kétoldalú, valamint a nemzeti szervekkel fennálló két- és többoldalú határforgalom-ellenőrzésre vonatkozó együttműködést az integrált határbiztonsági modell megvalósítása érdekében."*

A **bűnmegelőzés** területén – mely szintén kapcsolódik a határellenőrzési tevékenységhez – a dokumentum az alábbi cselekményeket nevesíti, melyből az a) és e) pontok kiemelt jelentőséggel bírnak a cikk témájával kapcsolatban, ugyanakkor a többi cselekmény is megvalósulhat vasúti határátlépéskor.

„A határon átnyúló bűnözés tekintetében az alábbi kiemelt elkövetési módszerekkel számolunk:

a) embercsempészés,
b) emberkereskedelem, kábítószer-csempészés, fegyvercsempészés, védett állat- és növényfajok illegális kereskedelme, egyéb államhatárhoz kapcsolódó bűncselekmények,
c) külföldi terrorista harcosok, terrorizmussal érintett személyek megjelenése,
d) hamis okiratokkal elkövetett tiltott határátlépés, jogellenes tartózkodás, továbbutazás,
e) gépjárművekben, vasúti szerelvényekben megbújva elkövetett tiltott határátlépés és továbbutazás,
f) államhatár védelmét biztosító berendezések rongálása, azon való tiltott átjutás."

A bűnüldözés stratégiai céljai közül az alábbi hozható összefüggésbe jelen tanulmánnyal:

- *„A terrorista bűncselekmények vagy egyéb súlyos bűncselekmények megelőzése, felderítése és nyomozása céljából növelni a személyek utazásával kapcsolatba hozható uniós és hazai adatbázisokban elérhető adatokon alapuló szűrő-ellenőrző kapacitásokat."*

A **kockázatelemzés** stratégiai célkitűzése:

- *„Fejleszteni a Rendőrség és a határellenőrzésben érintett más szervek közötti adat- és információcseréket, a közös kockázatelemzés rendszerét és módszertanát."*

3.3 A stratégiai célok értékelése

Vizsgálatom arra terjed ki, hogy mit jelentenek ezek a célok a vasúti határellenőrzésre nézve.

A legerősebb cél a megfelelően hatékony határellenőrzési rendszer működtetésének megfogalmazása. Ha emellé tesszük a bűnüldözési stratégiai célokat, akkor ez a vasúti szerelvények és utasok legalaposabb vizsgálatát kell, hogy jelentse.

A határellenőrzési célok között szerepel a forgalommal arányos élőerő biztosításának megteremtése, ugyanakkor a SWOT analízis gyengeségek oldalán a személyi állomány fluktuációját és annak megfelelő ütemben történő pótlását találjuk, vagyis ez ezt jelenti, hogy nem minden esetben lehetséges a vizsgálathoz a forgalom megkívánta megfelelő létszám biztosítása. A vizsgálatok elvégzése azonban szükséges, így a határállomási tartózkodási időt a folyamatosan biztosítható létszám függvényében kell meghatározni.

A többi stratégiai cél az ellenőrzés gyorsabbá tételére irányul, és mint ilyenek a teljes mértékben találkoznak a vasútvállalatok szolgáltatásfejlesztési igényeivel.

Részösszegzésként kiemelendő, hogy a határvédelem a fenyegető veszélyek miatt szükséges és fontos. A határvédelmi célok e szükségesség megfelelő végrehajtásának irányába mutatnak, valamint a hatékonyságnövelési célok egybevágnak a vasúttársaságok határállomási tartózkodási idő csökkentési törekvéseivel.

4. A hatóságok műveletei

Az összhang lehetőségeinek megértéséhez szükségesnek tartom a határőrizeti hatósági tevékenységek ismertetését, mert ez befolyásolja a határállomási tartózkodási idők optimumának meghatározását.

4.1 Személyek ellenőrzése

A határállomásra érkező kilépő vonat esetében először megtörténik az utascsere, leszállnak azok, akik csak eddig utaztak és felszállnak, akik innen akarnak külföldre utazni. Így a vonaton már csak nemzetközi utasok tartózkodnak.

Belépő vonat esetében a helyzet pont fordított: először következik az ellenőrzés, hogy minden belépő utast lehessen ellenőrizni, és utána következik az utascsere: érkező utasok leszállása, belföldre induló utasok felszállása.

Az ellenőrzést mobil okmány- és ujjnyomatolvasó eszközök használatával kell végrehajtani. Ennek során az alábbi feladatokat az alábbi sorrendben kell végrehajtani [14; 193. pont]:

a) a vonat ellenőrzési ponton történő fogadása,
b) vonatra történő felszállás, napszaknak megfelelő köszönés,
c) a vonaton a személyek egyesével történő ellenőrzése a minimum ellenőrzés vagy az alapos ellenőrzés során meghatározottak szerint,
d) vonatról történő leszállás.

Általános előírás, hogy amennyiben a ki- és beléptetés bélyegzőlenyomattal történik (6. ábra), akkor a vasúti határátkelőhelyre kiadott **bélyegzőket** a munkaközi szünetre érkezéskor és távozáskor, továbbá minden nemzetközi vonat érkezése előtt és indulása után is ellenőrizni kell.

6. ábra: Ellenőrzés vasúti személykocsiban (forrás: https://www.lokal.hu/2017-08-korozott-szir-ferfit-fogtak-el-a-magyar-hataron/)

A szerelvényt a személyek ellenőrzésének megkezdésétől annak menesztéséig (indulásra történő felhatalmazásáig) két oldalról biztosítani kell (7. ábra).

A biztosító felelős:

- a határforgalom-ellenőrzés megkerülésének megakadályozásáért,
- a vasúti járművek és szállítmányok biztosításáért,
- a biztosítás alatt lévő járművekre illetéktelen személyek ne szálljanak fel,
- azt engedély nélkül ne hagyják el,
- valamint tárgyakat, értékeket, iratokat, tiltott anyagokat az ellenőrzésen kívül álló vagy már ellenőrzött személyeknek ne adjanak át.

A határforgalom ellenőrzését támogató informatikai szakrendszerek leállása esetén a vasúti határforgalom ellenőrzése során – a mobil okmányolvasó eszközök működésképtelensége esetén – rádió segítségével az ügyeleti szolgálaton keresztül kell a személyeket ellenőrizni. A járművekről az utasokat leszállítani, azok okmányait összegyűjteni nem lehet, kivéve, ha elkülönített helyen történik az ellenőrzés.

7. ábra: Biztosító személyzet (forrás: https://www.baon.hu/kek-hirek/helyi-kek-hirek/ittasan-vezette-a-vonatot-kunszentmiklosrol-a-mozdonyvezeto-1308963/)

4.2 Menet közbeni ellenőrzés

Amennyiben a határforgalmi szerződésben a felek rögzítik, a menetrend szerint közlekedő vonatok lehetséges az úti okmányok menet közbeni ellenőrzése is. Ez kilépő vonatok esetében praktikusan a határállomás előtti utolsó állomástól kezdődik, illetve belépő vonatoknál a határállomás utáni első állomásig tart. Amennyiben a határállomás utasforgalma jelentős, nem célszerű alkalmazni, mert az ott felszálló utasokat, mivel külön állomási személyzet nincs, ugyanazok vizsgálják, akik a vonaton is ellenőriznek, így a határállomási utasok vizsgálata csak a vonat megérkezése után lehetséges, ami ilyen esetben sok időt vesz igénybe. Azt mindenképpen biztosítani kell, hogy ellenőrzés nélkül senki se szállhasson fel a vonatra, illetve ne szállhasson le arról.

A menet közbeni ellenőrzés alatt nem lehet csak a határátlépő utasokat ellenőrizni, mert ez könnyen kikerülhető lenne, ezért minden vonaton utazó átesik a procedúrán, de a törvények értelmében minden állampolgárnak tűrnie kell a hatósági ellenőrzést.

A menet közbeni ellenőrzést is mobil okmány- és ujjnyomatolvasó eszközök használatával, valamint annak az ellenőrzési folyamatba történő beépítésével kell végrehajtani.

4.3 A vasúti járművek ellenőrzése, a kutatás technológiája

A vonatokon a kocsik szerkezeti kialakítása lehetőséget nyújt csempészésre is. Ez jelenthet áruk csempészését, de embercsempészetet is. Ezért a határállomásokon szükséges a kocsik átvizsgálása, azaz kutatása. Ezt a műveletet minden nemzetközi személyszállító, teherszállító és Ro-La vonattal kapcsolatos jármű-ellenőrzési feladatok végrehajtásával párhuzamosan kell elvégezni. A feladat végrehajtása előtt fel kell venni a kapcsolatot a pályavasút illetékesével, és tájékoztatást kell adni [14, 197. pont]:

a) a kutatási feladat megkezdéséről,
b) a kutatást végrehajtó személy tartózkodási helyéről,
c) a feladat-végrehajtás tervezett időtartamáról.

A vizsgálat befejezését szintén be kell jelenteni a pályavasút alkalmazottjának.

A kutatás kiterjed valamennyi, utasok által használt helyiségre (például: fülkék, mosdók, illem-helyiségek), valamint egyéb olyan helyekre, ahová az elrejtőzés gyanúja felmerülhet (például: mennyezeti üregek, akkumulátorládák, stb.). Amennyiben ez szükséges, az utasfülkéket a kutatás idejére ki lehet üríteni.

Tehervonatok esetében a vizsgálat elsősorban a vasúti és vám zárak épségére és érintetlenségére terjed ki, illetve itt is ellenőrizni kell azokat a helyeket, ahova illetéktelenek elrejtőzhetnek (például: alvázkeret, fékezőállás, stb.).

Amennyiben a csempészésről konkrét információ van, illetve a zárak épsége sérült, a kocsit a vasút képviselőjével közösen fel kell nyitni, melyet jegyzőkönyvezni kell.

4.4 Kábítószer- és személykereső kutyák alkalmazása

A vasúti járművek ellenőrzése történhet kábítószer- vagy személykereső kereső kutya igénybevételével is (8. ábra). A jogszabályok felhatalmazzák a rendészeti szerveket, hogy a határátlépő személyek testét, ruházatát, csomagjait és az átlépésre használt járművet (ebben az esetben: vasúti kocsit) kutya segítségével átkutassák.

A keresőkutyák tiltott anyagokat, illetve illegális határátlépőket keresnek. Ilyen esetben az ellenőrzés ideje tovább tart, mint az általános esetekben.

A kutyák alkalmazásának fontos kritériuma, hogy ne legyenek agresszívak, támadó jellegűek, mert a vasúti kocsik viszonylag szűk zárt tere (fülke) negatívan hathat egyes emberek viselkedésére, amikor még a fülkébe egy nagyobb testű kutya is bejön. A kevés mozgástér és a kutya agresszív viselkedése félelemmel töltheti el az utast, ezért fontos az állat nyugodtsága. A szűk terek miatt vasúti kutatásra kisebb termetű kutya igénybevétele ajánlott [15; 383-384. o.].

Előfordulhat, hogy a fülkében már tartózkodik egy kutya vagy egyéb, szállítható háziállat. A keresőkutyák viselkedése más kutyák részéről agresszivitást válthat ki, ugyanakkor például gyermekek részéről barátkozás nyilvánulhat meg feléjük. A szolgálati kutyákat az ilyen szituációkra képezni kell [15; 384. o.].

8. ábra: Keresőkutya alkalmazása (forrás: police.hu)

4.5 Vámhatósági, növény- és állategészségügyi hatósági vizsgálatok

A nem uniós határokon a határellenőrzés mellett szükséges további hatósági vizsgálatok lefolytatása. A behozni kívánt áruk és eszközök tekintetében vámhatósági ellenőrzés, valamint növény- és élőállat behozatalakor növény- és állategészségügyi vizsgálat válik szükségessé.

A vámhatósági eljárások menete Vámtörvényben és a NAV eljárásrendjében vannak rögzítve.

A Növényvédelmi törvény alapján megalkotott 7/2001. (I. 17.) FVM rendelet, valamint az állatvédelmi törvény alapján megalkotott 55/2004 (IV. 24.) FVM rendelet szabályozza a vasúti határátkelőhelyeken végzendő növény-, illetve állategészségügyi feladatokat.

A vizsgálatok elvégzése nélkül ilyen szállítmányt továbbító tehervonat nem léphet be nem uniós országból Magyarország (és az Unió) területére.

A nem uniós vasúti határállomásokon a fenti ellenőrzések elvégzése kötelező, melyek időszükségletét be kell építeni a határtartózkodási időkbe. A vámvizsgálat személyszállító vonatok esetében is felmerül, így ez az időelem az ilyen típusú vonatok tartózkodási idejében is megjelenik, a növény- és állategészségügyi vizsgálatok csak tehervonatok esetében jelentkeznek.

4.6 A határok védelme a vasúti pályák mentén

Magyarország egyes vasúti határain kapu védi az ország területét (9. ábra). Ilyen esetben a vonat csak akkor indulhat el, ha a kaput kinyitották és annak őrzése megoldott. A vonatok a nyitott kapun áthaladhatnak, mellettük nem szükséges megállni. A vonatok elhaladása után a kaput haladéktalanul zárni kell. A kapuk nyitási idejét be kell építeni az állomási tartózkodási időbe.

9. ábra: Határkapu (forrás: https://nepszava.hu/3025226_a-nemet-kormanypart-szerint-a-hatar-lezarasa-is-merlegelheto-egy-ujabb-menekultvalsag-eseten)

Részkövetkeztetésként levonható, hogy a rendvédelmi hatóságok stratégiája a mindenre kiterjedő, alapos, ugyanakkor hatékony határellenőrzést tűzi ki célul, de ennek megvalósítása egyes esetekben létszámhiányba ütközhet. A fő stratégiai cél elérése érdekében a határállomási tartózkodási időknek biztosítaniuk kell a hatósági feladatok elvégezhetőségét, mind rendvédelmi, mind pedig vám, növény- és állategészségügyi vizsgálatok esetében.

5. A vasúti szolgáltatásfejlesztési és a védelmi célok összhangjának megteremtése

5.1 Szolgáltatásfejlesztési célok

Molnár Balázzsal már hivatkozott cikkünkben [3] meghatároztuk a nemzetközi vasúti közlekedés versenyképességi előnyeit a többi közlekedési móddal szemben. A menetrend szerinti vasúti járatok bemutatásánál utaltunk rá, hogy a megfelelő határtartózkodási idők meghatározása egyik sarkalatos pontja a menetrend betarthatóságának.

A vasútvállalatok elemi érdeke, hogy a vasúti menetrend betartható legyen, mert a menetrend egyben a szolgáltatási kínálat megjelenése is, azaz, ha a menetrend nem tartható, akkor az utas szemében ez elégtelen szolgáltatást jelent. Ebben az esetben az utas nagy valószínűséggel nem veszi többé igénybe a vasutat, mert a pénzéért nem azt kapta, amit elvárt. Ebből következően alapvető szolgáltatásfejlesztési cél betartható menetrendek készítése, azaz megbízható szolgáltatások nyújtása.

Az egyre növekvő turisztikai piacon a vasúti közlekedés is versenyre kényszerül a többi közlekedési ággal szemben. A verseny a szolgáltatási színvonalra terjed ki, melynek része a gyorsaság is. Itt most

elsősorban az utazási idő nagyságát értem alatta, vagyis, hogy ez minél kevesebb legyen. Ennek két eleme a vonat a vonat által mozgásban töltött idő (menetsebesség), illetve az állomási tartózkodások ideje.

Az állomási tartózkodások közé tartoznak a határállomási tartózkodások is. A verseny miatt a vasúti társaságok érdeke a minél rövidebb idejű tartózkodás, azaz a vonat csak annyit álljon a határon, amennyi feltétlenül szükséges. **Szolgáltatásfejlesztési célként a határtartózkodások minimalizálása fogalmazható meg.**

Fenti szolgáltatásfejlesztési cél igaz a teherszállításra is. **A tehervonatok esetében is cél az árutovábbítás sebességének emelése, illetve a kocsiforduló idő csökkentése.** Itt az esetlegesen felmerülő egyéb hatósági vizsgálatok miatt még inkább felértékelődik a határtartózkodási idők megfelelő meghatározásának szükségessége. Különösképpen igaz ez a „just in time" rendszerben közlekedő tehervonatokra.

A vasút egyik versenyelőnye, hogy az **utazás nyugodt körülmények között telhet**, nem kell például a vezetésre összpontosítani. A nyugodt utazás a kikapcsolódás eszköze lehet, melyet a hatósági vizsgálatok megzavarnak. Éppen ezért a vasútvállalatok igyekeznek a zavartatás idejét minél kisebbre csökkenteni, kiváltképp éjszakai vonatok esetében. Az éjszaka közepén szükséges határellenőrzés tönkre teheti az éjszakai pihenést, különösen, ha a folyamat hosszú (például, ha a határellenőrzés két állomáson bonyolódik le és több mint 1 órát vesz igénybe). Szolgáltatásfejlesztési célként az ilyen határállomásokra kora este vagy reggeli érkezés fogalmazható meg. Hozzá kell tenni, hogy ezt a célt a legnehezebb megvalósítani, mert nagyban függ a relációtól, valamint az ideális végállomási indulási és érkezési időktől.

Részösszegzésként megfogalmazható, hogy a vasúttársaságok alapvető szolgáltatási célja a határállomási tartózkodási idők minimális értékre szorítása, és ez igaz mind a személy- mind pedig a teherszállításra.

5.2 A határigazgatási stratégia fejlesztési célkitűzései

A határigazgatási stratégia is kimondja, hogy a határellenőrzés területén is növelni kell a szolgáltatás színvonalát, illetve az ellenőrzések hatékonyságát. Ennek elérése érdekében a legújabb fejlesztések használatának bevezetése indokolt. Ilyen fejlesztési célkitűzések [13; 33. o.]:

- *„növelni kell a félautomata és automata rendszerek alkalmazási arányát a határigazgatásban,*
- *a határigazgatásban jelenleg is alkalmazott informatikai és IKT* (információ-kommunikációs technológia) *infrastruktúra korszerűségének felülvizsgálata, szükség esetén megújítása az eredményesség és költséghatékonyság érdekében,*
- *növelni kell a szerepvállalást a nemzetközi szintű kutatás-fejlesztési projektekben, amelyek eredményeit integrálni szükséges a feladatellátásba,*
- *az „intelligens határokhoz" (smart borders) kapcsolódó infrastruktúra megvalósítását biztosító szabályozási háttér magyarországi kidolgozása, a szakmai követelmények érvényesítése."*

A vasútvállalati és a határigazgatási fejlesztési célok ugyanabba az irányba mutatnak: hatékonyságnövelés és gyorsaság. Az azonos irány megteremti a lehetőséget az összhang kialakítására, melyre az alábbiakban teszek javaslatokat.

5.3 Határállomások vasútüzemi folyamatainak párhuzamosítása

A vasúti határállomások üzemi folyamatait a szállítandó utasok kiszolgálása és az áruk kezelése, valamint a szükséges hatósági ellenőrzési eljárások lefolytatása képezi. Ez a folyamat fő- és melléktevékenységekből, illetve műveletekből áll, amelyek összessége és egymáshoz való kapcsolata az üzemi technológia. Egy-egy üzemi folyamat tervezett idő- és sorrendje az állomási technológia. Az üzemi technológia tehát az adott állomás technológiáinak egymáshoz kapcsolódó rendszere [7; 41. o.]. A határállomási technológiák elkészítésekor az állomási adottságokat, a lehetőségeket és a műveleti időket úgy kell egymással összehangolni, hogy a szükségletek optimális kielégítése és a helyes műveleti sorrend, valamint a berendezések optimális kihasználása mellett minimális ráfordítások adódjanak. Ezért a tervezés során törekedni kell a műveletek, műveletcsoportok és részfolyamatok, valamint azok időtartamának, ciklusidejeinek:

- párhuzamosítására,
- egyidejűsítésére,
- minimalizálására és
- a meddő idők optimalizálásra.

A határtartózkodási idők optimális kialakíthatósága érdekében egyes műveletek a menetrend által biztosított lehetőség keretein belül eltolhatók, felcserélhetők, vagy megoldási helyük és eszközük megváltoztatható.

Az állomási üzemtervek melléklete az egyes határátlépő vonatok műveleti lapjai (10. ábra). Ezeken található a műveletek vonattípusonkénti összefoglalása. A műveletek felsorolása mellett megtalálható azok időszükséglete. A műveleti lapról leolvasható, hogy mely műveletek párhuzamosíthatók és melyek elvégzéséhez szükséges egy korábbi művelet befejezése. A műveleti lap külön-külön ábrázolja az egyes vasútvállalatok által elvégzendő feladatokat. A hatósági műveletek időtartamát az egyes hatóságokkal helyi szinten egyeztetni kell.

A határtechnológiák elkészítésében maximálisan törekedni kell a társszolgálatokkal az együttműködésre, lehetőség szerint a hatóságokkal történő konzultációkra, az érintett vasútvállalatokkal és pályavasutakkal történő konstruktív egyeztetésekre.

A vasúti műszaki átadási és átvételi folyamat és az utasok ellenőrzése egyszerre is végezhető, ugyanakkor belépő vonat esetében a mozdonycsere csak a belépő vasúti (mozdony)személyzet okmányainak ellenőrzése után kezdődhet meg.

A vasúti üzemi folyamatok időszükséglete nagymértékben függ a kocsik átvizsgálásának szükségességétől. Amennyiben ez elmarad (lásd bizalmi elv), akkor mozdonycsere esetén 10-15 perc, ennek elmaradása esetén 3-5 perc állásidő szükséges személyzetváltás esetén, ha még erre sincs szükség, mert a vonatszemélyzet mindkét vasút vonalán képes a vonaton szolgálatot ellátni, akkor a vonat akár 1 perc tartózkodás után is indítható, vagy a megállás akár el is hagyható.

Tehervonatoknál a mozdonycsere több időt is igénybe vehet, főleg az ilyenkor szükséges fékpróba ideje hosszabbodhat meg, mert ez a szerelvény hosszának is függvénye. A 10. ábrán látható műveleti lap szerint Hegyeshalom állomáson a vasúti technológiai időszükséglet 30, illetve 20 perc.

A feladatok elvégzésének párhuzamosításával el kell érni, hogy a vasúti és rendészeti szervek időszükséglete közelítse egymást.

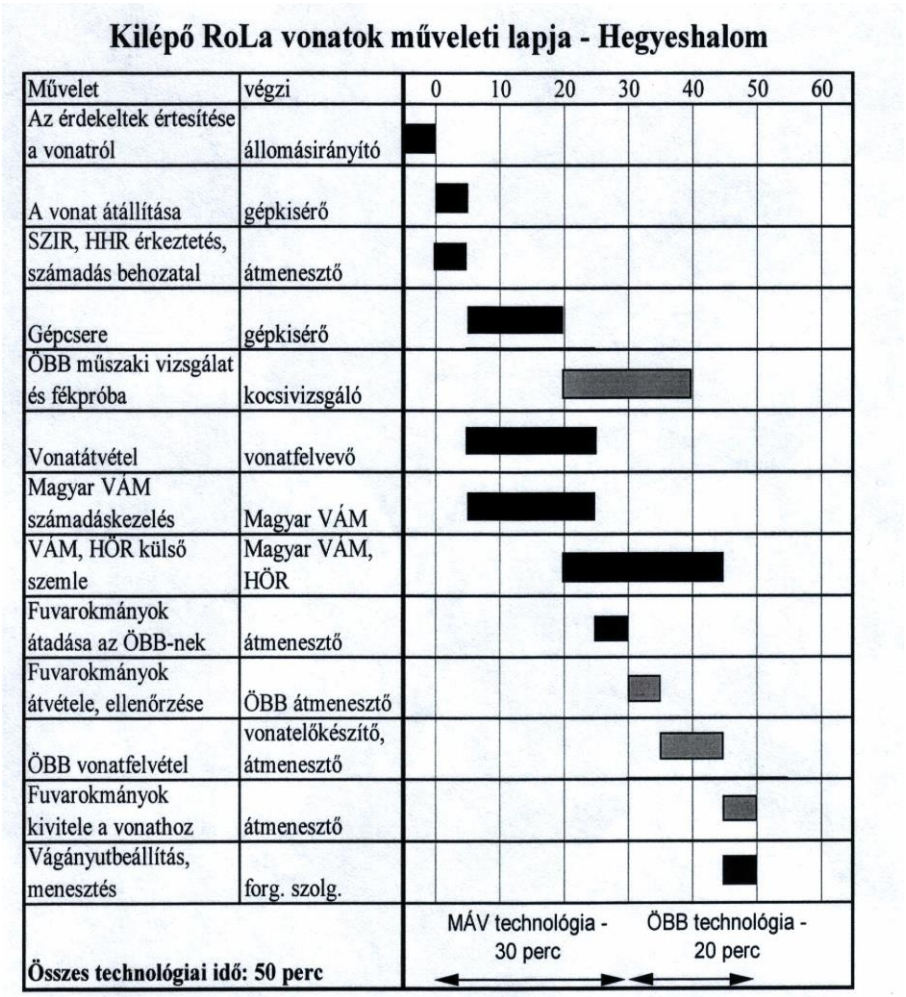
5.4 Határforgalmi rendészeti tevékenységek idejének csökkentése

5.4.1 A határrendészetben ható legfontosabb elvek alkalmazása

A címben maghatározott elveket Kovács Gábor [16; 227-231. o.] és Kui László [17; 281-284. o.] foglalták össze tanulmányaikban, itt most csak azokat említem meg, amelyek alkalmazása előnyös lehet a vasúti határellenőrzés hatékonyságának javítása érdekében.

Az **erő összpontosítás elve** szerint lehet eljárni, amikor például a „legproblémásabb” vonatokhoz a legtapasztaltabb állomány van kirendelve. A megfelelő tapasztalat sokat segíthet az elbújt személyek rejtőzködési helyének felkutatásában, így sok idő megtakarítható a felesleges helyek átnézésének kihagyásával.

A **szervezet és tevékenység mély felépítésének** elve kimondja a határrendészeti erők több vonalban és lépcsőben történő alkalmazásának lehetőségét. Ezen elv segíthet a menetrendek betartásában: amennyiben a jelentős utasmennyiség miatti időzavar elkerülése érdekében az ellenőrzés alaposssága nem lenne megfelelő, lehetőség van az ellenőrzés folytatására a vonat további útján, de ebben az esetben ezt össze kell hangolni a vonat belföldi megállásaival az esetleges leszállások miatt.



10. ábra: Határállomási műveleti lap (forrás: [6; 16. o.])

Az **aktivitás elvének** érvényesülése a kockázatelemzések alapján levont határrendészeti tevékenységekben érhető tetten. Balla József egyik tanulmányában [18; 8. o.] is kiemeli a kockázatelemzés fontosságát, valamint, hogy az azon alapuló határellenőrzésektől elvártható, hogy ne okozzanak indokolatlanul hosszú várakozást. A vasúti menetrendek betarthatósága szempontjából fontos meghatározni, hogy melyek azok a vonatok, amelyek kiemelt kockázatot jelentenek (például viszonylatuk miatt). Ennek megfelelően kell meghatározni, hogy adott vonat esetében milyen eljárásokat és technikai eszközöket alkalmaznak (például: kutatás).

Az **együttműködés elvét** általában csak a nemzetközi határrendészeti egységeivel történő közös feladatvégzésre terjed ki, azonban fontosnak tartom, hogy a vasúti és a határőrizeti szervek is működjenek együtt a feladatok végrehajtása során. Ezért ennek a kérdésnek külön alfejezetet szánok (5.4.6 alfejezet).

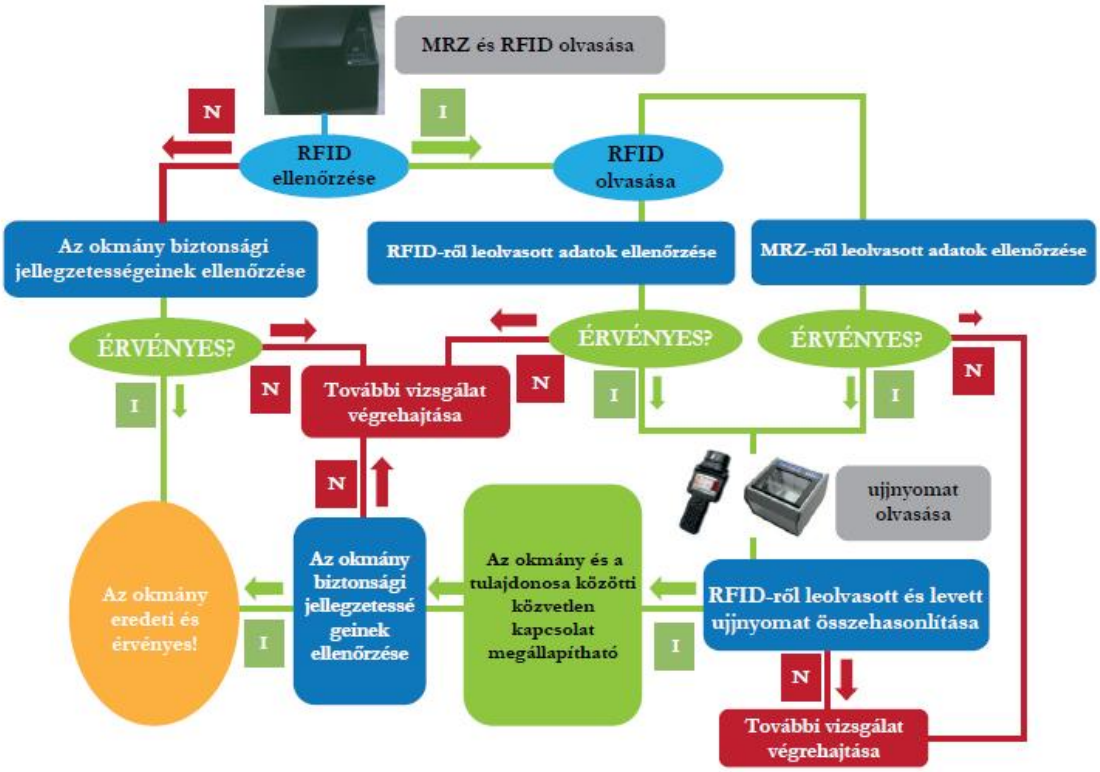
5.4.2 Biometrikus adatokon alapuló személyazonosítás

A **biometria** az emberi test egyedi jellemzők (például: arc, szem, ujjlenyomat, test-hőkép, stb.) alapján történő azonosítása [19; 49. o.]. Ezek a személyiségjegyek gépi rendszerekben tárolhatók, az azonosítás ezek alapján minden kétséget kizáróan elvégezhető. Éppen ezért az ilyen technológia alkalmazása jelentősen csökkenti a megtévesztés lehetőségét.

Balla József 2010-ben írt cikkében már kijelenti, hogy az ilyen biometrikus adatokkal rendelkező úti okmányok alkalmazása visszaélés gyanúja esetén lerövidíti az időigényes határellenőrzési tevékenységet [20; 104. o.]. Ezért az ilyen okmányok rendszerbe állítása nem csak a rendészeti feladatok végrehajtását könnyíti meg, hanem segíthet a rendészeti célú időigényének csökkentésében. Javasolható tehát a biometrikus adatokkal rendelkező úti okmányok széles körű bevezetése. Ezt ki lehet terjeszteni a határforgalomban közlekedő vasúti munkavállalók szolgálati okmányaira is.

Balla József 2013-ban írt doktori értekezésének további kutatásra érdemes javaslatai között szerepel a biometrikus adatokon alapuló személyazonosítás rendészeti célú alkalmazásának ellenőrzéstechnológiára gyakorolt hatásának vizsgálata [21; 141. o.]. E vizsgálat lefolytatása már csak azért is indokolt, mert a technológia jogszabályi alapja adott (2252/2004/EK tanácsi rendelet).

A biometrikus személyazonosítás következő lépcsője azonosító készülékek alkalmazása. Ilyen lehet az ujjlenyomat, az arc, a szem (írisz) és a kézérhálózat (véna) azonosítására alkalmas berendezések használata. A biometrikus adatok tárolása az úti okmányokban rádiófrekvenciás azonosító eszközökön (Radio-frequency Idetification – RFID) történik [21; 124-125. o.]. Az így tárolt biometrikus adatok leolvasásának és az azonosítás döntési pontjainak folyamatábráját mutatja a 11. ábra. Az ilyen eljárással működő eszközök alkalmazása gyorsabb ellenőrzést tesz lehetővé, így csökkentheti a vonatok határállomási tartózkodását. Ugyanakkor a biometrikus személyazonosítás adatvédelmi kérdéseit még tisztázni kell.



11. ábra: Ujjnyomat alapján történő személyazonosítás folyamata az okmányban tárolt biometrikus ujjnyomat esetén (forrás: [21; 129. o., 17. számú ábra])

A biometrikus adatokon alapuló ellenőrzés lehetősége csak uniós állampolgárokra vonatkozik, mert csak EU tanácsi határozat mondja ki ennek alkalmazását. A probléma abból adódik, hogy pont a nem schengeni határokon jelentkezik jelentős számú nem uniós polgár belépésre, akik nem rendelkeznek bimetrikus azonosítóval rendelkező úti okmányokkal, illetve ilyen adataik nem szerepelnek az adatbázisokban, így nincs ellenőrzési lehetőség. Az ilyen fajta ellenőrzések eredményessége és hatása csak akkor lesz érzékelhető, amennyiben a biometria alkalmazása a világban elfogadott és széles körű lesz.

5.4.3 Mesterségesintelligencia-alapú határvédelmi rendszer

Az Európai Uniónak a határok biztonságosabbá tétele mellett kiemelkedő célja az ellenőrzési folyamatok gyorsabbá tétele is. Ennek egyik lehetséges módja a folyamat automatizálása. Az **integrált folyamat** három lépcsős [22; 16. o.]:

- belépés előtti ellenőrzés (előregisztráció és előzetes ellenőrzés az adattárakból),
- alacsony kockázatú utasok gyors átléptetése a határon (biometria alkalmazása),
- magas kockázatú utasok ellenőrzése hordozható intelligens egységgel.

Az **iBorderCtrl projekt** még tesztelési fázisban van. Székely Zoltán, a projekt magyarországi koordinátora szerint a rendszer alkalmazása a belépés előtti ellenőrzés bevezetésével harmadával csökkenti vasúti határállomási ellenőrzési időszükségletet [23]. Az előzetes ellenőrzés sikeressége esetén az utas egy QR kódot kap a telefonjára, amit a határra érkezéskor be kell mutatni a határellenőrzést végző személynek. Ujjnyomat leolvasás után a rendszer összeveti azt az adatbázissal és az okmányok valódiságának ellenőrzése után maga a rendszer dönt a beléptethetőségről. Az ilyen jellegű időszükséglet másodpercekben mérhető.

Amennyiben a rendszer a teszteken megfelelő eredményt produkál, minden bizonnyal bevezetésre kerül a közúti határellenőrzésben. Ugyanakkor javasolható, hogy ez kerüljön kiterjesztésre a vasúti határállomásokra is, így jelentős rövidülés érhető el a rendészeti hatóságok részéről a vasúti határállomási tartózkodási idők terén.

Meglátásom szerint a mesterséges intelligencián alapuló eljárások bevezetése lehet a jövő határvédelmi megoldása és egyben a nemzetközi vasúti közlekedés jövője is, azonban a mesterséges intelligencia, mint rendszer kihívás is egyben, mert az eljárásokat nem csak a rendészeti és rendvédelmi szervek használhatják, hanem a terroristák, csempészek, bűnözők is.

5.4.4 Menet közbeni határellenőrzés kiterjesztése

A jelenlegi körülmények között a nem schengeni határokon a vizsgálat helyben történik, így a szükséges állásidő hosszú. A menet közbeni ellenőrzés kiterjesztésével a tartózkodási idő rövidíthető, ennek azonban a rendészeti szervek részére szükséges feltételeit meg kell teremteni (például: előállító helyiség az ellenőrzés belső végállomásán, mobil okmányolvasó eszközök beszerzése és üzembe állítása).

A módszer alkalmazásának vasútüzemi feltétele, hogy a személyi állomány elő- és visszaszállítására álljon rendelkezésre megfelelő vonat. Sűrű, ütemes menetrendi szerkezet bevezetésével ez a probléma megoldható, persze ne ez indokolja elsősorban az ilyen jellegű menetrendek bevezetését.

Ilyen esetekben ugyancsak problémaként jelentkezhet, ha a nemzetközi vonatok találkozása a határállomásra esik. Miután mindkét vonatot biztosítani kell, így, amennyiben a határrendészeti állomány a később érkező vonaton tart vizsgálatot, az előbb érkező vonathoz újabb egység kivezénylése szükséges, így a létszámszükséglet megduplázódhat. Amennyiben a menet közbeni vizsgálat módszerét alkalmazzuk, lehetőleg úgy kell kialakítani a menetrendet, hogy egy egység elég legyen a vizsgálatok lefolytatásához.

5.4.5 Vám és egészségügyi vizsgálatok időszükségletének csökkentése

Az időszükséglet csökkentése leginkább informatikai fejlesztésekkel érhető el. Ilyen lehet kapcsolat kiépítése a NAV ügyfél adatbázisával, ennek kapcsán pedig az Egységes Vámáru Nyilatkozat kitöltő program hatékonyságának biztosítása, valamint a reexpedícióknál (a fuvarlevél szerinti rendeltetési állomásra megérkezett küldeményt új fuvarozási szerződéssel továbbítják vámkülföldre) a fuvarokmányok kitöltésének lehetősége.

A növény- és állategészségügyi vizsgálatok gyorsítása érdekében szintén a dokumentumok, kérelmek elektronikussá tétele lehet az időfelhasználás csökkentésének alapja.

Az állategészségügyi vizsgálatok dokumentum ellenőrzési feladatai **informatikailag gyorsíthatók**, a meghatározott sorrendű helyszíni szemlék: az azonosság vizsgálat, a fizikális vizsgálat és az álltavédelmi ellenőrzés [24; 5. o.] azonban nem.

Ezen informatikai fejlesztések megoldása elsősorban a vasútvállalatok és a fuvarozási megbízottak (speditőrök) feladata [25; 67. o.].

5.4.6 Együttműködés a vasútvállalatok és a rendészeti szervek között

<u>Együttműködés a tervezésben</u>

A vasúti határállomásokon az időszükségletek összehangolása érdekében a rendészeti szerv és az egyes vasúttársaságok együttműködése szükséges. Az **egyeztetés** idejét úgy célszerű meghatározni, hogy az illeszkedjen az európai menetrendszerkesztési gyakorlatba.

Az időpont meghatározásához tudni kell, hogy az európai vasúti menetrendeket már a menetrend életbelépése (minden év december második szombatját követő vasárnap 0:00 óra) előtt több mint 1 évvel elkezdik tervezni. A tervezési folyamat márciusban ér olyan szakaszba, amikor már nagy biztonsággal ki lehet jelenteni, hogy melyik határátmenetben milyen vonatok fognak közlekedni. Ezért a megbeszélést

célszerű március közepén megtartani, hogy a március legvégén sorra kerülő európai menetrendi egyeztető megbeszélésen már a hatósági egyeztetés eredményével lehessen megjelenni és legyen még lehetőség a vasúti menetrendek megváltoztatására, amennyiben az egyeztetés ezt eredményezi.

Az együttműködés keretében az alábbi témák kerülhetnek megvitatásra:

- az elmúlt és az adott év határőrizeti tapasztalatai,
- utasforgalmi elemzések (utasszámok, utasösszetétel, stb.),
- a következő évben adott határátmenetben közlekedő vonatok,
- a szükséges állásidők meghatározása,
- a jövő év várható intézkedései.

A határőrizeti tapasztalatok segítik a feleket abban, hogy megállapíthassák, az egyes határátmenetekben közlekedő vonatokkal kapcsolatos problémákat. Ilyen probléma lehet:

- vonatok rendszeres belépő késése,
- kilépő vonatok rendszeres késve érkezése a határállomásra,
- egyes technológiai elemek betarthatatlansága,
- vonatkésések a hatósági ellenőrzés elhúzódásából adódóan.

Utasforgalmi elemzés esetén a következők megállapítása történhet:

- adott vonaton az utasforgalom változásának okai:
    - tartós csökkenés adott vonat esetében, de akár adott határátmenetben,
    - jelentős növekedés (például: vízumkényszer eltörlése),
- utasforgalmi csúcsidőszakok megállapítása (akár napra, időpontra, időszakra vonatkozólag),
- az utasforgalom összetételének elemzése (jellemzően szomszéd országok állampolgárai, EU-s állampolgárok, esetleg jelentős számú EU-n kívüli állampolgár).

Az utasforgalmi elemzés eredménye a megfelelő (vonatonkénti) ellenőrzési létszám megállapíthatósága.

A határállomásonkénti vonatforgalom következő évi bemutatása megmutatja a rendészeti szervnek, hogy adott határátmenetben milyen vonatok fognak közlekedni (távolsági vagy regionális, esetleg mindkét fajta) és elsődleges menetrendi információt nyújt a vonatok határállomási tartózkodásáról, így az ellenőrzés rendje tervezhető. A határőrizeti szerv részéről szükséges paraméter ebben a pontban a párhuzamos vizsgálat lehetősége. A vasútvállalat számára fontos információ, hogy tartózkodhat-e egyszerre az adott határállomáson két nemzetközi vonat (rendszerint egy kilépő és egy belépő), vagy egyszerre csak egy vonat vizsgálata lehetséges.

Az előző pontok „összegzése” az egyes határtartózkodási idők megállapítása. A fenti pontok mind-mind hatással vannak a tartózkodási idők nagyságára. A menetrend azonban jelentős korlátozó tényezőként léphet fel.

Az alkalmazott menetrendi struktúra meghatározhatja, hogy Magyarország felé a vonatoknak mikor kell indulniuk. Ez a meghatározás percértéket jelent, tehát azt, hogy adott vonatnak az óra melyik percében kell elhagynia a határállomást. Ilyen esetekben a szomszéd ország menetrendjén kell változtatni, ha a határállomásra adódó tartózkodási idő nem elegendő. Ebben az esetben a partner vasútvállalat rugalmasságán (és persze lehetőségein) múlik, hogy realizálható-e a kívánt időtartam.

A másik fontos probléma az utasforgalmi csúcsidőszakok kezelése. Alapvetésként elmondható, hogy a vasúti menetrend egy évre készül és az év minden napján ugyanaz. Vannak azonban az országban olyan nemzetközi rendezvények, melyek hirtelen emelik meg az utasszámot és az esemény után az utasszám visszatér a normális keretek közé. Ezen események idejére nem érdemes menetrendet módosítani, mert ez csak nehézséget okoz a vasúti üzemvitelben, nem csak Magyarországon, de a szomszédos országok vasútjainak üzemében is.

A hirtelen fellépő utasnövekedés ezen események előreláthatóságából adódóan az alábbi megoldásokkal kezelhetők:

- adott napon az ellenőrző létszám emelése (természetes, hogy ilyenkor a közutakon is megemelkedik az átkelni szándékozók száma),
- esetlegesen mentesítő vonatok közlekedtetése, melyek menetrendje igazodik a határállomás rendjéhez (általánosságban elmondható, hogy ezeket a vonatokat nem a gyorsaságukért állítják fogalomba),
- az utasforgalom terelése a közlekedő vonatok között.

A jövő várható intézkedései során a felek ismertetik, hogy milyen intézkedések várhatók a jövőben, amelyek hatással vannak a vasúti határforgalomra. Ilyen lehet vasútüzemi oldalról például a villamos üzem felvétele és az emiatt elmaradó mozdonycsere, vagy rendészeti oldalról valamely ország esetleges schengeni tagsága.

Előjelentések adásának lehetőségei

A határellenőrzési munka pontosságát, időbeli betarthatóságát és hatékonyságát növelheti, ha a vasúttársaság **előre jelzi** a határállomás felé, hogy adott vonaton hozzávetőlegesen mennyien tartózkodnak indulás után, így a rendészeti állomány időben fel tud készülni az esetlegesen jelentős számú utasra, és ennek megfelelő létszámot tud a vonat ellenőrzésére átcsoportosítani. Ennek megfelelően az ellenőrzési létszám operatív módon is változtatható, ezzel is elősegítve a vasúti menetrend betartását.

Konklúzió

Az Európai Unió egyik alapjoga a mozgás szabadságának joga [26; 45. cikk]. Ez azt jelenti, hogy az uniós polgárokat nem lehet korlátozni mozgásukban. Elvi síkon maradva, a vasúti határállomási hatósági vizsgálat a személyi szabadság korlátozását jelenti. Ezt Balla József is megerősíti 2010-es tanulmányában [20; 104. o.]. Bárki és bármi miatt feltartóztatott vonat korlátozhatja a többi utast mozgásában, különösképpen akkor, ha a feltartóztatás miatt bekövetkező késésből adódóan időt, illetve csatlakozásokat veszít az illető polgár. Éppen ezért szükségesek olyan megoldások, melyek az esetek döntő többségében garantálják, hogy a vonatok határvizsgálata miatt késés nem keletkezik, a mozgás szabadsága az azt megilletők számára biztosítható.

A személyszállításban a közlekedési módok közötti verseny okán a vasúttársaságok alapvető érdeke, hogy a vonatok utazási sebessége minél magasabb legyen, melynek egyik eleme a határtartózkodási idők minimálisra szorítása. Ugyanez mondható el az áruszállításról. A fuvarozók jogos igénye, hogy az áruk a határokon csak a minimális ideig legyenek feltartva, és a vasúti áruszállítás sebessége ne legyen alacsonyabb a közúténál.

A másik oldalon ugyanakkor az európai uniós tagságból eredő határvédelmi kötelezettségek állnak, melyek szigorú és hatékony ellenőrzést írnak elő a schengeni külső határokon, melyhez Magyarország egyes határszakaszai is tartoznak. A mindenre kiterjedő vizsgálatokhoz a szükséges időt biztosítani kell.

Cikkem azt a problémát járta körül, hogy hogyan biztosítható e kétféle érdek harmonizációja a vasúti határállomásokon. Ennek érdekében bemutattam a határállomásokon végzendő vasútüzemi (forgalmi és kereskedelmi), valamint hatósági feladatokat. A határállomási tartózkodások időtartamát meghatározzák az elvégzendő feladatok, illetve ezek időszükséglete.

A bemutatott vasúti szolgáltatásfejlesztési és határbiztosítási stratégiai célok a vasúti határellenőrzési idők csökkentésének irányába mutatnak. Kijelenthető, hogy a két érdek ebben a tekintetben találkozik. Az optimális időfelhasználás tervezhetőségének érdekében a cikkben olyan vasútüzemi és határigazgatási fejlesztési lehetőségeket mutattam be, melyekkel a két eltérő irányú időfelhasználás közötti összhang megteremthető.

A tanulmányban leírtak alapján kimondható, hogy a vasúti szolgáltatási színvonal és a védelmi intézkedések között az alábbi kapcsolatok mutathatók ki:

1. a szükséges határállomási tartózkodási idők hatása a menetidőre jelentős (schengeni és nem schengeni határok esetén egyaránt);
2. a vasútállomásokon csak olyan védelmi megoldások alkalmazhatók, amelyek nem növelik az utasok eljutási idejét és az állásidők csökkenthetőségének irányába hatnak;
3. a vasút az áruszállítás terén versenyhátrányt szenved, ha hosszúak a határállomási tartózkodási idők.

A vasúti szektor biztonságosabbá tételéhez elengedhetetlenül szükséges az utasok és a vonatok biztonságának megfelelő kialakítása. Ennek egyik részeleme a nemzetközi személy- és tehervonatok megfelelő határellenőrzésének kialakítása. Ezt, mint védelmi lehetőséget már felvetettem korábbi cikkeimben [27; 66-68. o., 28; 385-386. o.], melynek részleteit jelen tanulmányomban mutattam be.

Horváth Attila 2005-ben megjelent cikkében kifejti [29; 7. o.], hogy a közlekedési védelmi rendszerek kialakítását egységben kell kezelni a terrorizmus elleni védelem és a katasztrófavédelem feladataival,

ugyanis enélkül, védelmi képesség szempontjából nem lehet hatékony közlekedési rendszerről beszélni. A közlekedési rendszerek és ezen belül a vasúti alrendszer védelmi felkészítése, melynek része a cikkemben kifejtett szolgáltatásfejlesztési és védelmi célok összehangolása, egységes rendszerben, kormányzati szinten kell, hogy megvalósuljon. Erről Horváth Attila 2016-ban írt tanulmányában [30; 261. o.] értekezik, kiemelve, hogy a biztonsági kérdések nem lehetnek másodlagosak sem a közlekedési, sem pedig a rendészeti és rendvédelmi szerveknél. Cikkemben a helyzetelemzést követően olyan intézkedési javaslatokat fogalmaztam meg, melyek a vasúti szolgáltatásfejlesztési és védelmi célok közötti összefüggések feltárásával képesek a két célrendszer összhangjának megteremtésére, oly módon, hogy teljesítik a védelmi célokat, ugyanakkor nem hátráltatják a vasútüzem menetét és nincsenek negatív hatással az igénybevevők körére sem, valamint kielégítik a Horváth Attila által javasoltakat is. Gyakorlati hasznosításuk így értelmet nyerhet.

Irodalomjegyzék

[1] Lakatos P. (szerk.): Logisztika a közszolgálatban, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2018., ISBN 978-615-5764-55-4 https://akfi-dl.uni-nke.hu/pdf_kiadvanyok/web_PDF_EKM_Logisztika_a_kozszolgalatban.pdf; letöltve: 2019. 12. 21.

[2] Horváth A.: A közúti, vasúti és vízi közlekedés terrorfenyegetettségének jellemzői, In Tálas P. (szerk.): Válaszok a terrorizmusra II. – A politikai marketing csapdájában, Mágustudió, Budapest, 2006., pp. 321-336. ISBN 963-219-756-9

[3] Lévai Zs. – Molnár B.: Vasút és turizmus: lehetséges válaszok a globális klímaváltozás kihívásaira, In. Multidiszciplinaritás a Turizmusban, X. Nemzetközi Turizmus Konferencia kiadványa, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2020., kiadás alatt

[4] Fleischer T.: Transzeurópai folyosók – A meglévők hosszabbítgatása vagy egy összeurópai hálózat kialakítása?, In. Glatz F. (szerk.): A Balkán és Magyarország – Váltás a külpolitikai gondolkodásban?, MTA Társadalomkutató Központ – Európa Intézet, Budapest, 2007., pp. 365-379., http://real.mtak.hu/3963/1/fleischer_folyosok-toldozgatasa_balkan07.pdf, letöltve: 2019. 12. 27.

[5] Dr. Gitta F.: A három betű hatalma, Indóház Extra, VIII. évf., 2013/3 szám, pp. 7-10., ISSN 1788-3288

[6] Lévai Zs.: Vasúti határállomások és munkafolyamataik, egyetemi tansegédlet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, RTK, 2018.

[7] Harmatos J. – Kárpáti L. – Lévai Zs.: Állomási és forgalmi technológiák, MÁV Rt. Tisztképző Intézetének jegyzete, Budapest, 2004.

[8] Magyarország Alaptörvénye, https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100425.atv, letöltve: 2019. 12. 27.

[9] 1994. évi XXXIV. törvény a Rendőrségről, https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99400034.tv, letöltve: 2020. 02. 10.

[10] Beregnyei J. (szerk.): Rendészettudományi szószedet, Magyar Rendészettudományi Társaság, Budapest, 2008., http://www.rendeszet.hu/rendeszeti-szoszedet, letöltve: 2019. 12. 27.

[11] Lipics L.: Az integrált határbiztonsági rendszer fejlesztésének lehetőségei, doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2013. DOI: 10.17625/NKE.2013.022, http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9709/Lipics%20L%C3%A1szl%C3%B3%20%C3%A9rtekez%C3%A9s?sequence=1&isAllowed=y, letöltve: 2019. 08. 22.

[12] Európai Biztonsági Stratégia – Biztonságos Európa egy jobb világban, Luxembourg, 2009., ISBN 978-92-824-2427-8, https://www.consilium.europa.eu/media/30811/qc7809568huc.pdf, letöltve: 2019. 12. 27.

[13] Magyarország Nemzeti Integrált Határigazgatási Stratégiája 2019-2021, https://www.kormany.hu/download/6/eb/a1000/Magyarorsz%C3%A1g%20Nemzeti%20Integr%C3%A1lt%20Hat%C3%A1rigazgat%C3%A1si%20Strat%C3%A9gi%C3%A1ja%202019-2021.pdf, letöltve: 2019. 12. 27.

[14] 24/2015 (X. 15.) ORFK Utasítás a Határforgalom-ellenőrzési Szabályzatról, https://net.jogtar.hu/getpdf?docid=A15U0024.ORF&targetdate=fffffff4&printTitle=24/2015.+%28X.+15.%29+ORFK+utas%C3%ADt%C3%A1s&referer=http%3A//net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi%3Fdocid%3D00000001.TXT, letöltve: 2018. 08. 27.

[15] Rácz J. (szerk.): Rendészeti ismeretek a kábítószer-problémával kapcsolatban, IRM Büntetőpolitikai Főosztály, Budapest, 2009, http://bunmegelozes.easyhosting.hu/dok/rendeszeti_ismeretek_a_kabitoszer_problemaval_kapcsolatban.pdf, letöltve: 2019. 12. 27.

[16] Kovács G.: A határrendészetben ható törvényszerűségek és elvek érvényesülése az illegális migráció elleni küzdelemben, In. Gaál Gy., Hautzinger Z. (szerk.): Modernkori veszélyek rendészeti aspektusai, pp. 221-231, Pécs, 2015. (Pécsi Határőr Tudományos Közlemények 16), http://www.pecshor.hu/periodika/XVI/kovacs.pdf, letöltve: 2020. 01. 01.

[17] Kui L.: A határellenőrzés elveinek és követelményeinek érvényesülési lehetőségei Magyarországon, Hadtudományi Szemle, XI. évf. 2018/2. szám, pp. 268-286, https://epa.oszk.hu/02400/02463/00039/pdf/EPA02463_hadtudomanyi_szemle_2018_02_268-286.pdf, letöltve: 2020. 01. 01.

[18] Balla J.: A határellenőrzés ideiglenes visszaállításának támogatása, erő-eszköz szükséglete, Határrendészeti Tanulmányok, XV. évf. 2. szám, pp. 4-28. Budapest, 2018., ISSN 2061-3997, https://rtk.uni-nke.hu/document/rtk-uni-nke-hu/Hatrend%20Tan_2018_2%20sz%C3%A1m.pdf, letöltve: 2019.01.14.

[19] Tajti B.: A biometrikus ujjnyomat azonosítás alkalmazásának új lehetőségei, Hadmérnök, VII. évf. 1. sz. 2012. 03. pp. 48-58, ISSN 1788-1929, http://hadmernok.hu/2012_1_tajti.pdf, letöltve: 2019. 12. 27.

[20] Balla J.: A biztonság növelése a határforgalom-ellenőrzésben, Határrendészeti tanulmányok, VII. évf. 1. sz. 2010. 01., pp. 97-105, ISSN 2061-3997, http://rendeszet.hu/hatarrendeszetitagozat/2010_evi_1_szam.pdf, letöltve: 2019. 12. 27.

[21] Balla J.: A biometrikus adatokat tartalmazó úti és személyazonosító okmányok biztonságnövelő hatása a határ- és közbiztonság alakulására, doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2013. DOI: 10.17625/NKE.2014.009, http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10058/balla_jozsef.pdf?sequence=1&isAllowed=y; letöltve: 2019. 12. 27.

[22] Dr. Székely Z.: Intelligens Hordozható Ellenőrző Rendszerek – Az IborderCtrl Projekt, III. Turizmus és Biztonság Nemzetközi Tudományos Konferencia Absztrakt kötete, Pannon Egyetem Nagykanizsai Kampusz, 2018. p. 16., ISBN 978-963-396-118-6 https://uni-pen.hu/files/konferencia/2018/absztraktkotet2018.pdf, letöltve: 2019. 12. 27.

[23] Rácz J.: Rossz sci-fibe illő arcfelismerős határvédelmi rendszert tesztelnek a magyar kerítésnél, https://qubit.hu/2018/11/21/rossz-sci-fibe-illo-arcfelismeros-hatarvedelmi-rendszert-tesztelnek-a-magyar-keritesnel, letöltve: 2019. 10. 23.

[24] Állategészségügyi határállomások kézikönyve, 2016. 05., https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/21336/MANUAL_2016_05.pdf/8f0d4abe-bdc6-4268-a63f-ece8b2b4c89e, letöltve: 2019. 12. 27.

[25] Lévai Zs.: Közlekedésinformatika – vasúti közlekedésirányítási rendszerek, egyetemi tansegédlet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, HHK, KLI, 2018.

[26] Az Európai Unió alapjogi chartája (2016/C 202/02), https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:12016P/TXT&from=EN, letöltve: 2019. 12. 27.

[27] Lévai Zs.: A vasúti szektor védelmi lehetőségei terrorakciók ellen, Közlekedéstudományi Szemle, LXIX. évf. 5. szám, 2019. 10., pp. 50-71, ISSN 0023-4362, DOI: 10.24228/KTSZ.2019.5.5

[28] Lévai Zs.: A vasút lehetséges válaszai a legújabbkori kockázati kihívásokra, In. Horváth G. – Gaál B. – Horváth B. (szerk.): Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2019 Conference on Transport

Sciences: Alternatív-Autonóm-Kooperatív Mobilitás, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2019., pp. 371-388., http://ktkonf.sze.hu/cikkek/KtKonf2019.pdf, letöltve: 2019. 11. 08.

[29] Horváth A.: Közlekedési hálózat és az ország védelmi képesség kapcsolata (védelmi követelmények a közlekedésfejlesztésben), Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2005., pp 1-9., http://old.biztonsagpolitika.hu/documents/1277414270_horvath_attila_kozlekedesi_halozat_es_az_orszag_vedelem_kepesseg_kapcsolata_-_biztonsagpolitika.hu.pdf, letöltve: 2020. 02. 10.

[30] Horváth A.: Szempontok a katonai közlekedési rendszer védelemigazgatási és nemzetgazdasági kapcsolatrendszeréről, Katonai Logisztika, 24. évf. különszám, 2016., pp. 245-266, ISSN 1789-6398, https://drive.google.com/file/d/0B2IT5sLzLGdDWE5mS2RPLWdJWEE/view, letöltve: 2020. 02. 08.

A vasút jövője – a jövő vasútja Budapesten

Tumik Péter

KTI Közlekedéstudományi Intézet Nkft.
telefon: +36 20/218 62 13
e-mail: tumik.peter@kti.hu

Kivonat: A budapesti vasúthálózat kiépítése 174 évvel ezelőtt vette kezdetét, majd folyamatos bővülés, átalakulás után évtizedek múltán nyerte el a jelenlegihez hasonló formáját. A személyszállítás jelenleg három fejpályaudvarra koncentrálódik, melyeket elsősorban a teherforgalom összekötő vonalakon kerülhet el. A hálózat átalakítására, pl. központi pályaudvar létrehozására már a 19-20. század fordulóján is születtek elképzelések, megvalósításuk azonban máig elmaradt. A fővárosi hálózat nagy része mára utas- és vasútforgalmi szempontból elavult, miközben az országos hálózat, azon belül is főként az elővárosi vasútvonalak jelentős fejlődésen mentek keresztül, vagy éppen zajlik a korszerűsítésük. Ennek következtében ma már a budapesti pályaudvarok, gyűjtő és összekötő vonalak képezik a vasúthálózat szűk keresztmetszetét, és akadályozzák a megújult szakaszok előnyeinek maximális kihasználását. A magas színvonalú, megbízható szolgáltatás nyújtására képes hatékony infrastruktúra létrehozása komplex, rendszerszintű tervezést igényel. Az utazási igények kielégítése mellett tekintettel kell lenni a finanszírozási igényre, illetve a hálózat kiépítéséhez szükséges időigényre is. Cikkemben és előadásomban a lehetséges infrastruktúra-fejlesztési koncepciókat, és azok előnyeit, hátrányait mutatom be. A lehetséges megoldások feltérképezése során a külföldi példák megismerése is segít.

Kulcsszavak: Budapest vasúthálózata, központi pályaudvar, főpályaudvar, alagút, belvárosi vasútvonal

Bevezetés

A cikk a budapesti nagyvasúti hálózat fejlesztési irányait mutatja be, illetve egy lehetséges megoldást is felvázol. Az általános megállapítások, illetve a külföldi példák jellemzően a fővárosunkkal összemérhető, fél-egy millió főnél nagyobb európai városokra vonatkoznak.

A 19. században, a vasúti közlekedés hajnalán a személy- és teherszállítás a nagyvárosokban is jellemzően ugyanazon a pályaudvaron, vasútállomáson zajlott. A személy- és tehervonati forgalom ugyanazt a pályát használta, üzemük szorosan összekapcsolódott. Ezt a gyakorlatban és szimbolikusan is leginkább a vegyesvonatok közlekedése szemlélteti. Ez azonban nem jelentette azt, hogy egy nagyvárosban csak egy központi szereppel bíró, multifunkcionális pályaudvar létesült, ugyanis a vasút fejlődése kevésbé volt az állam szintjéről koordinálva, a magántőke, illetve az eltérő érdekeltségek komoly szereppel bírtak. Ennek következtében a különböző vasúttársaságok saját vasútvonalakat, pályaudvarokat, vasútállomásokat építettek maguknak, esetenként a vasútüzem jellege (pl. nyomtáv, űrszelvény) is eltérő volt.

A társadalmi és gazdasági átalakulások, valamint a technikai-technológiai fejlődés a vasúti közlekedésre is kihatással volt. A személy- és az áruszállítási funkciók egyre jobban elkülönültek egymástól, sőt a személyszállításon belül is több szegmens (távolsági, elővárosi, városi) jött létre. A vasúti közlekedés fejlesztése egyre inkább központosított, összehangolt lett, ezzel párhuzamosan az addig vasúttársaságonként széttagolt hálózat egységesebb, átjárhatóbb lett. Ez a folyamat napjainkban is tart, egyes országok, városok előrébb, mások hátrébb járnak az úton. Hajtóerőnek elsősorban a személyforgalmi igények változása (növekedése) és a környezeti terhelés csökkenésére irányuló szándék tekinthető, a féket pedig a finanszírozási források előteremtése, valamint a környezeti adottságok (pl. beépítettség, talajviszonyok) és a műszaki korlátok jelentik.

Fontos megemlíteni még az időtényezőt is, mely különösen a 21. században komoly problémát jelent. Egyrészt a tervezés és a megvalósulás között esetenként hosszú idő telik el, másrészt a kivitelezés gyakran csúszik. Előbbinek a finanszírozási források megteremtése és a lassú döntéshozatali mechanizmus lehetnek az okai, utóbbinak pedig a finanszírozási igény projekt alatti növekedése, a nem teljes körű társadalmi-politikai támogatottság, valamint a munkaerőhiány.

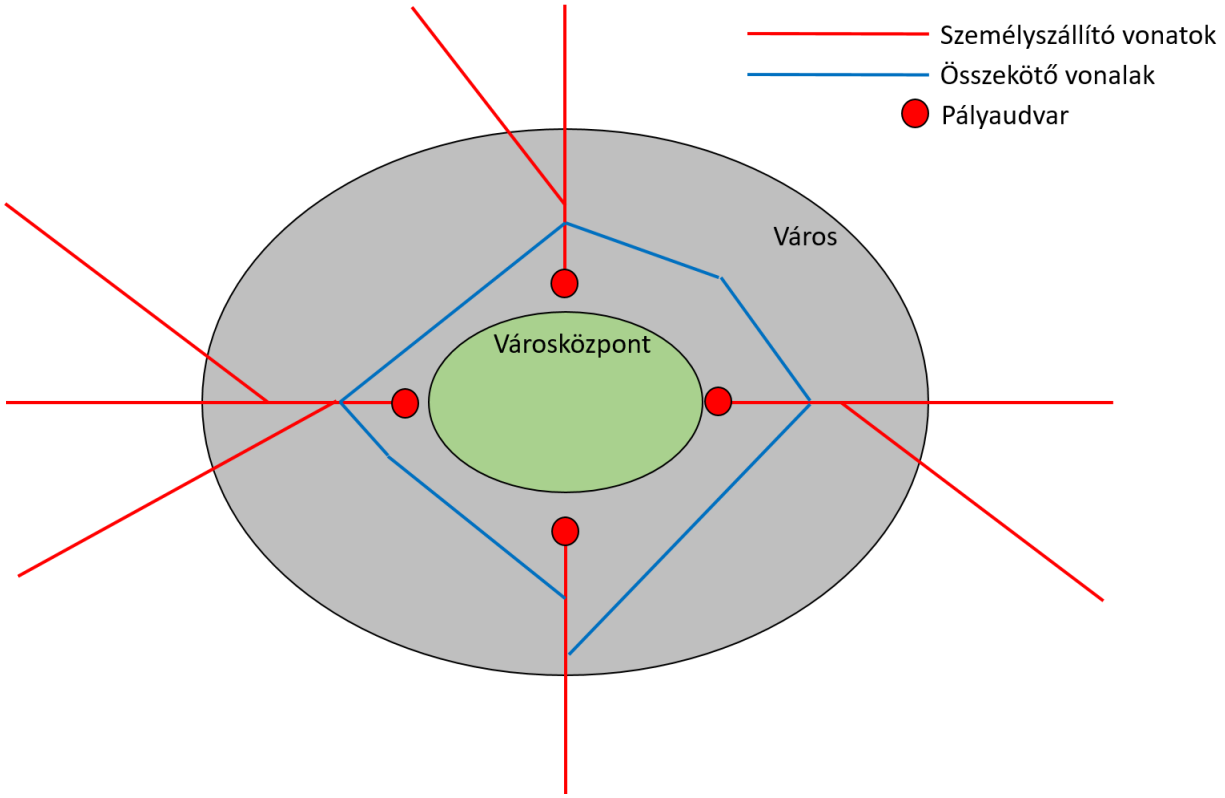
Napjainkban, a nagyvárosokban a vasúti közlekedésről általánosságban elmondható, hogy a belvárosban, vagy annak közelében találhatóak a kizárólag személyszállítási funkciót ellátó pályaudvarok, míg a teherszállítási funkciók a város peremére, vagy a városon kívülre szorultak. A távolsági és városi-elővárosi személyvonati forgalom gyakran teljesen elkülönül, külön pályán, akár külön vonalvezetéssel működnek, jó esetben azonban a két hálózat megfelelően kapcsolódik egymáshoz. Különösen a városi-elővárosi forgalomban a belvárosi állomások mellett a városok külső részén, közlekedési csomópontokban, decentrumokban fekvő állomások szerepe is felértékelődött. Speciális kiszolgálási pontnak tekinthetőek a repülőterek.

1. A nagyvárosi vasúthálózat típusai

Természetesen nincs két egyforma nagyvárosi vasúthálózat, azonban felépítésükben és fejlesztésükben párhuzamosságok figyelhetőek meg, logikai szempontból pedig elvi változatok határozhatóak meg. Egyes városok hálózata a vizsgált időpontokban jól összekapcsolható az elvi változatokkal, míg más esetekben több típusjegy is felismerhető. Egy adott város hálózata egy-egy infrastruktúra-fejlesztési projekt következtében átalakulhat.

1.1 Több fejpályaudvar

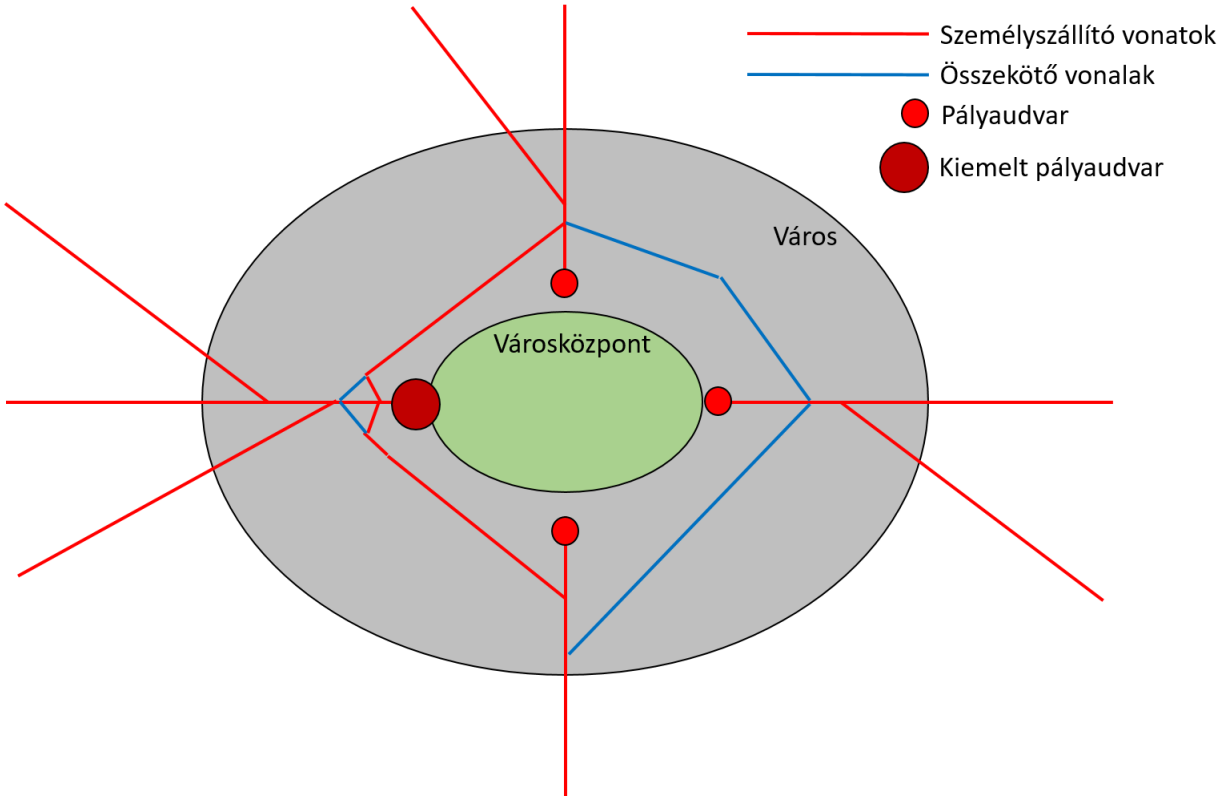
A nagyvárosi vasúthálózat kiépülésének tipikus példája, hogy a személyszállító vonatokat több fejpályaudvar fogadja. Adott számú vasútvonal, vagy vonalcsoport tartozik egy adott fejpályaudvarhoz, és a városhatáron belépő vasútvonal általában a hozzá fizikailag legközelebb eső pályaudvarhoz csatlakozik. (Ettől eltérő példa is akad, elég csak Budapest esetében arra gondolni, hogy a városba dél-keleten belépő 100a és 142 sz. vonal a városközpont északi oldalán fekvő Nyugati pályaudvarba, a keleten belépő 80a és 120a sz. vonal pedig a városközpont keleti oldalán fekvő Keleti pályaudvarba csatlakozik, egymást Kőbánya térségében külön szintben keresztezve.) A tehervonati forgalom számára összekötő vonalak állnak rendelkezésre, így a fejpályaudvarok érintése nélkül, azokat kikerülve rövidebb útvonalon, jellemzően menetirányváltás nélkül tudnak közlekedni. A több fejpályaudvarral rendelkező hálózatra korábban számos példa létezett, azonban mára jellemzően tovább fejlődtek.



1. ábra: Több fejpályaudvar, elvi vázlat

1.1.1 Kiemelt fejpályaudvar

Amennyiben az utazási igények indokolttá, a vasúthálózat kialakítása pedig lehetővé teszi, úgy több fejpályaudvar közül az egyik kiemelt szerepet kaphat. Ez azt jelenti, hogy egyes vasútvonalak bizonyos vonattípusai nem a számukra alapból kijelölt, általában legrövidebb úton elérhető fejpályaudvarra közlekednek, hanem egy távolabbi, kedvezőbb kapcsolatokat biztosító pályaudvarra. Erre tipikus példa, hogy a távolsági és/vagy nemzetközi vonatok egy része vagy egésze ugyanazon a fejpályaudvaron fordulnak, így átszállásos, vagy akár közvetlen kapcsolatok is kialakíthatóak. A bécsi főpályaudvar létesítése előtt kiemelt fejpályaudvari szerepet töltött be Wien Westbahnhof, ugyanis a nyugat felől érkező vonatok mellett a keletről, Budapest felől érkező vonatokat is fogadta. Ennek köszönhetően Magyarország és Nyugat-Ausztria, illetve Németország között egy átszállással vagy közvetlenül is lehetséges volt az utazás. Hasonló szerepet tölt be Budapest-Keleti is, esetében időben hol erősebb, hol gyengébb a kiemelés. A keleti irány (Miskolc, Eger, Szolnok, Békéscsaba, Románia) mellett nyugat (Győr, Sopron, Szombathely, Bécs) és dél-nyugat (Pécs, Kaposvár) felől is fogad vonatokat, továbbá volt időszak, amikor a Pozsony, Prága, Varsó irányú nemzetközi vonatok is innen indultak.



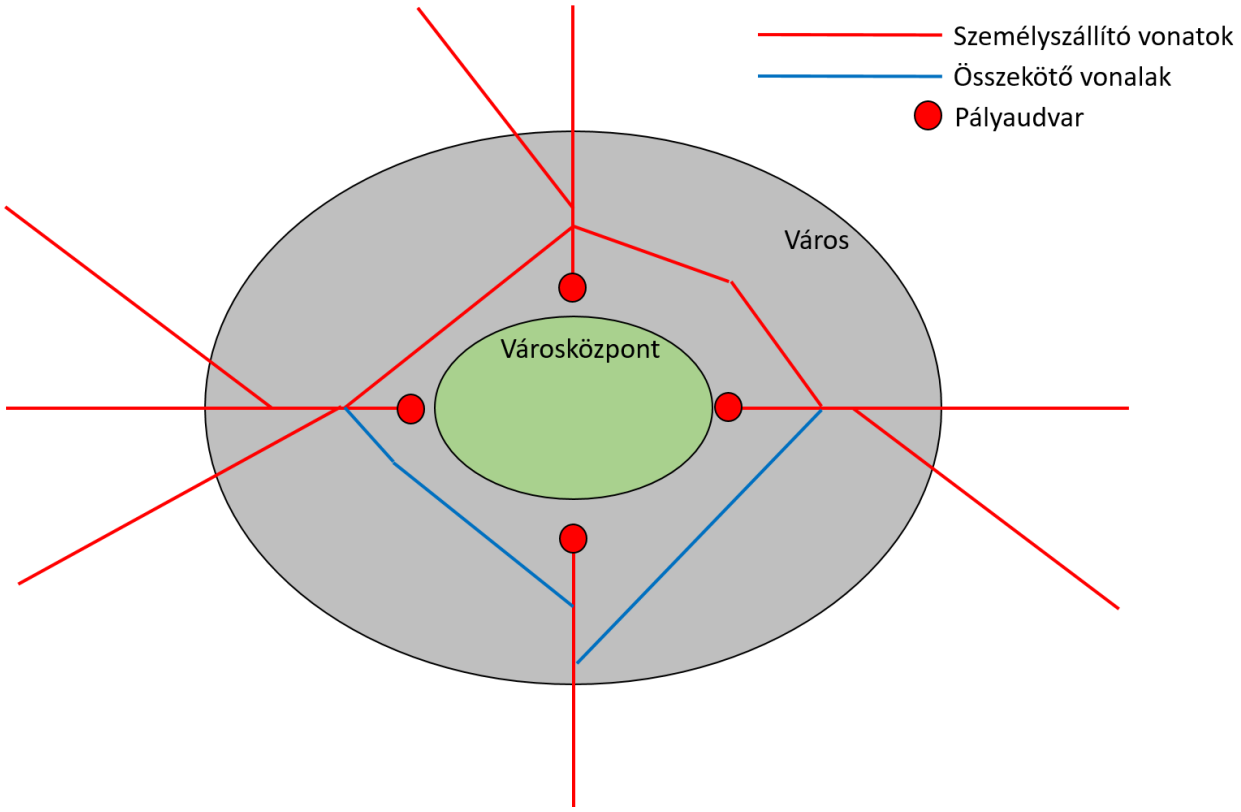
2. ábra: Kiemelt fejpályaudvar, elvi vázlat

1.1.2 Több fejpályaudvar összekötő vonallal kiegészítve

Az eredetileg a tehervonati forgalom számára létrehozott, a kiinduló vasútvonalakat összekötő, jellemzően a város külső területein futó összekötő vonalakon személyszállítás is végezhető, amennyiben ilyen irányú utazási igény megjelenik. A városok szerkezetének átrendeződése, egyes városszéli területek felértékelődése, az agglomeráció méretének és súlyának növekedése generálhat ilyen irányú utazási igényt. Feltétele, hogy az összekötő vonal infrastruktúrája alkalmas legyen a személyszállítás lebonyolítására, utasforgalmi létesítmények, városi kapcsolódási pontok rendelkezésre álljanak, vagy megteremthetőek legyenek. Mivel a külső városrészek utasvonzó hatása általában kisebb, mint a városközponté, ezért az összekötő vonalak többnyire kiegészítő szerepet kapnak a személyszállításban, a fajsúlyos továbbra is a fejpályaudvari irány.

A távolsági és/vagy elővárosi forgalom erősödése, továbbá a sűrűbb követés iránti igény következtében a kiinduló vasútvonalakon a vonatok száma alapesetben folyamatosan nő. A fejpályaudvarok bevezető szakaszának korlátozott kapacitása azonban szűk keresztmetszetet képezhet. Ez azt jelenti, hogy a városhatáron több vonat lép be, mint amennyi a belváros irányába tovább tud közlekedni. Ebben az esetben a fejpályaudvarról kiszoruló vonatok megfelelő városi közlekedési kapcsolat esetén fordulhatnak

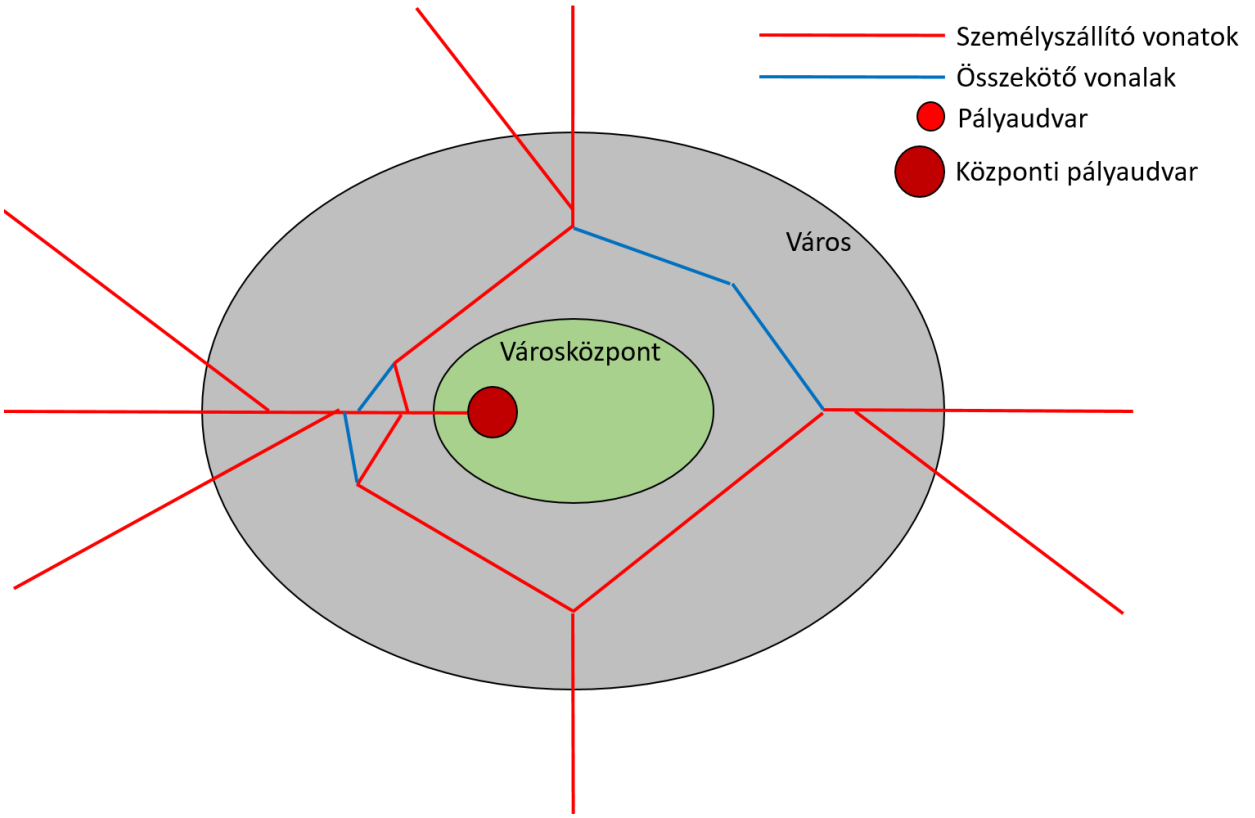
az érintett külvárosi állomáson, ennek hiányában pedig egy összekötő vonalon kell tovább közlekedniük a megfelelő kapcsolat elérése érdekében. Mivel az utasok többségének a fejpályaudvar volna kedvező, de oda kapacitáshiány miatt nem tud a vonat közlekedni, így kényszerből az összekötő vonalat használják. Ebben az esetben viszont már nem kiegészítő szerepet tölt be az összekötő vonal, hanem legalább egy vasútvonal vagy vonattípus esetében domináns szerepet. Erre jó példa Budapesten a 150 sz. vasútvonal esete, ahonnan a Keleti pályaudvar terheltsége miatt alapmenetrend szerint Kőbánya-Kispest állomásra közlekednek az elővárosi vonatok.



3. ábra: Több fejpályaudvar összekötő vonallal kiegészítve, elvi vázlat

1.2 Egy fejpályaudvar központi funkcióval

Utasforgalmi szempontból a több fejpályaudvarral rendelkező hálózatok hátránya, hogy a vasútvonalak között nehézkes az átjárás. Emellett üzemeltetési szempontból is kedvezőtlen, ugyanis több helyszínen szükséges biztosítani az utasforgalmi és vasútüzemi kiszolgáló létesítmények működését. Akár a nagyváros földrajzi fekvésének jellege miatt, akár annak következtében, hogy a kiemelt szereppel bíró fejpályaudvar gyakorlatilag átveszi az összes többinek a feladatát, létrejöhet olyan hálózat, ahol kizárólag egy fejpályaudvarra koncentrálódik a személyszállítási funkció, mely egyben a központi pályaudvar szerepét is betölti. Ebben az esetben jellemzően minden vasútvonal minden vonattípusa itt fordul, tehát a távolsági mellett az elővárosi vonatok is egy közös csomópontban találkoznak. Ennek előnye, hogy az átszállási kapcsolatok a vonatok között kedvezően alakulnak, hátránya azonban, hogy egyes irányokból csak hosszú, kerülő úton érhető el a városközpont. Ez különösen a rövid távolságú elővárosi forgalomban problémás, ugyanis ott arányaiban nagyobb az eljutási idő növekedése. A hálózatra jó példa Firenze és Torino városa.



4. ábra: Egy fejpályaudvar központi funkcióval, elvi vázlat

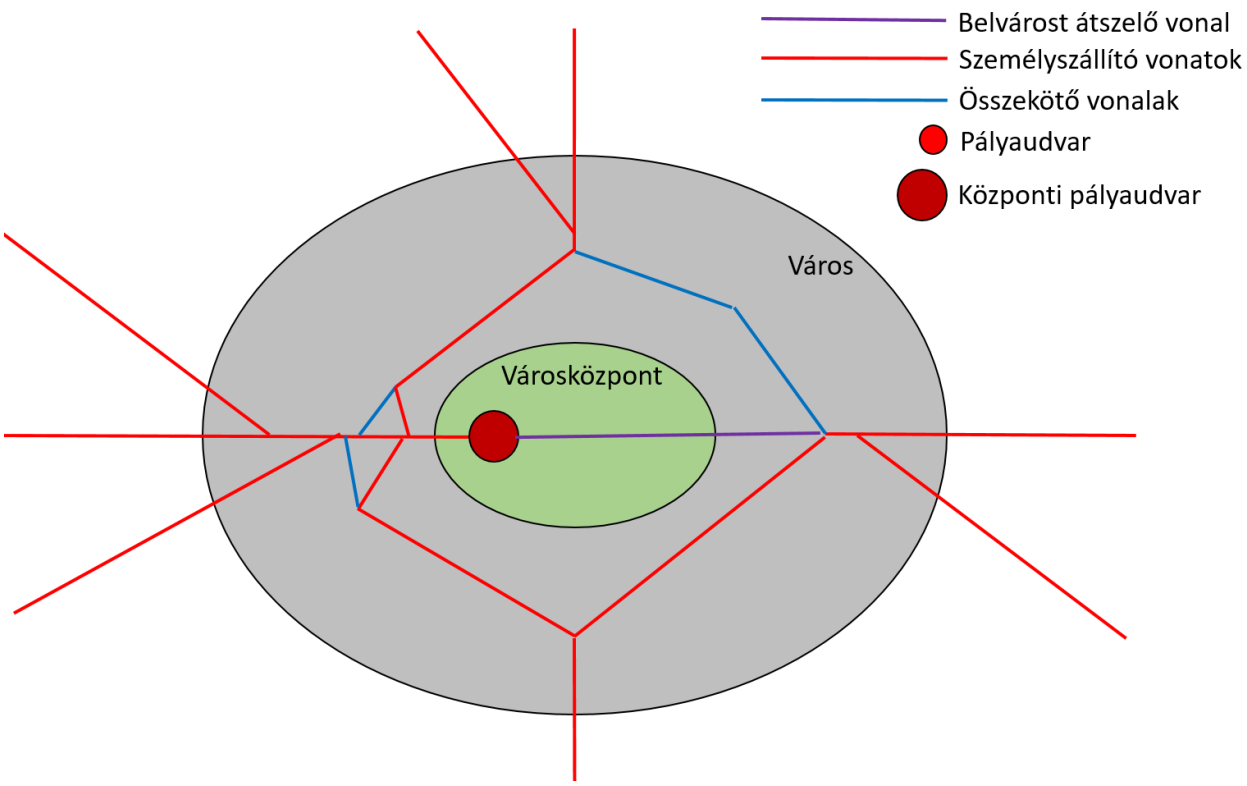
1.3 Fejpályaudvar átmenő elővárosi vonallal

Utasforgalmi szempontból a fejpályaudvarok legnagyobb hátránya, hogy az azon túli városrészek csak átszállással, ezáltal kényelmetlenül, továbbá hosszabb idő alatt érhetőek el. Vasútüzemi szempontból is kedvezőtlen, ugyanis a hosszabb-rövidebb fordulási idő miatt a járművek futásteljesítménye romlik, ezáltal a hatékonyság csökken. Bár napjainkban a fordulási idő egyes országokban, vasúttársaságoknál elméleti szinten jármű és személyzeti oldalról is minimális, mindössze 4-5 percet vesz igénybe, azonban műszaki okok, illetve a menetrend sajátosságai miatt ez esetenként 30-60 perc is lehet. Az elsőre példa a németországi ICE vonatok frankfurti, lipcsei vagy stuttgarti fordulása, utóbbira pedig a Budapest – Cegléd zónázó vonat Nyugati pályaudvari 66 perces tartózkodása. A napközben óránként közlekedő vonattípus óra:57-kor érkezik és óra:03-kor indul, azonban 6 perc alatt nem tud fordulni, ezért csak 66 perc múlva indul vissza. Az állásidő rövidítése érdekében felmerülhetne más vasútvonal vonataival való összeforgatás, azonban ezt nehezítheti a pályaudvar vágányhálózatának kialakítása, vagy hasonló kapacitású viszonylat hiánya. Városszerkezeti szempontból is kedvezőtlen a fejpályaudvari fordulás, ugyanis nagy a helyigénye. Egyrészt a személyvonati vágányok, utasforgalmi létesítmények is jelentős területet foglalnak el, másrészt a vasútüzemi kiszolgáló létesítmények is jellemzően a pályaudvar közvetlen közelében, ezáltal a városközponthoz közeli, értékes területen fekszenek.

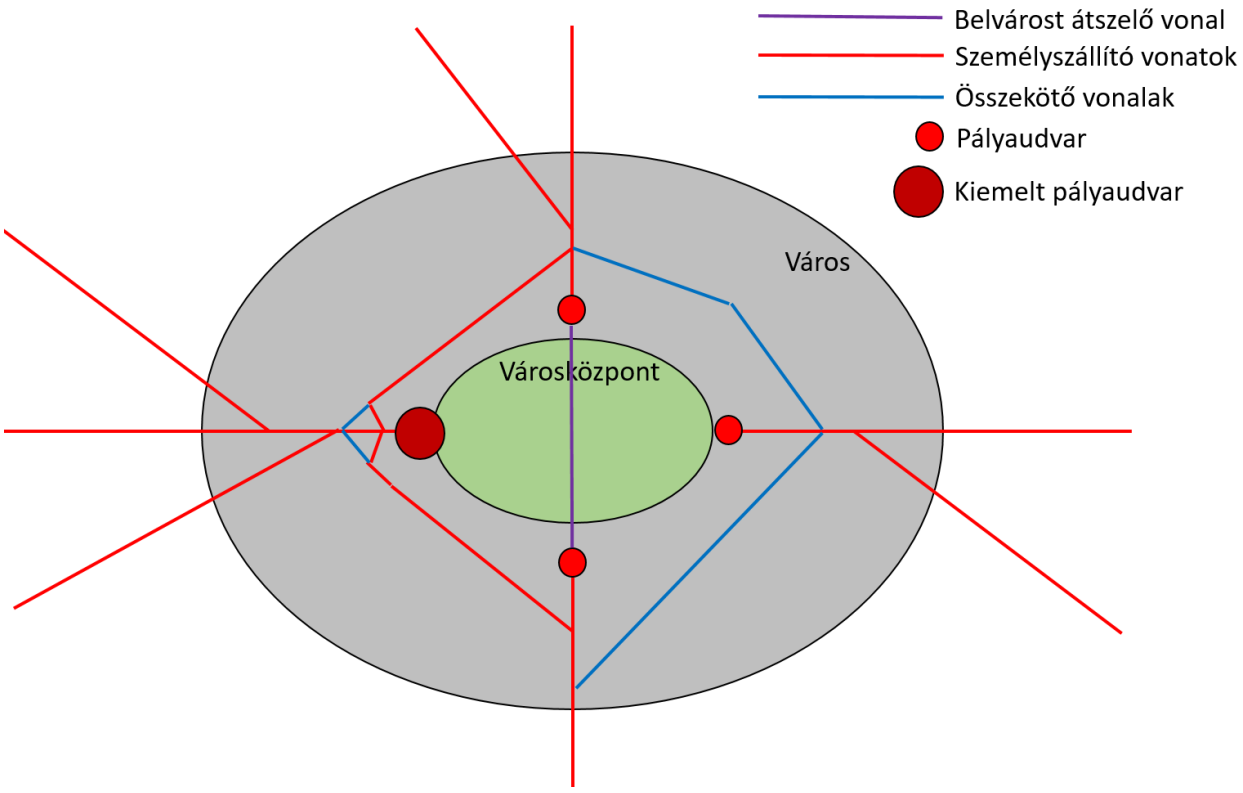
Mivel utasforgalmi szempontból a fejpályaudvar elsősorban az elővárosi forgalom számára jelent nagyobb hátrányt, továbbá jellemzően több elővárosi vonat közlekedik, mint távolsági, illetve az elővárosi vonatforgalom jellegzetességei következtében egyszerűbb, alacsonyabb költségigénnyel megvalósítható egy új vasútvonal létesítése számára, így a problémák enyhítésére megfelelő megoldás lehet egy új, elővárosi vonatok számára épített, a városközpontot átszelő, átmenő vasútvonal építése. Ezeknek az új vasútvonalaknak az építése általában magas költségigényű, ugyanis az érintett (belvárosi) terület beépítettsége következtében többnyire csak a felszín alatt vagy felett lehetséges.

Átmenő elővárosi vonal működhet egy vagy több fejpályaudvar mellett is. Jellemző kialakítás, hogy az új vasútvonal egyik vége a központi szereppel bíró fejpályaudvar, melyre főként Németországban találunk példát. Ilyen kialakítású München, Stuttgart (csak jelenleg, ugyanis a vasúthálózat átalakítása zajlik), Frankfurt am Main, Lipcse, Zürich vasúthálózata. Ugyanakkor olyan is előfordulhat, hogy az átmenő elővárosi vonal nem érinti a központi fejpályaudvart, melyre Milánó a megfelelő példa. Münchent külön is célszerű kiemelni, ugyanis az utasforgalom kiemelkedő mértékű növekedése következtében a meglévő

kétvágányú elővárosi alagúttal közel párhuzamosan egy újabb kétvágányú alagutat terveznek a belvárost átszelve.



5. ábra: Központi pályaudvar átmenő elővárosi vonallal, elvi vázlat



6. ábra: Több fejpályaudvar átmenő elővárosi vonallal, elvi vázlat

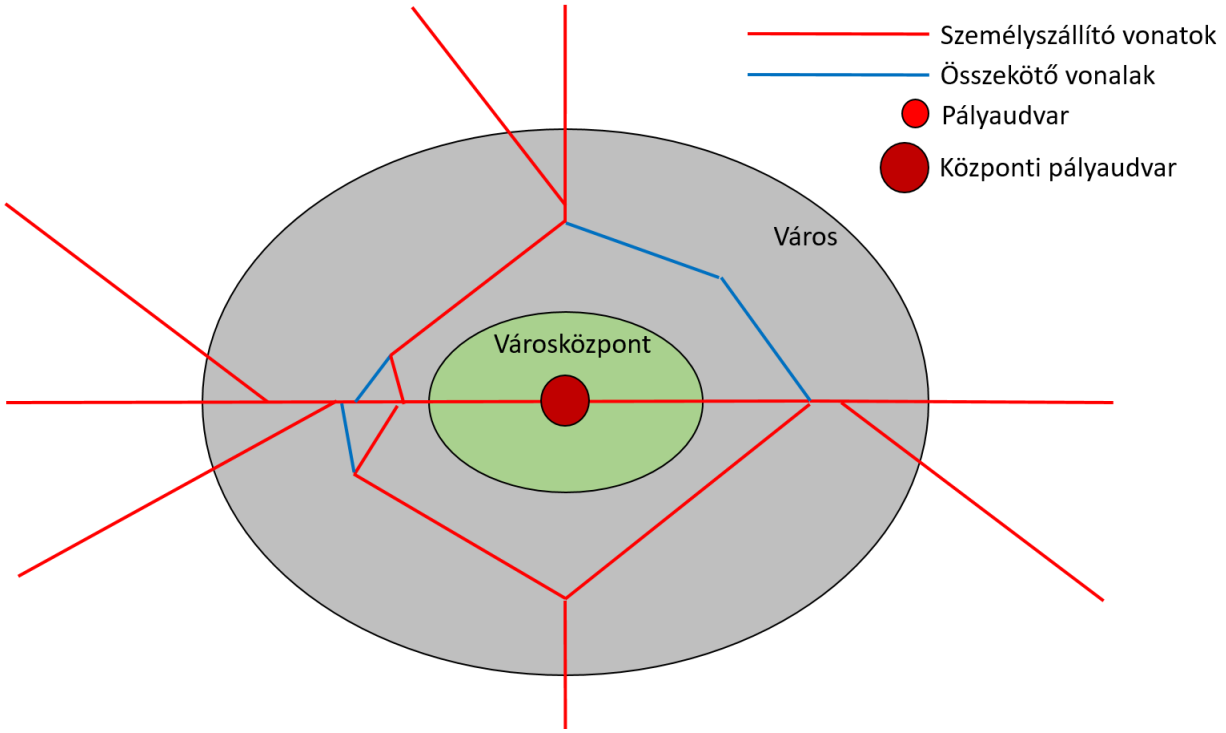
1.4 Új átmenő, központi pályaudvar

Amennyiben nem csak az elővárosi, hanem a távolsági forgalom tekintetében is cél a város minél kedvezőbb feltárása, illetve a városon áthaladó vasúti forgalom gyorsítása, akkor a megfelelő megoldás az

elővárosi és a távolsági forgalmat egyaránt kiszolgáló, egy a várost átszelő, átmenő vasútvonal létesítése. A két szegmens eltérő jellemzői, illetve az összességében nagyobb vonatforgalom következtében egy ilyen közlekedési tengely kiépítése rendkívül magas költségű. Ennek oka, hogy az elővárosi és távolsági forgalmat nem célszerű, többnyire nem is lehetséges ugyanazon a vasúti pályán lebonyolítani, ezért több vágányra, ennek következtében nagyobb méretű műtárgyakra (alagút, viadukt, állomás) van szükség. A megvalósítást nem csak a költségek, de a rendelkezésre álló terület is nehezítheti, akadályozhatja.

1.4.1 Új átmenő, központi pályaudvar a városközpontban

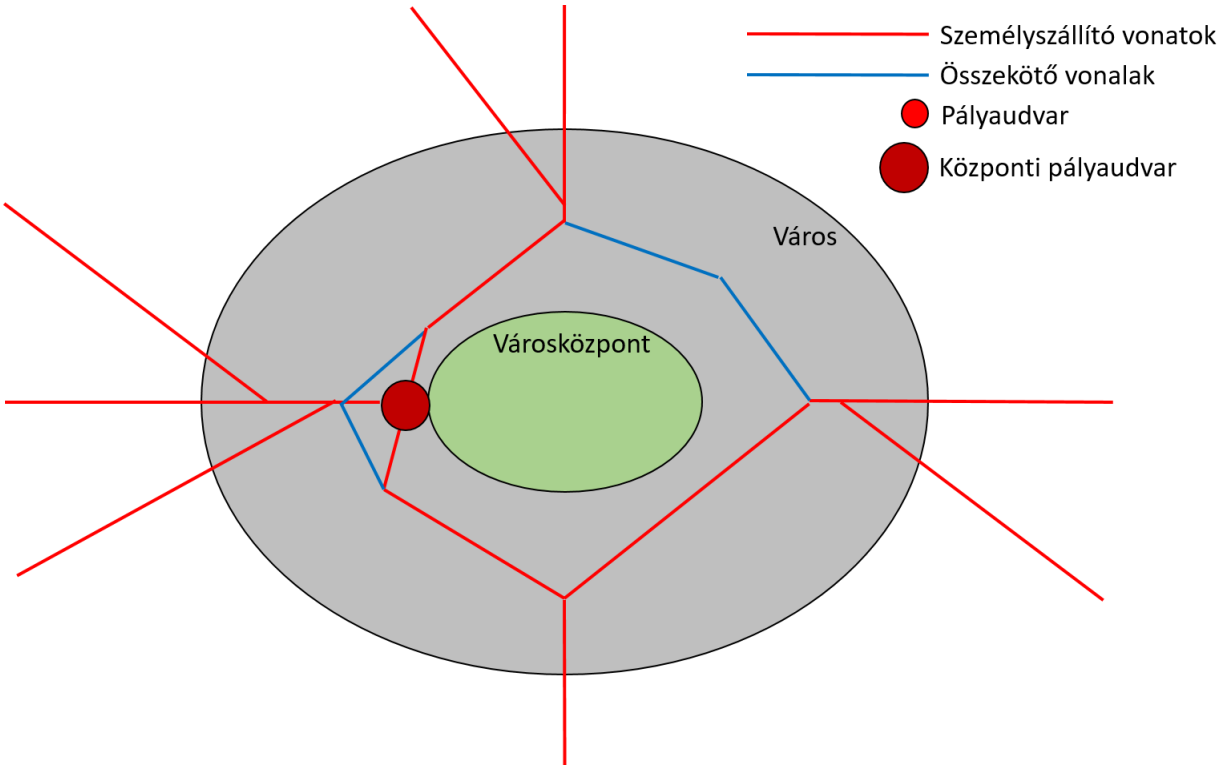
Utasforgalmi szempontból a leginkább kedvező a városközpontot átszelő vonal létesítése, a beépítettség azonban értelemszerűen itt a legmagasabb. Gyakorlatilag csak egy kellő szélességű (nyílt vonalon legalább 4, állomáson 6-8 vágány) felszín alatti vagy feletti kialakítás merülhet föl. Ennek megfelelően ez a fajta kialakítás igen ritka. Berlinben a vasúti forgalom gyakorlatilag egy nyugat-kelet és egy észak-dél irányú tengelyen zajlik, melyek metszéspontjában található a központi pályaudvar (Berlin Hauptbahnhof), melyet az összes elővárosi és távolsági vonat érint. Stuttgartban jelenleg zajlik az eddig központi pályaudvar (Stuttgart Hauptbahnhof) átalakítása. Az eddig, a vonatok egy jelentős részének fejpályaudvarként funkcionáló állomást átmenő jellegűvé alakítják át. A jelenlegi észak-dél irányú elővárosi alagút mellett egy nyugat-kelet irányú alagút is kiépítésre kerül, melyet a távolsági vonatok is használnak majd.



7. ábra: Új átmenő, központi pályaudvar a városközpontban, elvi vázlat

1.4.2 Új átmenő, központi pályaudvar a városközpont mellett

Az egyszerűbb megvalósíthatóság, illetve a költségek csökkentése érdekében adódik a lehetőség a sűrűn beépített városközpont elkerülésére, és az átmenő központi pályaudvarnak a városközpont melletti, általában korábban már meglévő vasúti nyomvonalon történő létrehozására. Ez elsősorban a városon áthaladó, illetve a város másik részébe irányuló (távolsági) forgalom számára kedvező, a városközpontot kevésbé tárja fel. Erre jó példa Bécs, ahol a meglévő vasúti területek felhasználásával, két korábbi fejpályaudvar területén egy átmenő központi pályaudvart létesítettek (Wien Hauptbahnhof). Ezt érinti az összes távolsági vonat, azonban az elővárosi vonatok egy része továbbra is a legközelebbi fejpályaudvarra közlekedik.



8. ábra: Új átmenő, központi pályaudvar a városközpont mellett, elvi vázlat

1.5 Történelmi átmenő, központi pályaudvar

Egyes nagyvárosokban a vasúthálózat kialakulásakor nem fejpályaudvarok jöttek létre, vagy legalábbis nem az dominált, hanem a várost a központ közelében átszelő vasútvonal, és azon központi átmenő pályaudvar jött létre. Ezekben a városokban az átmenő hálózat kialakítása érdekében nem volt szükség új, magas költségigényű beruházásokra. Ilyen hálózatot láthatunk pl. Prágában, Varsóban, Krakkóban, Bolognában, Nürnbergben. A vasúthálózat szerkezetileg megegyezik az 1.4.2 fejezetben bemutatott hálózattal.

2. Budapest vasúthálózata jelenleg

Budapesten 11 vasútvonal lépi át a városhatárt, ezen felül 4 HÉV vonal is működik, melyek közül 3 hagyja el a főváros területét. Bár a HÉV vonalak nyomtávja megegyezik a nagyvasúti hálózatéval, fizikailag korlátozottan átjárhatóak, azonban a vontatási áramnemük és üzemük eltérő, jelenleg nem alkotnak egységes hálózatot. A metró hálózat nem lépi át a városhatárt, üzemük a HÉV-től és a nagyvasúttól is különbözik. Vizsgálatunk a továbbiakban elsősorban a nagyvasútra vonatkozik.

A fővárosba érkező vasútvonalak az alábbi vonalcsoportokat alkotják, annak megfelelően, hogy melyik irányból lépik át a városhatárt, melyik másik vasútvonallal kapcsolódnak össze a város külső részén lévő állomásokon:

- nyugati vonalcsoport, 1 sz. vonal
- dél-nyugati vonalcsoport, 30a és 40a sz. vonal
- déli vonalcsoport, 150 sz. vonal
- dél-keleti vonalcsoport, 100a és 142 sz. vonal
- keleti vonalcsoport, 80a és 120a sz. vonal
- észak-keleti vonalcsoport, 70 és 71 sz. vonal
- észak-nyugati vonalcsoport, 2 sz. vonal.

Budapesten több fejpályaudvar létesült, melyek jelenleg is a hálózat alapját képezik. Jelentős hálózatfejlesztés nem történt, így a vasúti személyszállítás napjainkban is három fejpályaudvarra összpontosul, melyek a városközpont szélein találhatóak. A fővárosi vasúthálózatot a különböző vasúttársaságok építkezései formálták. Ez esetenként a logikusnak tűnő kialakítástól eltérő megoldásokat eredményezett. Erre jó példa, hogy a dél-kelet felől belépő vonalcsoport nem a hozzájuk legközelebb eső

pályaudvarhoz (Keleti), hanem a városközpont északi szélén lévő pályaudvarhoz (Nyugati) kapcsolódik, és külön szintben keresztezi a kelet felől belépő, a Keleti pályaudvarhoz csatlakozó vasútvonalat.

Mindhárom pályaudvar egyaránt bonyolít távolsági és elővárosi forgalmat. A Keleti pályaudvar időszakonként változó mértékben, általában kiemelt szerepet töltött, illetve tölt be a fejpályaudvarok körében. Ez egyrészt a nyugati vonalcsoport fővárosi hálózatba történő bekötésének a módjából következik (Budapest-Kelenföldön az 1 sz. vasútvonal vágányai a Keleti pályaudvar felé, a 30a és 40a sz. vonalak vágányai a Déli pályaudvar felé adnak optimális kapcsolatot), másrészt a nemzetközi forgalom kedvezőbb kiszolgálása érdekében alakult így. A kiemelt (központi) szerep azonban nem tud teljes körű lenni, ugyanis egyrészt a dél-keleti vonalcsoport felől (Kőbánya-Kispestről) a Keleti pályaudvarra nincs megfelelő hálózati kapcsolat, másrészt a dél-nyugati vonalcsoportról a kapcsolat nem kellő kapacitású.

A vonatforgalom fejpályaudvarok közötti megosztását a hálózati adottságok mellett, illetve az utasforgalmi igényeken túl befolyásolja a bevezető szakaszok vonali pályakapacitása és a pályaudvarok állomási kapacitása (személyvonati vágányok száma, vágánykapcsolatok kialakítása, biztosítóberendezés típusa). 2020-ban az alábbi feladatmegosztás szerint működnek a fejpályaudvarok az alapmenetrendben, az alapütemi vonatokat figyelembe véve. (Vágányzári menetrend szerint 2020 tavaszán a 150 sz. vonal elővárosi vonatai is a Keleti pályaudvarra közlekednek.)

Keleti pályaudvar:

- nyugati vonalcsoport távolsági vonatai
- dél-nyugati vonalcsoport egyes távolsági vonatai
- déli vonalcsoport távolsági vonatai
- keleti vonalcsoport távolsági és elővárosi vonatai.

Nyugati pályaudvar:

- dél-keleti vonalcsoport távolsági és elővárosi vonatai
- észak-keleti vonalcsoport távolsági és elővárosi vonatai
- észak-nyugati vonalcsoport elővárosi vonatai.

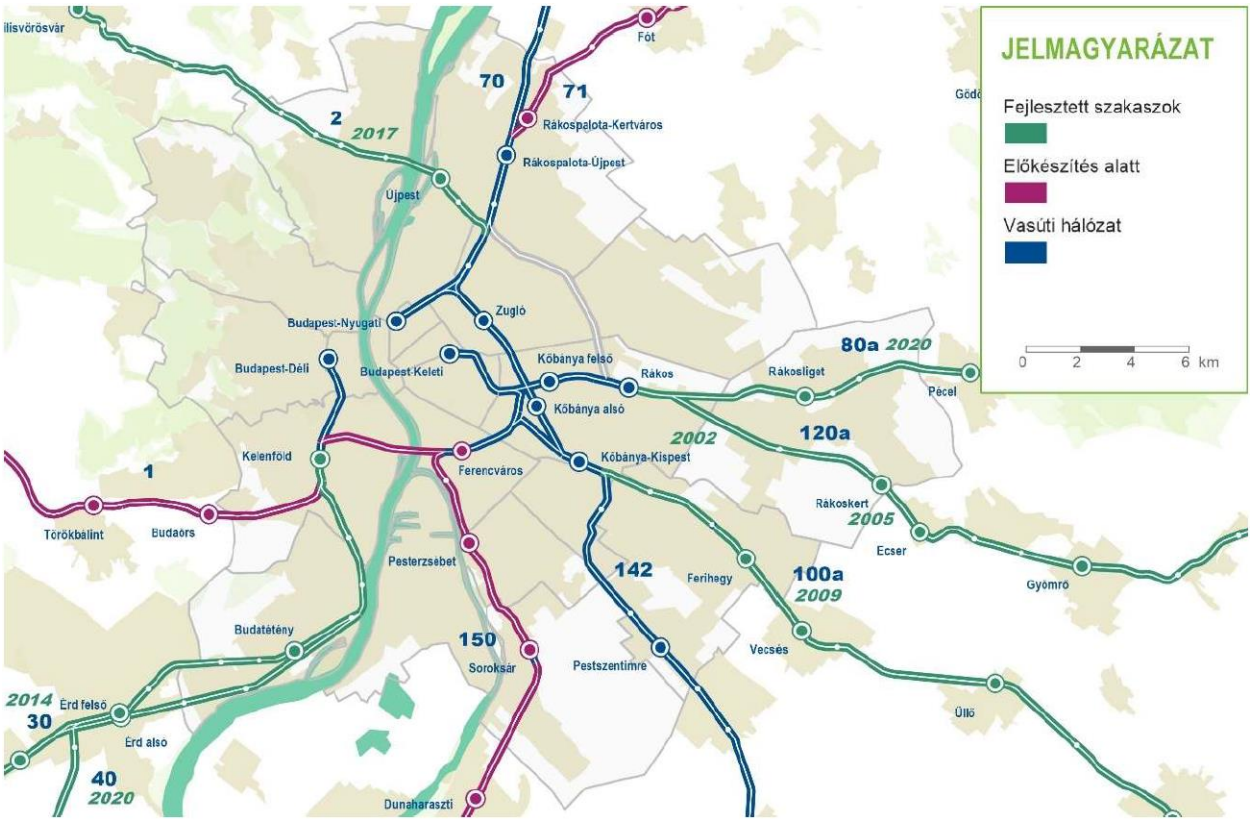
Déli pályaudvar:

- nyugati vonalcsoport elővárosi vonatai
- dél-nyugati vonalcsoport egyes távolsági és elővárosi vonatai.

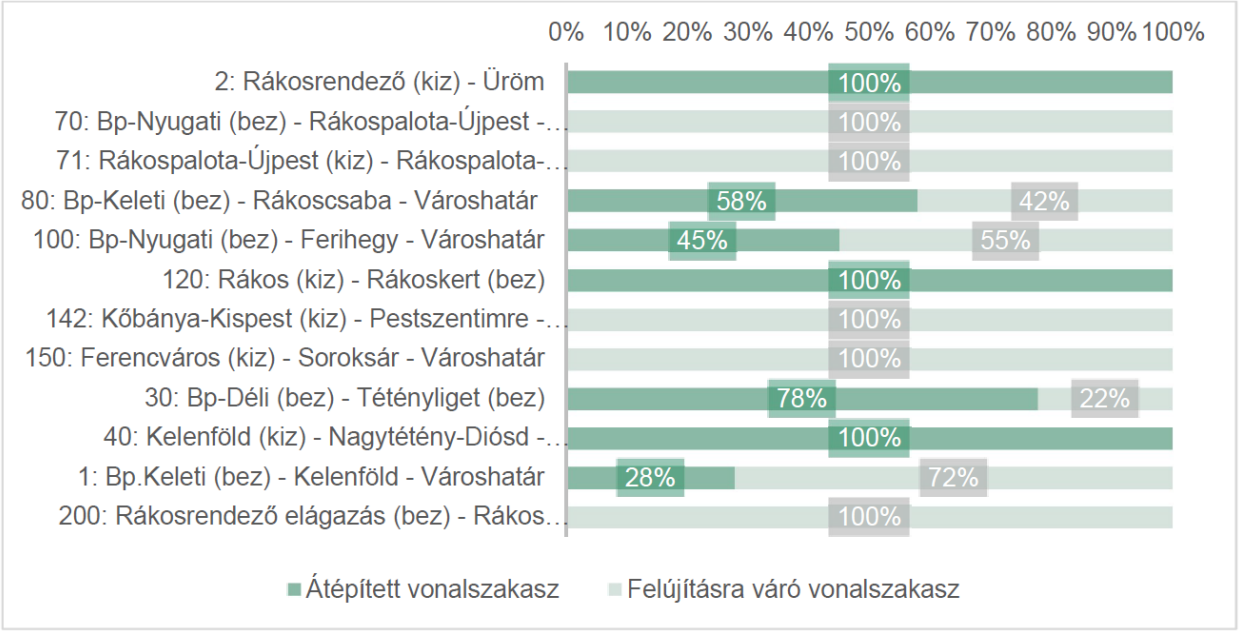
A különböző vonalcsoportokat összekötő vonalak kapcsolják össze, mely elsősorban a tehervonati forgalom számára létesült. Egyes szakaszait azonban a személyszállító vonatok is használják jelenleg. A dél-nyugati vonalcsoport egyes elővárosi vonatai Kelenföldről a Déli pályaudvar helyett Kőbánya-Kispest, a déli vonalcsoportról az elővárosi vonatok a Keleti pályaudvar helyett szintén Kőbánya-Kispest felé közlekednek. Míg utóbbi esetben egyértelműen egy kényszermegoldásról van szó, melyet a Keleti pályaudvar korlátozott állomási kapacitása okoz, addig az elsőben egy kedvező városi közlekedési kapcsolat megteremtését is szolgálja a vonat.

2.1 Fejlesztés nélküli beavatkozás

Budapesten a vasúthálózat egy jelentős része leromlott állapotú, így a hálózat fejlesztése, illetve a kapacitás bővítése nélkül, pusztán a jelenlegi forgalom zavartalan lebonyolítása érdekében is szükséges volna jelentős mértékű infrastruktúra oldali beavatkozás. Ez a vasút szempontjából jellemzően komplex felújítást (pl. fejpályaudvarok és azok bevezető szakaszai), néhány esetben a biztosítóberendezés cseréjét (pl. Nyugati és Déli pályaudvar, Rákosrendező), továbbá az utasforgalmi létesítmények megújítását jelentené. Ezek a beavatkozások csak a jelenlegi menetrendi kínálat megtartását eredményeznék. Amennyiben nagyobb, a korszerűsített vonalakon már lehetővé váló vonatforgalom lebonyolítását tűzzük ki célul a jelenlegi hálózat alapján, ahhoz további, kapacitás-bővítő beavatkozások is kellenek. Tehát a nagyobb kapacitásbővítő, illetve hálózatfejlesztési projektek erőforrásigényét nem a nullához, hanem az egyébként is szükséges, fenntartási jellegű beavatkozásokhoz célszerű mérni. A budapesti vasúthálózat egyes szakaszainak állapotát mutatják a következő ábrák, annak függvényében, hogy 2000-2020. között történt-e fejlesztés, illetve az egyes szakaszok átépítésének mértékében.



9. ábra: A budapesti vasúthálózat állapota [1]



10. ábra: A budapesti vasúti szakaszok átépítésének mértéke [1]

3. Budapest vasúthálózatának fejlesztési lehetőségei

A magas színvonalú, megbízható szolgáltatás nyújtására képes hatékony infrastruktúra létrehozása komplex, rendszerszintű tervezést igényel. Az utazási igények kielégítése mellett tekintettel kell lenni a finanszírozási igényre, illetve a hálózat kiépítéséhez szükséges időigényre is.

Ha feltesszük a kérdést, hogy milyennek szeretnénk látni a jövő vasútját Budapesten, akkor egyszerűnek tűnik a válasz. Az utasforgalmi szempontból leginkább kedvező hálózaton (a belvároson át) korszerű vonatok közlekedjenek, sűrűn, gyorsan, zavartalanul. Láthattuk azonban, hogy a nagyobb utas- és vonatforgalmat lebonyolító, fejlettebb vasútüzemmel rendelkező, gazdaságilag erősebb országok

nagyvárosaiban sem a leginkább kedvező hálózatot alakították ki. Ennek oka, hogy az infrastruktúra kiépítésének költsége jelentős, különösen a sűrűn beépített területeken, és az elérhető előnyök, hasznok ezeket a költségeket nem ellensúlyozzák kellő mértékben.

A hálózat fejlesztésekor, átalakításakor szükséges még az időtényező figyelembe vétele is, mely több elemből áll. Amennyiben csak egy konkrét projektet nézünk, azt tapasztalhatjuk, hogy rendszeres a csúszás. Ennek okai lehetnek a lassú döntéshozatali folyamat, a teljes körű társadalmi-politikai támogatottság hiánya, tervezési hiányosságok, finanszírozási nehézségek, építőipari kapacitás korlátozottsága. Az időtényező egy másik, talán ennél is fajsúlyosabb eleme, hogy a kiindulási állapotból hogyan jutunk el a célállapotig, és milyen közbenső lépéseket tudunk meghatározni. A hálózat markáns átalakítása ugyanis évtizedekig is eltarthat. Amennyiben az előnyök jelentős része csak a célállapotban jelentkezik, és az átalakítás nem bontható fel önállóan is értelmezhető elemekre, akkor ez azt eredményezi, hogy a beavatkozások éveken (évtizedeken át) hasznok nélkül kötik le az erőforrásokat, és a kivitelezési munkálatok folyamán esetleg még akadályozzák is a forgalom lebonyolítását.

Budapesten jelenleg több fejpályaudvar üzemel, ezek közül a Keleti pályaudvar kiemelt szereppel bír, továbbá a hálózatot összekötő vonal is kiegészíti. Amennyiben a rendszert az elvi hálózatok korábban bemutatott logikája mentén vizsgáljuk, akkor utasforgalmi szempontból több hiányosság is megállapítható.

Az elővárosi forgalom fejpályaudvarokra összpontosul, ezért a vonatokról csak a városközpont széle érhető el közvetlenül, az azon túli területek csak a városi közlekedési hálózatra történő átszállással. Mivel nem egy központi, hanem több fejpályaudvart használnak, ezért a legtöbb vonalcsoport között nincs átszállási lehetőség, ilyenkor is a városi hálózat igénybevétele szükséges.

A távolsági forgalom szintén fejpályaudvarokra összpontosul, ezért a vonatokról csak a városközpont széle érhető el közvetlenül, az azon túli területek csak a városi közlekedési hálózatra történő átszállással. Bár a Keleti pályaudvar kiemelt szereppel bír, azonban több vonalcsoport között így sincs átszállási lehetőség.

A hálózat fejlesztésének több változata, több lépése lehetséges. Az első szint, hogy a Keleti pályaudvar kiemelt szerepe tovább erősödik, illetve ezzel párhuzamosan az összekötő vonalak nagyobb hangsúlyt kapnak a személyszállításban is. A második szint, mely akár időben követheti az első szintet is, hogy létrejön egy központi pályaudvar. Ez elméleti szinten lehet fej- vagy átmenő pályaudvar. Amennyiben központi fejpályaudvar létesülne, akkor azt legalább az elővárosi forgalom számára célszerű volna egy, a belvárost átszelő vasútvonallal kiegészíteni. Átmenő központi pályaudvar, illetve maga az átmenő vasútvonal átszelheti a városközpontot, vagy annak szélén haladhat el.

A következő alfejezetekben kerül bemutatásra, hogy egyes elvi fejlesztési lehetőségekhez milyen infrastruktúra elemek létesítése szükséges, ezáltal bemutatva azok megvalósíthatóságát.

Első lésben célszerű általánosságban megvizsgálni, hogy az utasforgalmi igények alapján a vonatforgalom optimális lebonyolítása érdekében milyen infrastruktúra-igények merülnek fel. A távolsági és az elővárosi forgalomban a szempontok alapvetően eltérnek egymástól. Az elővárosi forgalomban többnyire sűrűn, 15-30 percenként közlekednek a vonatok, így közöttük az átszállási idő automatikusan kedvező. A távolsági forgalomban azonban jellemzően 60-120 percenként közlekednek a vonatok, így ott hosszú átszállási idő is kialakulhatna. Annak érdekében, hogy a különböző távolsági vonatok között át lehessen szállni, optimális esetben először beérkeznek a vonatok egy pályaudvarra, majd az átszálláshoz szükséges tartózkodási idő után elindulnak. Ez azt jelenti, hogy legalább annyi vágánynak kell rendelkezésre állnia, ahány irány van. Ez fejpályaudvar, vagy egy korábban kialakult, városközpont melletti pályaudvaron általában adottságként kezelhető, azonban egy újépítésű, városközpontban létrehozott, akár felszín alatti pályaudvar esetében nehézkes, rendkívül költséges. Míg az átmenő pályaudvar legnagyobb előnye éppen az volna, hogy az utasok átszállás nélkül gyorsan elérik a központi pályaudvaron túli városrészeket is, addig a hosszabb tartózkodási idő éppen ez ellen hat.

3.1 Tervezett vonatforgalom

Annak érdekében, hogy a fejlesztési lehetőségek infrastruktúra igényét vizsgálni tudjuk, szükség van a tervezett vonatforgalom volumenének és irányának meghatározására. Mivel a budapesti hálózat tervezése, méretezése a cél, ezért a városhatárt átlépő vasútvonalak esetében azzal a feltételezéssel élünk, hogy azok a kívánt vonatforgalomhoz megfelelő kapacitással rendelkeznek. Egyes vasútvonalak az elmúlt időszak fejlesztései következtében erre már jelenleg is alkalmasak, másoknál ehhez (további) beruházásokra van

szükség. A csúcsidőszakban közlekedő személyszállító vonatok számának meghatározásához az alábbi alapelvekből indulunk ki:

- távolsági forgalomban, a releváns irányokban 30-60 perces követés
- elővárosi forgalomban, a külső zónában 30 perces követés
- elővárosi forgalomban, a belső zónában 15 perces követés.

A felsorolt alapelvek mentén az egyes vasútvonalak tervezett vonatforgalmát a következő táblázat mutatja.

1. táblázat: Tervezett vonatforgalom vasútvonalanként

Vonal	Távolsági	Külső zóna	Belső zóna
1	3	2	4
30a	4-6	2	4
40a	2	2	
150	1	1	4
142	0	2	2
100a	6	2	4
120a	0	2	4
80a	2	2	4
71	0	2	2
70	0	2	4
2	0	2	4

3.2 Új, átmenő központi pályaudvar a városközpontban

A lehetséges fejlesztési irányok közül az utasforgalmi szempontból a leginkább kedvezőbb változat vizsgálatával kezdjük. Egy új, a belvárost átszelő vasútvonal létesítésével, és az azon fekvő központi pályaudvarral az utazási igények a legmagasabb mértékben kielégíthetőek. A vasúti tengelyen ebben az esetben a távolsági és az elővárosi forgalom is áthaladna, így mindkét szegmens minden vonata a lehető legnagyobb mértékben feltárná a fővárost, és ezzel párhuzamosan közvetlenül, vagy legfeljebb egy átszállással minden helyközi utazás megvalósítható volna.

Budapest vasúthálózatát vizsgálva látható, hogy a Dunántúl felé induló vasútvonalak mindegyike érinti Budapest-Kelenföld állomást. Keleti irányban ilyen jellegű domináns csomópont nincs, Rákosrendező, Rákos, Kőbánya-Kispest és Ferencváros állomásba csatlakoznak, és onnan két fejpályaudvarba, a Keletibe és a Nyugatiba torkollanak be a vonalak. Az új vonal hosszának minimalizálása érdekében két elvi lehetőség merül fel, Kelenföldet a Nyugatival és/vagy a Keletivel lehetséges összekötni. A teljes beépítettség miatt mindkét irányban csak a felszín alatti összeköttetés képzelhető el, így magas költséggel, nagy időigénnyel, és komoly kockázatokkal kell számolni.

3.2.1 Kelenföld – Nyugati tengely

A Kelenföld – Nyugati tengely esetén a jelenleg is a Nyugatiba bekötött vonalcsoportok (dél-keleti, észak-keleti és észak-nyugati) mellett meg kell oldani a Keletibe bekötött vonalcsoportok elérését is. A keleti vonalcsoport esetében ez az ún. királyvágány mentén, Kőbánya felső és Kőbánya-Teher térségében létrehozott kapcsolattal megoldható. A 150 sz. vonal (déli vonalcsoport) irányából a Nyugati pályaudvar felé történő közlekedés, még a megfelelő kapcsolatok kiépítése mellett is jelentős kerülő volna, így kialakítása, illetve a vonatok ilyen irányú közlekedtetése nem célszerű. Számukra más megoldás szükséges. A H6 és H7 jelzésű HÉV vonalak felhasználásával létrehozandó M5 metró vonal alkalmas lehet a 150 sz. vasútvonal elővárosi vonatainak a közlekedtetésére is.

3.2.2 Kelenföld – Keleti tengely

A Kelenföld – Keleti tengely esetén a jelenleg is a Keletibe bekötött vonalcsoportok (keleti, déli) mellett meg kell oldani a Nyugatiba bekötött vonalcsoportok elérését is. A dél-keleti vonalcsoport esetében ez a Kőbánya-Kispest és Budapest-Keleti között megfelelően létrehozott kapcsolattal megoldható. Az észak-keleti és észak-nyugati vonalcsoport felől azonban a meglévő vasútvonalak mentén, még a megfelelő kapcsolatok kiépítése mellett is jelentős kerülő volna, így kialakítása, illetve a vonatok ilyen irányú

közlekedtetése nem célszerű. Alternatíva a Budapest-Keleti és Rákosrendező közötti vasúti pálya kiépítése volna, mely a magas szintű beépítettség következtében szintén csak felszín alatt volna lehetséges. Ennél azonban rövidebb, ha a Nyugati pályaudvar kerülne összekötésre a Kelenföld – Keleti tengellyel. Ebből az következik, hogy amennyiben az észak-keleti és észak-nyugati vonalcsoportot is szeretnénk bekötni a belvárost átszelő vonalba, akkor a Nyugati pályaudvar bekötését nem célszerű, nem lehetséges mellőzni. Tehát a kizárólag a Keleti pályaudvart bekapcsoló hálózat nem megfelelő.

3.2.3 Kelenföld – Nyugati és Kelenföld – Keleti tengely

Amennyiben Kelenföldről mindkét pesti pályaudvar összekötésre kerül, akkor az összes vonalcsoportról biztosítható a belváros elérése. Amennyiben minden vonalról a legrövidebb úton át kívánjuk elérni a belvárosi tengelyt, akkor a déli, dél-keleti és keleti vonalcsoportról a Keleti, az észak-keleti és észak-nyugati vonalcsoportról pedig a Nyugati pályaudvaron át adódik a kapcsolat. A kettős tengely előnye a csak Nyugati pályaudvari bekötéssel szemben, hogy a dél-keleti és keleti vonalcsoportról rövidebb az út, ezáltal rövidebb a menetidő.

Fontos megemlíteni, hogy Kelenföld és Keleti között már létezik egy nagykapacitású, kötöttpályás közlekedési kapcsolat, az M4 metró. Bár a nagyvasút nyomvonala és megállókiosztása eltérhetne a metróétól, azonban így is konkuráló, részben párhuzamos szolgáltatást nyújtanának, mely a beruházás hasznosságát jelentősen rontaná.

3.2.4 Változatok megvalósíthatósága

Mivel a jelentős forgalmat kitevő, észak-keleti és észak-nyugati vonalcsoport kapcsolatának hiányában Kelenföld kizárólag a Keleti pályaudvarral történő összekapcsolása nem elégséges, ezért csak olyan változat merülhet fel, amelyben a Kelenföld – Nyugati tengely megvalósul.

A kettős, a Nyugati mellett a Keletit is bekapcsoló összeköttetés utasforgalmi szempontból a leginkább előnyös, azonban infrastruktúra igénye jelentős. Mivel a Kelenföld – Nyugati tengelyen legalább 16, a Kelenföld – Keleti tengelyen pedig akár 36 vonat is áthaladna óránként és irányonként (feltételezve, hogy minden nyugatról érkező vonatot össze lehetne kötni egy keletre indulóval), így belátható, hogy valójában két önálló vonal építésére volna szükség. Ekkora vonatforgalmat Kelenföld felől nem volna lehetséges ugyanazon a pályán leközlekedtetni, különálló Kelenföld – Nyugati és Kelenföld – Keleti vonalra volna szükség.

Az is látható ugyanakkor, hogy a Keleti pályaudvar felé sem volna elegendő egy kétvágányú pálya a 36 pár vonat számára, azt tovább kellene bontani. A távolsági és elővárosi forgalom szétosztásával a két Kelenföld – Keleti vonalon kb. 10-12, illetve 26 vonat közlekedne. Ez utóbbi még mindig magasabb, mint a gyakorlatban, megbízhatóan leközlekedtethető vonatok száma. Ez az érték csökkenthető, például egyes vonatok Keleti helyett Nyugati felé történő közlekedtetésével, vagy a 150 sz. vonal HÉV hálózatba kötésével, ez azonban a hálózat utasforgalmi szempontú értékét csökkentené.

Látható tehát, hogy a belvárost átszelő, a távolsági és elővárosi vonatokat is kezelő vasúti tengely megvalósítása gyakorlatilag három kétvágányú vonal kiépítését jelentené a felszín alatt, a városközpontban egy szintén felszín alatti legalább 8 vágányos állomással. Ennek megvalósítása belátható időn belül nem reális, és építészetileg vélhetően nem is lehetséges.

3.3 Új, átmenő központi pályaudvar a városközpont mellett

Mivel a városközpontot átszelve nem reális egy, a teljes forgalmat ellátó vasúti tengelyt létrehozni, ezért célszerű megvizsgálni, hogy milyen lehetőségek merülnek fel a jelenlegi vasútvonalak, illetve azok nyomvonalának a felhasználásával, továbbá azokon hol van lehetőség egy központi pályaudvar létesítésére.

A budapesti vasúthálózat adottsága és a területi beépítettség alapján a fő vasúti tengely megvalósítására kizárólag a Kelenföld – Ferencváros (Népliget) vonalszakasz, vagy Kőbánya térsége volna megfelelő. Mindkét lehetséges helyszín viszonylag távol helyezkedik el a városközponttól (a Nagykörúttól 1,5 és 4 km), így a jelenlegi, fejpályaudvar irányú vonatok az útvonal módosulás hatására kedvezőtlenebb kapcsolatot nyújtanának a legtöbb utasnak. A tengelyen áthaladó vonatok száma megegyezik a 3.2.4. pontban szereplővel (óránként 52 pár vonat), ennek megfelelően csak a személyszállító vonatok számára három kétvágányú pályára volna szükség. Tovább nehezíti a megvalósítást, hogy a fővárost érintő teherforgalom is ezen az útvonalon bonyolódik le, mely tovább növeli az infrastruktúra-igényt, ezáltal a vasút térigényét. Kialakítástól függően a Kelenföld – Ferencváros szakaszon, amely magába foglalja a

Duna keresztezését is, 6-8 vágányra volna szükség, mely a beépítettséget és a költségigényt figyelembe véve nem reális.

3.4 Központi fejpályaudvar és átmenő elővárosi vonal

A külföldi példáknál láthattuk, hogy a belvárost átszelő, újépítésű vasútvonallal rendelkező nagyvárosok esetében jellemzően csak az elővárosi forgalom, vagy annak is csak egy része használja ezt a tengelyt. A távolsági forgalom többnyire a központi pályaudvar szerepét betöltő fejpályaudvaron fordul, melyet általában a várost átszelő tengely is érint. Ez az olyan városokra (pl. Frankfurt, Lipcse, München, Zürichben, Milánó) is jellemző, ahol jóval nagyobb az áthaladó távolsági utasforgalom, mint Budapesten. Felmerülhet tehát, hogy Budapesten is a városközpontot átszelő tengelyen csak az elővárosi forgalom, vagy annak egy része haladjon át, míg a távolsági forgalom egy fejpályaudvaron forduljon.

A korábban leírtaknak megfelelően a belvárost átszelő tengelynek Kelenföld és a Nyugati között célszerű kiépülnie, hiszen csak így biztosítható minden vonalcsoportról az elérhetősége. Amennyiben a távolsági vonatok a Nyugati pályaudvaron tudnának fordulni, úgy az központi pályaudvarnak lenne tekinthető. A távolsági forgalom egésze és az elővárosi egy része számára fejpályaudvarként szolgálna, az elővárosi forgalom másik része számára pedig átmenő pályaudvarként. Ezzel a megoldással az 1.3 fejezetben ismertetett hálózati struktúra jönne létre. A központi pályaudvaron minden vonalról és vonattípusról minden vonalra és vonattípusra át lehetne szállni, az elővárosi forgalom nagy része pedig a belvároson át haladna, ezzel oda közvetlen eljutás volna biztosított.

Ez a hálózat azt is jelenti, hogy a távolsági vonatok minden vonalról a Nyugati pályaudvarra közlekednek. Kelet-Magyarország felől ez megoldható, hiszen a dél-keleti vonalcsoportról jelenleg is oda járnak a vonatok, a keleti vonalcsoportról pedig a királyvágány mentén megoldható az eljutás, viszont a Dunántúl felől a megfelelő kapcsolat kiépítése (dedikált vágányok, műtárgyak) esetén is jelentős kerülőút volna a Nyugatiba való eljutás.

A Nyugati pályaudvar tehát nem tudja betölteni a távolsági forgalomban a kiemelt szerepet, ezáltal központi pályaudvarrá sem fejleszthető.

3.5 Kiemelt fejpályaudvar és átmenő elővárosi vonal

Amennyiben valódi központi pályaudvar létrehozása, melyet minden vonat érint, nem lehetséges, célszerű megvizsgálni, hogy a távolsági forgalom számára milyen alternatíva merül fel. A Keleti pályaudvar jelenleg is betölt egyfajta kiemelt szerepet. A Dunántúl felől és a keleti vonalcsoportról jelenleg is megközelíthető, a dél-keleti vonalcsoportról pedig közelebb is volna, mint a Nyugati pályaudvar, ráadásul a megfelelő kapcsolat kiépítése a város külső részén viszonylag könnyedén megvalósítható. [2] További előny, hogy a fejpályaudvar műszaki állapota jelenleg is elfogadható, megfelelő vágánykapcsolatok és biztosítóberendezés működik, így felújítása, fejlesztése kevésbé sürgős, mint a másik két fejpályaudvaré. Városi közlekedési kapcsolatai kedvezőek.

Megvalósíthatónak tűnik tehát egy olyan hálózat, amelyben a távolsági forgalom a Keleti pályaudvaron fordul, az elővárosi közlekedés egy része pedig a belvárost átszelő Kelenföld – Nyugati tengelyen bonyolódik, másik része pedig a Nyugati pályaudvaron fordul. Ennél a hálózatnál külön-külön az elővárosi és a távolsági forgalomban is megvalósul a minden vonat közötti átszállási lehetőség. A Dunántúl felől érkező távolsági vonatokról Kelenföldön adódik átszállási lehetőség az elővárosi vonatokra. A kelet-magyarországi távolsági és elővárosi forgalom között azonban egyes relációk egy átszállással – valódi központi pályaudvar hiányában – nem teljesíthetőek. Ezek egy része távlati fejlesztésekkel javítható, ilyen pl. a Hatvan – Miskolc irányú forgalomnak a Repülőtér felé történő bekötése. [2]

A belvárost átszelő tengely kapacitása nem teszi lehetővé, hogy minden (keleti irányból érkező) elővárosi vonat azon közlekedjen, ezért azok számára alternatív végállomás vagy útirány szükséges. Mivel a városközpontot az azt átszelő vonal mellett a fejpályaudvarok közelítik meg a leginkább, így az átmenő vonalról kiszoruló vonatok számára a Nyugati vagy a Keleti pályaudvar lehet optimális célpont. Utasforgalmi szempontból a Nyugati mellett szól, hogy azt így minden elővárosi vonat érintené, ezzel teljes körű átszállási kapcsolat jönne létre az elővárosi vonatok esetében. A Nyugati pályaudvar területén az átmenő vonal felszín alatti vágányai mellett a felszínen is maradnának vágányok, azonban a jelenleginél kevesebb is elegendő volna, így azok területigénye is kisebb volna.

3.6 A kiválasztott változat részletes elemzése

A reálisan megvalósítható, az utasforgalmi szempontokat a lehető legnagyobb mértékben kielégítő változat tehát a 3.5 fejezetben bemutatott hálózat, miszerint Kelenföld és a Nyugati pályaudvar között egy új, a belvárost átszelő elővárosi vonal épül, a távolsági vonatok mindegyike a Keleti pályaudvarra közlekedik, és a Nyugati pályaudvar elővárosi fordítóállomásként is funkcionál. Ezen felül a belvárost elkerülő, összekötő vonalakon a külső városrészek közlekedési kapcsolatai is fejlesztésre kerülnek. Ebben a fejezetben a tervezett vonatforgalom akadálymentes lebonyolításához szükséges infrastruktúra-igény kerül meghatározásra. Ez egyben visszacsatolást is ad, hogy valóban reálisan megvalósítható-e a kiválasztott változat.

Az infrastruktúra tervezésének, illetve a vele szemben támasztott igények meghatározásának több módszere lehetséges. A menetrend alapú infrastruktúra-tervezés a leghatékonyabb, azonban alkalmazásához a jövőbeli személy- és áruszállítási igények előrebecslése, valamint (legalább) a személyvonatok pontos menetrendjének ismerete szükséges. Mivel a repülőtéri projektben érintett vonalszakaszok és állomások jelentős, összetett (távolsági, elővárosi, teher) és időben változó vonatforgalmat bonyolítanak le, továbbá a menetrend nehezen tervezhető, ezért a forgalmi szituáció alapján történő infrastruktúratervezés a megfelelő módszer. [3]

Budapest, illetve a vonal térségében a jövőben még számos vasúti fejlesztés várható, melyek kihatással lesznek a jelen projekthez kapcsolódó infrastruktúra-igényre is, így a tervezéskor azok várható hatását vizsgálni szükséges. A távlati igények egy részét már a repülőtéri projektben célszerű kielégíteni a jövőbeli problémák és a felmerülő többletköltség elkerülése végett, más részét a költségek csökkentése céljából csak figyelembe kell venni, és előkészíteni. [3]

3.6.1 Kelenföld – Nyugati pályaudvar szakasz

A városközpontot átszelő új vasútvonal nyomvonala (Déli pályaudvar vagy Belváros érintése) a vonatok számát, illetve a csatlakozó pontok kialakítását nem befolyásolja, így ebből a szempontból irreleváns. Az eltérő hossz miatt a vonalvezetés kismértékű, kb. 1 perces menetidő-különbséget jelenthet, ennek azonban a vizsgálat e szintjén nincs jelentősége.

A vonalszakasz kétvágányú, jelentős részben a felszín alatt halad. A közbenső megálló(k) esetében szintén elegendő két vágány a homogén vonatforgalomnak (kizárólag elővárosi vonatok) köszönhetően. Kelenföldön a felszíni állomáshoz csatlakozik a vonal, a Nyugati pályaudvarnál azonban felszín alatti állomás szükséges. Mivel a dél-keleti és keleti, illetve az észak-keleti vonalcsoportok szempontjából elágazó állomásnak is minősül, így célszerű 4 vágányú állomást kialakítani. A kivitelezést segítheti, hogy az építkezés vasúti területen történhet.

A vasútvonalon 3 perces követés lehetséges, mely óránként (minden menetvonalat kihasználva) 20 pár vonatot jelent. Kelenföld irányából 14 elővárosi vonat lép be óránként a főváros hálózatára, míg a Nyugati pályaudvar felől lényegesen több, 38. Ez azt jelenti, hogy Kelenföld felől az összes, Nyugati pályaudvar felől azonban csak az elővárosi vonatok egy része, kb. 20 pár vonat közlekedhet a belvárosi pályán át. A 20 pár vonatból 14 pár összekötésre kerül egy menetrendi és férőhely-kapacitás szempontból megfelelő vonattal, 6 pár vonat pedig Kelenföldön visszafordul. 18 pár vonatnak továbbra is a Nyugati pályaudvaron kell fordulnia, vagy alternatív útirányon át kell közlekednie. Annak érdekében, hogy meghatározzuk, melyik vasútvonal vonatai ne közlekedjenek a városközpontot átszelő vasútvonalon, célszerű megvizsgálni, hogy melyik vasútvonalak esetében van a legkisebb hozzáadott értéke az átmenő jellegnek.

Az észak-keleti vonalcsoport esetében (10 pár vonat) egyértelmű a belvárosi tengely magas hozzáadott értéke, hiszen egyenes folytatása annak. Az észak-nyugati tengely már a budai oldalon, Aquincumban is kap a belváros felé kötöttpályás kapcsolatot (H5 HÉV, a jövőben M5 metró), majd Újpesten szintén (M3 metró), így esetében a belváros átszelése, sőt a Nyugati pályaudvar érintése is alacsonyabb hozzáadott értékkel bír. A keleti vonalcsoport számára a belváros gyors elérése a jövőbeni Törökőr megállóhelyről (M2 metró) és Zuglóból (a jövőben M4 metró) is megvalósítható, azonban a dél-budai kapcsolat vasúton nem teremthető meg. A dél-keleti vonalcsoport számára a belváros Kőbánya-Kispestről (M3 metró), Törökőr megállóhelyről (M2 metró) és Zuglóból (a jövőben M4 metró) is megvalósítható, továbbá a Kelenföld – Kőbánya-Kispest nagyvasúti viszonylattal Dél-Buda is gyorsan elérhető, így ebben itt tűnik a legalacsonyabb hozzáadott értékűnek a belvárosi tengely szerepe. Ugyanakkor ebből az irányból érkeznek 15 percenként a repülőteret is kiszolgáló vonatok, melyek esetében, még ha eljutási időben nem is ez a

legrövidebb, a közvetlen belvárosi kapcsolat fontos lehet. [2] Ennek következtében célszerű ezt a 4 pár vonatot, és ezen felül a keleti vonalcsoportról 6 pár vonatot a városközpontot átszelő vasútvonalon közlekedtetni. A többi vonatnak a Nyugati pályaudvaron megtartott, illetve korszerűen kialakított vágánycsoporton szükséges fordulnia.

3.6.2 Keleti pályaudvar

A Keleti pályaudvar a távolsági forgalom szempontjából központi pályaudvarnak tekinthető, ugyanis minden távolsági vonat érinti. Ez óránként kb. 18 pár vonat közlekedtetését jelenti, ebből 10 nyugat felől, 8 kelet felől érkezik. Az átszállásmentes eljutási lehetőségek megteremtése érdekében, a férőhely-kapacitás alakulásának függvényében egyes viszonylatok összeköthetőek. Az összekötés előnye nem csak a vidék-vidék kapcsolatok javulása, hanem így biztosítható a Dunántúl felől a repülőtér közvetlen elérése is. Mivel egy adott vasútvonalon közlekedő vonatok jellemzően 30 percenként közlekednek, így a pályaudvaron egyszerre a 18 pár vonatnak körülbelül a fele, illetve a kisebb aszimmetria miatt kb. 8-10 vonat fog megjelenni. A rendszer stabilitása érdekében ehhez kb. 12 vonatfogadó vágány szükséges, mely gyakorlatilag jelenleg is rendelkezésre áll. Kedvező adottságnak tekinthető, hogy a pályaudvar bevezető szakaszainak kialakítása napjainkban is lehetővé tenné az átlós, kelet-nyugat irányú vonatközlekedést, sőt ezek alkalmazása adott esetben kevesebb keresztező vágányutat eredményezne a vonatközlekedés lebonyolítása során. A pályaudvar vágányhálózatának egy lehetséges kialakítási módját a következő ábra mutatja.

Konklúzió

Egy nagyváros vasúti hálózata többféleképpen optimalizálható, azonban a városközpont minél kedvezőbb feltárásának célja általában markánsan megjelenik mindenhol. Ahol a városszerkezet és a vasúthálózat fejlődése azt eredményezte, hogy a vasút a központhoz közel tudott kerülni, ott komolyabb beruházás nélkül lehetséges megfelelő színvonalú szolgáltatást nyújtani, azonban számos városban ehhez jelentős mértékű beavatkozás, jellemzően felszín alatti vasútvonal kiépítése volt szükséges. Ezek a vonalak első sorban a városi, elővárosi forgalom számára épültek ki, és a távolsági forgalom, még jelentős mértékű átmenő utasforgalom esetén is, továbbra is egy belvároshoz közeli fejpályaudvarra koncentrálódik. Ennek utasforgalmi, vasútüzemi és finanszírozási okai is vannak. Az utasforgalmi igények kielégítését akadályozzák, korlátozzák a technikai lehetőségek, környezeti adottságok, a finanszírozási lehetőségek és az időtényező. Egy nagy horderejű hálózat-átalakítás évtizedekig is eltarthat, ezért célszerű több, önállóan is előnyökkel járó lépésekre bontani.

Budapesten is célszerű egy a városközpontot átszelő vasútvonal létesítése, mely az elővárosi forgalom egy részét (nyugat felől az egészét, kelet felől kb. a felét) tudja lebonyolítani. Ezzel egy attraktív szolgáltatás hozható létre, mely nagyban elősegítheti a fővárosba irányuló utazások vasútra terelését, ezzel a környezeti terhelések csökkentését, végső soron a város élhetőségét. A távolsági forgalom számára a Keleti pályaudvar funkcionálhat központi pályaudvarként. Itt az egyes járatok összekötése, illetve a kényelmes és gyors átszállási lehetőségek megteremtése valósítható meg. Az átlós távolsági járatok segítségével a repülőtér átszállásmentes elérése is létrejöhet.

A Kelenföld – Nyugati pályaudvar városközpontot átszelő vasúti tengely létrehozása jól illeszthető a jelenlegi hálózathoz is, hiszen a Déli és a Nyugati pályaudvar napjainkban is meghatározó fordítópontként funkcionál az elővárosi forgalom szempontjából. Hasonló a helyzet a Keleti pályaudvarral, amely napjainkban is kiemelt szerepkörrel bír a távolsági forgalomban. Ezeknek köszönhetően a célállapothoz szükséges beavatkozások lépésekre bontható, az egyes infrastruktúra-elemek kivitelezése azonnali előnyökkel, hasznokkal is járhat. Ez a megtérülés és a politikai-társadalmi támogatottság szempontjából is kedvező.

Irodalomjegyzék

[1] TRENECON Kft.; FŐMTERV Zrt.; KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.: Budapest Vasúti Stratégia (BVS) – Első szakcikk
[2] Tumik Péter: Nächster Halt/Next stop: Budapest Airport, Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2018.

[3] Tumik Péter: Innovatív megoldások a hatékony, utas- és üzemeltetés-barát vasúti infrastruktúra tervezéséhez, a „Rákos-Hatvan projekt” példáján keresztül, Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2017.

A vasúti árufuvarozás jövőbeni kilátásai és a szolgáltatásfejlesztés lehetőségei

Bucsky Péter[1] - Dr. Farkas Gyula[2]

[1]Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajztudományi Doktori Iskola / Rail Cargo Hungaria Zrt.
e-mail: peter.bucsky@railcargo.com

[2]Rail Cargo Hungaria Zrt.
e-mail: gyula.farkas@railcargo.com

Kivonat: A hazai vasúti árufuvarozás 2012-2018 közti trendjei alapján az látható, hogy Magyarországon az európai átlagnál magasabb a vasúti árufuvarozás jelentősége. A cikkben bemutatásra kerül, hogy az egyes vasúti árufuvarozási termékcsoportok iránti igények várhatóan hogyan alakulnak jövőre vonatkozóan. Az egyes kocsi, irányvonat és kombinált forgalmak jövőbeni kilátásai alapján meg lehet határozni, hogy a vasúti árufuvarozás várhatóan milyen fejlődési irányokat vesz Magyarországon. A vasúti áruforgalom iránti igény nem csak a mennyiségek várható változása alapján kerülnek bemutatásra, hanem az átalakuló ügyféligények szempontjából is. A vasúti árufuvarozás szempontjából a közeljövőben új elvárások jelennek meg, a költségek mellett egyre fontosabb szerepet kapnak a fuvarozás minőségi mutatói, a logisztikai szolgáltatások. A szolgáltatási színvonalat nagymértékben meghatározzak a pályahálózat fejlesztések, az elérhető terminálok, ezek kapacitása és szolgáltatási színvonala, illetve a közforgalmú rakodóhelyek használatának lehetőségei és költségei. Kiemelt területnek számít a digitalizáció, amely lehetőséget nyújt a vasúti árufuvarozás hatékonyságának növelésére, az ügyfelek számára nagyobb hozzáadott értékű szolgáltatások biztosítására, az információáramlás automatizálására és gyorsítására. Mindezek hatására a környezetbarát vasúti árufuvarozás versenyképesebbé válhat más áruszállítási módokhoz képest a közeljövőben.

Kulcsszavak: vasút, árufuvarozás, szolgáltatások, trend, digitalizáció

Bevezetés

A vasúti árufuvarozás az 1990-es éveket követően a kelet-közép-európai térségben viszonylag kevés figyelmet kapott, a rendszerváltást követően a közúti áruszállítás gyors fejlődése mellett a vasúti árufuvarozás gyors visszaszorulását figyelhettük meg. Eközben az Európai Unió (EU) közlekedéspolitikája sem foglalkozott kiemelten a vasúti árufuvarozással. A 2000-es évektől kezdve azonban a vasúti közlekedés, így különösen a vasúti árufuvarozás nagyobb figyelmet kapott az európai és hazai közlekedéspolitikában, mivel ez kiemelten hatékony módja az üvegházhatású gázok és az egyéb, így például légszennyezés, zajkibocsátás csökkentésének. A tanulmány az európai vasúti árufuvarozás folyamatainak tükrében bemutatja, hogy a liberalizációt követően hogyan változott meg a magyar vasúti árufuvarozási piac, ennek hatására hogyan alakultak az egyes vasúti árufuvarozási termékcsoportok. Míg a vasúti árufuvarozási teljesítmény összességében nem változott jelentősen, a konténeres, egyes kocsi és irányvonati forgalmak összetétele a gazdasági szerkezet átalakulása és a szállítmányozói elvárások miatt ennél jelentősebb változásokat mutat.

1. A magyarországi vasúti árufuvarozási piac fontosabb jellemzőinek alakulása

A hazai vasúti árufuvarozási piac elemzését három megközelítésében is elvégezhetjük. Egyrészt az országos áruszállítási statisztikákat a KSH adatai alapján lehet vizsgálni. A vasúti infrastruktúrát üzemeltető társaságok ennél részletesebb adatokat is gyűjtenek, amelyek a folyamatok mélyebb megértését teszik lehetővé. Továbbá a vasúti árufuvarozási engedéllyel rendelkező vállalkozások pénzügyi adatainak elemzése.

1.1 A vasúti árufuvarozás főbb statisztikai trendjei

A magyarországi vasúti árufuvarozási teljesítmények adatait a KSH adataira alapozva az Eurostatnál pontosabb képet tudunk alkotni. A hazai áruszállítási teljesítmény 2012-t követően gyorsan növekedett, 2017-ig 3,6%-os volt az éves átlagos növekedési ütem. Ám 2018-ban ez a folyamat megállt, és 4,9%-os

visszaesés következett be. Az időszak egészében a vasúti árufuvarozás teljesítménye évi átlagosan 2,3%-kal növekedett, ami magasabb, mint a közúti áruszállítás 1,9%-os értéke. Ezzel Magyarország azon kevés EU országok egyike, ahol ha csak kis mértékben, de sikerült a vasúti árufuvarozás részesedését növelni (1. táblázat).

1. táblázat: Áruszállítási módok teljesítménye Magyarországon (2012-2018, árutonnakm)

Áruszállítási mód	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
Vasúti	9.230	9.722	10.158	10.010	10.528	11.345	10.581
Közúti	33.735	35.817	37.517	38.352	40.006	39.687	37.740
Vízi	1.982	1.924	1.811	1.824	1.975	1.992	1.608
Csővezetékes	5.802	5.694	5.801	5.305	5.850	7.430	7.589
Összesen	**50.749**	**53.157**	**55.287**	**55.491**	**58.359**	**60.454**	**57.518**
Vasút részaránya	*18,2%*	*18,3%*	*18,4%*	*18,0%*	*18,0%*	*18,8%*	*18,4%*

Forrás: KSH

A KSH adatok azonban azt is megmutatják, hogy minden szárazföldi közlekedési módot figyelembe véve alacsonyabb a vasúti árufuvarozás részesedése az áruszállítási munkamegosztásban, mint ahogy azt az Eurostat adatok mutatják.

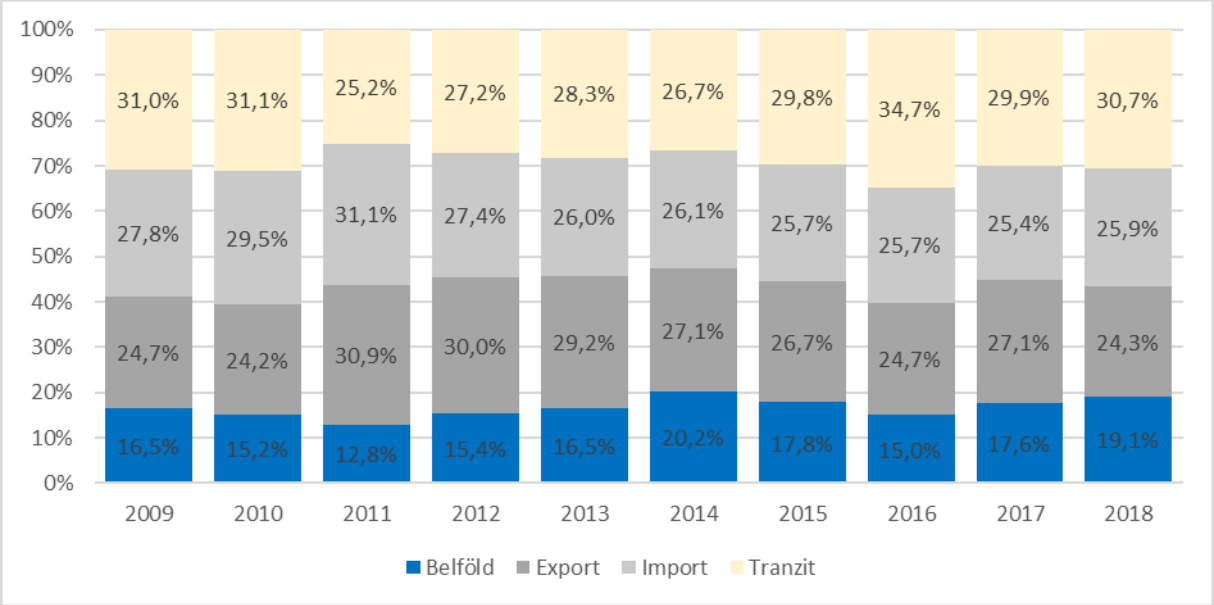
A vasúti áruforgalom növekedési üteme eltérő volt a belföldi és a nemzetközi forgalmak esetében (2. táblázat). A vasúti áruforgalom 80%-a nemzetközi. Az elmúlt évtizedben a belföldi vasúti áruforgalom 59%-kal növekedett, míg a nemzetközi forgalmak 34%-kal. Összességében is jelentősebben növekedett a belföldi áruszállítási teljesítmény (+19%), mint a nemzetközi (+14%), de így is a vasúti árufuvarozás KSH által regisztrált részesedése belföldön növekedett jelentősebben (+34%), mint a nemzetközi forgalmaknál (+18%).

2. táblázat: Áruszállítási módok teljesítménye Magyarországon (2012-2018, árutonnakm)

	Belföldi	**Nemzetközi**	**Vasúti áruforgalomból belföldi részesedése**	**Vasúti modal share**	
				Belföldi	**Nemzetközi**
2009	1.268	6.404	16,5%	8,8%	17,9%
2010	1.341	7.468	15,2%	9,8%	20,2%
2011	1.169	7.949	12,8%	9,1%	20,8%
2012	1.423	7.807	15,4%	11,5%	20,4%
2013	1.606	8.116	16,5%	12,8%	20,0%
2014	2.049	8.109	20,2%	15,1%	19,4%
2015	1.784	8.225	17,8%	12,9%	19,7%
2016	1.578	8.949	15,0%	10,4%	20,7%
2017	1.998	9.346	17,6%	12,4%	21,1%
2018	2.020	8.564	19,1%	11,7%	21,1%

Forrás: KSH adatok alapján saját számítás

A vasúti áruforgalom összetételén belül a nemzetközi forgalmakat vizsgálva az látható, hogy az egyes években bár jelentősebb változások láthatók. Az import forgalmak növekedése volt a leglassabb (+29%), jelentősen elmaradva az export (+36%) és tranzit forgalmak növekedésétől (+37%). Érdemes azt is kiemelni, hogy a tranzitfogalmak növekedése is elmarad a belföldi forgalmakétól (1. ábra).

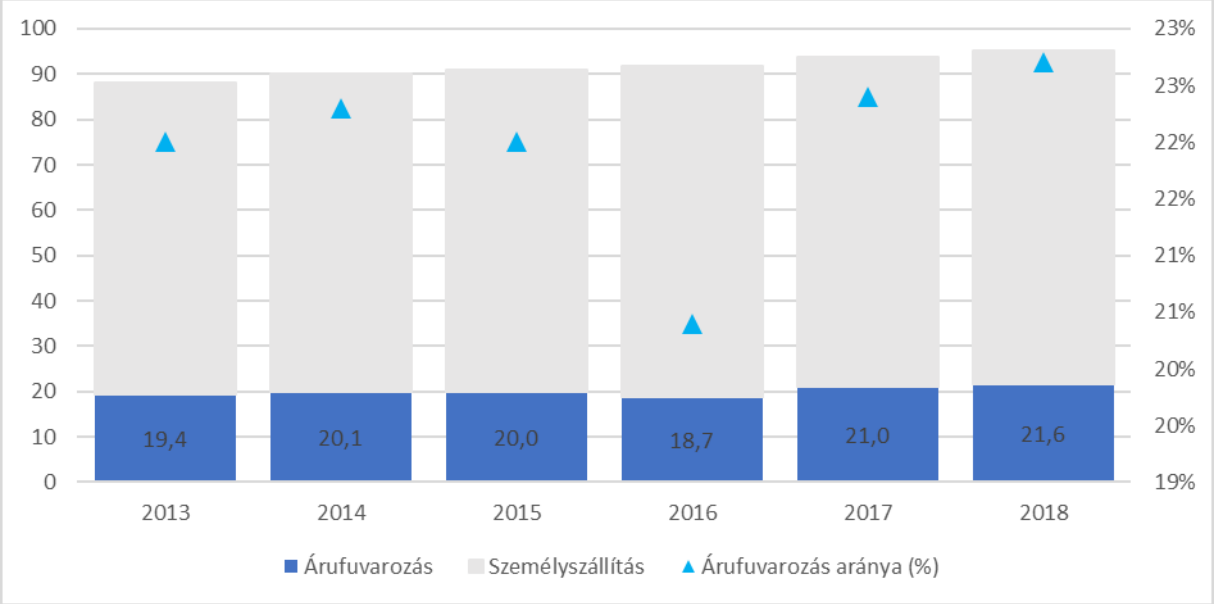


1. ábra: A vasúti árufuvarozási a forgalom irányultsága szerint Magyarországon (árutonnakm alapon)

Forrás: KSH adatok alapján saját számítás

1.2 A hazai vasúti pályahálózat forgalmi adatai

Magyarországon két vállalat működtetett országos nyílt hozzáférésű vasúti pályahálózatot (MÁV Zrt., GYSEV Zrt.). A pályahálózat-működtetők által nyújtott szolgáltatásokért, az infrastruktúra igénybevételéért hálózat-hozzáférési díjat (HHD) fizetnek az azt igénybevevő vállalkozó vasúti társaságok. A MÁV Zrt. HHD bevételeinek több mint ötöde az árufuvarozásból származik, ezért jelentős szerepe van a társaság gazdálkodásában. Az elmúlt időszakban az árufuvarozásból származó díjbevétel összességében enyhe növekedést mutat (2. ábra).



2. ábra: A MÁV Zrt. hálózat-hozzáférési díjbevételeinek alakulása (milliárd forint, 2013-2018)

Forrás: MÁV Zrt.

A vasúti pályakapacitás-elosztó szervezet által közzétett tehervonati közlekedést leíró naturáliák alapján azt lehet megállapítani, hogy az elmúlt három menetrendi évben csökkent a tehervonatok száma és a bruttótonnakm-ben mért teljesítménye is. Az elszállított árumennyiség azonban ettől eltér, növekedést mutat, ami alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a vasúti társaságok hatékonyabban működnek, kevesebb üresfutás mellett és/vagy könnyebb és ezáltal takarékosabb gördülőállománnyal működtek (3. táblázat). A tehervonatok összetétele azt mutatja, hogy egyre nagyobb a nemzetközi, európai

korridorokon közlekedő tehervonatoknak, ezek száma közel kétszeresére nőtt három év alatt. Ezen vonatok alapvetően az intermodális (elsősorban konténeres) forgalmakban töltenek be kiemelt szerepet. Csökkent viszont az Ukrajna irányából érkező forgalom, ami még így is az összes árumennyiség közel 7,5 százalékát adta.

3. táblázat: Tehervonatok teljesítményeinek alakulása (menetrendi évenként)

	Milliárd bruttótonnakm				Tehervonat darab			
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	Változás	2016/2017	2017/2018	2018/2019	Változás
Összes tehervonat	**29,6**	**30,6**	**29,0**	**-2,0%**	**319.066**	**305.799**	**291.537**	**-8,6%**
Általános tehervonat	24,5	24,4	22,7	-7,3%	112.338	114.743	113.405	0,9%
Korridor vonat	1,2	2,6	3,4	183,3%	1.831	4.141	5.416	195,8%
Záhonyi tehervonat	2,7	2,4	2,2	-18,5%	4.639	4.676	4.388	-5,4%
Egyes kocsi forgalom	0,7	0,6	0,4	-42,9%	43.384	43.269	38.845	-10,5%

Forrás: VPE

A fenti táblázat adatai az egyes kocsi forgalmak jelentős visszaesését mutatják. Bár az e forgalmat lebonyolító tehervonatok száma „csak” 10,5%-kal csökkent ebben a kategóriában az elmúlt három évben, a bruttótonnakm-ben mért teljesítmény közel felére esett vissza.

A tehervonatok eljutási sebesség növekedett, a 2018/2019-es menetrendi évben már 29,1 km/h volt (4. táblázat). A hatékonyság javulását mutatja emellett, hogy növekedett a tehervonatok átlagos kiterheltsége is 3%-kal, illetve csökkenő vonatkm mellett sikerült több árut szállítani.

4. táblázat: A tehervonatok teljesítménymutatói a magyar vasúthálózaton

	2016/2017	2017/2018	2018/2019	Változás
Eljutási sebesség (km/h)	25,9	28,7	29,1	12%
Átlagos távolság (km)	129	130	124	-4%
Vonatkm (millió)	27,6	27,6	26,2	-5%
Vonatok átlagos tömege (bruttó tonna)	1.072	1.109	1.107	3%

Forrás: VPE

Az árufuvarozási tevékenység mindig is fontos mutatója volt a forgalom termékcsoport kategóriánkénti (egyes szakanyagok szóhasználatában: relációnkénti) megoszlása. Ez alatt a belföldi, export irányú, import irányú és a tranzit, azaz átmenő forgalmat kell érteni. A relációs megoszlásnak a makrogazdaság külkereskedelmi szempontú kapcsolatán kívül fontos árufuvarozási kereskedelmi vonatkozásai vannak: más az árajánlatkészítés módszere és eredménye is az egyes típusok esetén. Érdekes körülmény, hogy a pályahálózat-működtetők által nyújtott szolgáltatások önálló megjelenése (Magyarország 2004-es EU csatlakozása) után már pályahálózat-működtetői szempontból is elemezhető a relációs megoszlás.

Árufuvarozási szempontból az a küldemény számít exportnak, amely feladási állomása belföldi árufuvarozásra megnyitott állomás, rendeltetési állomása pedig Magyarországon kívüli állomás, függetlenül attól, hogy milyen viszonylatú menetvonalakban kerül továbbításra a küldemény (előfordulhat, hogy több belföldi viszonylatú menetvonal előzi meg a nemzetközi tehervonatba való besorozást).

Pályahálózat-működtetői szempontból a menetvonalak végződéseit tekinthetjük ugyanezen elemzés tárgyának: export forgalomnak a belföldről induló, és határpontban végződő vonatok számítanak. Az egyes kiemelt forgalomtípusok esetén vállalkozó vasúti társasági relációkat foglalja össze az 5. táblázat.

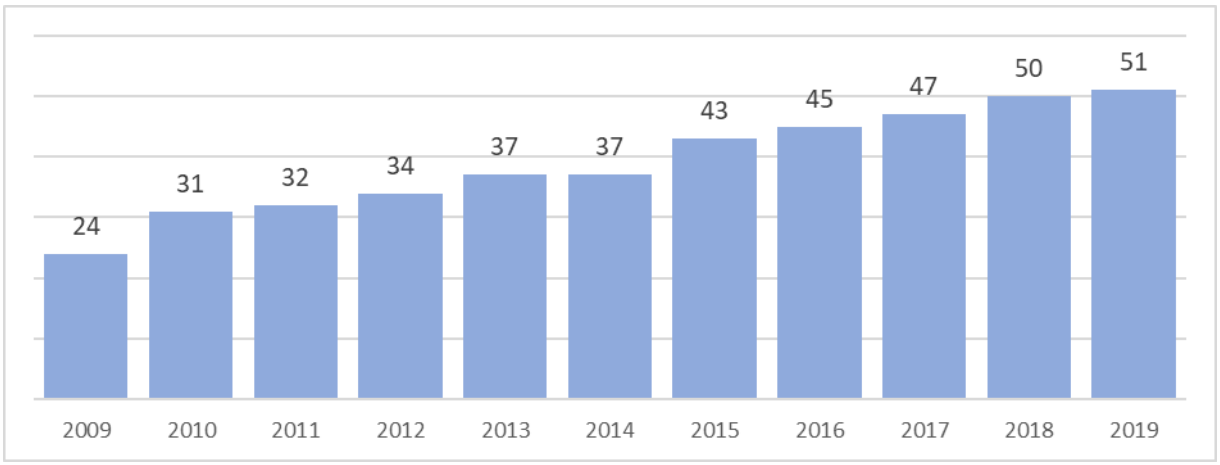
5. táblázat: Az egyes vasúti áruforgalmak termékcsoportonkénti és forgalmi irányok szerinti megoszlása (árutonnakm, 2018)

Termékcsoport	Termékcsoport / forgalmi irány kategória			
	Export	Import	Tranzit	Belföldi
Egyes kocsi forgalom	34%	36%	nem értelmezett	30%
Irányvonati forgalom	83%			17%
Kombinált forgalom	52%		48%	0%

Forrás: KSH adatok és saját gyűjtés

1.3 Az árufuvarozó vasúti társaságok pénzügyi adatai

A magyarországi vasúti árufuvarozási piac európai összehasonlításban is jelentős verseny van. A vasúti társaságok száma dinamikusan bővült az elmúlt években (3. ábra). Az Innovációs és Technológiai Minisztérium Közlekedési Hatósága nyilvántartása alapján jelenleg 35 országos árutovábbítási engedéllyel rendelkező vállalkozás van hazánkban [1]. Ezen kívül 12 darab más Európai Gazdasági Térség tagállamban bejegyzett vasúti társaság rendelkezik magyarországi árutovábbítási engedéllyel. A 3. ábrán látható, hogyan emelkedett a működési engedéllyel rendelkező vasúti társaságok száma, amely a személyszállítással foglalkozó vállalkozásokat is tartalmazza.



3. ábra: A magyarországi működési engedéllyel rendelkező vasúti társaságok száma

Forrás: saját szerkesztés MÁV Zrt. adatok alapján

Az árutovábbítási engedéllyel rendelkező vállalatok többségének azonban nem ez a főtevékenysége, hanem például a vasútépítő vállalkozások saját fuvarozási feladatokat látnak el, illetve személyszállító vasútként belső árufuvarozással is foglalkoznak. A továbbiakban ezért a 15 legnagyobb, vasúti árufuvarozással főtevékenységként foglalkozó vállalat 2013-2018 közötti pénzügyi adatait elemezzük.

A vállalkozások összesített árbevétele 2018-ban közel 138 milliárd forintot tett ki (6. táblázat).[1] A KSH adatai szerint a szállítás és raktározás nemzetgazdaság ág ekkor 2 ezer milliárd forintot termelt. Az árufuvarozó vasúti társaságok bruttó hozzáadott értéke, a pénzügyi beszámolókból is kiszámítható, ennek összege 2018-ban 25 milliárd forint volt. A vállalatok közvetlenül 3418 főt foglalkoztattak, ami az elmúlt években folyamatosan növekedett. A szektor azonban jóval több munkahely fenntartását segíti elő, hiszen a pályahálózat-működtetők által nyújtott szolgáltatások, a MÁV-Start Zrt. által biztosított tolatási és vontatási feladatok, illetve a járműjavítás területén még legalább ennyi munkahely van.

[1] Az adatok nem konszolidáltak, így az egymásnak nyújtott szolgáltatásokat duplikálva is tartalmazhatja.

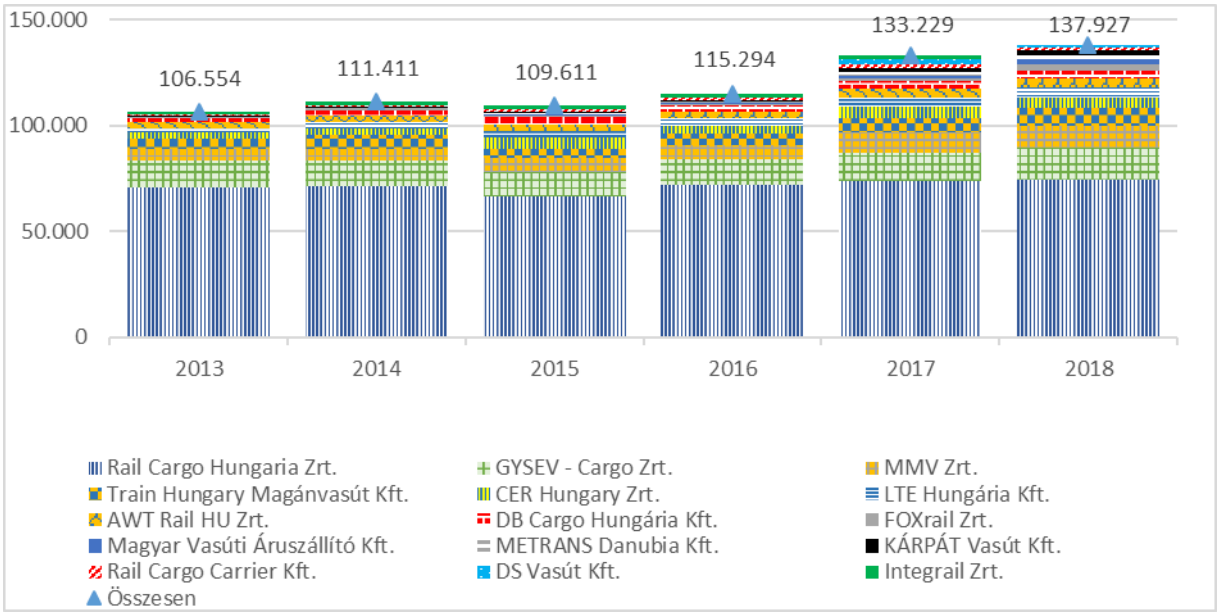
6. táblázat: A jelentősebb árufuvarozó vasúti társaságok főbb pénzügyi adatai (milliárd forint)

Mutató	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Éves átlagos növekedés, %
Árbevétel	106.554	111.411	109.700	116.162	133.508	137.927	5,3%
Üzemi/üzleti eredmény	3.519	2.476	3.501	1.279	–152	322	-38,0%
Adózott eredmény	2.254	2.246	2.818	–2.055	–171	-371	-
Létszám, fő	2.987	3.008	3.081	3.067	3.154	3.418	2,7%

Forrás: saját számítás a vasúti társaságok pénzügyi beszámolói alapján

A hazai árufuvarozó vasúti társaságok árbevétele 2013 és 2018 között évente átlagosan 5,3%-kal növekedett, miközben – a KSH nyilvántartása szerint – évi 3,9%-kal bővült az árutonna-kilométer teljesítmény. Ezek alapján feltételezhetnénk, hogy a társaságok magasabb árbevétele egyben magasabb jövedelmezőséget is jelentett, de összesített üzemi eredményük jelentősen csökkent, adózott eredményük 2016-ra, üzemi eredményük 2017-re negatívba fordult. Bár 2018-ra az üzemi eredmény ismét pozitív lett, az adózott eredmény ismét jelentős negatív összeget mutat. A vizsgált időszakban a teljes szektor adófizetés előtti árbevétel arányos nyereségi rátája csupán 1,0% volt. Ez az alacsony jövedelmezőségi ráta jelentős nehézséget okoz a fejlesztések és beruházások finanszírozása kapcsán.

Az árbevétel 2013 óta tartó növekedésében a magánvasúti szereplők játszottak meghatározó szerepet (4. ábra). A vasúti árufuvarozó társaságok árbevételében 2013 és 2018 között a magánvasutak irányába történt átrendeződés az inkumbens vasúti társaságok felől (utóbbiakon a piacnyitást megelőzően működő vasúti társaságokat értve, Magyarország esetében a MÁV Cargo jogutódaként létrejött Rail Cargo Hungaria Zrt.-t és a GYSEV Cargo Zrt.-t). Míg az inkumbens vasúti társaságok árbevétele 2013-ban a vasúti árufuvarozási piac összárbevételének 78,3%-át tette ki, addig részesedésük 2017-re 65,4%-ra esett vissza, 2018-ra már alig változott (65,0% volt ez az arány). A vizsgált időszakban a magánvasutak árbevétele 209%-kal nőtt, az inkumbens vasúti társaságoké 107%-kal.



4. ábra: Az árbevétel megoszlása a Magyarországon bejegyzett árutovábbítási működési engedéllyel rendelkező vasúti társaságok között

Forrás: saját számítás a vasúti társaságok pénzügyi beszámolói alapján

A vasúti árufuvarozási piacon a vasúti társaságok összességében 2013-ban 3,2%-os üzemi nyereséget értek el, ezen belül az inkumbens vasúti társaságok 2,3%-ot, a magánvasúti társaságok 6,7%-ot. 2018-re ez a mutató összességében 0,2%-ra csökkent, az inkumbens vasúti társaságok esetében 1,3%-os volt az üzemi veszteség. A magánvasutak esetében is visszaesett a jövedelmezőség (a 2017. évi 4,9% eredmény 2018-ra 3,7%-ra csökkent).

2. A vasúti árufuvarozás szegmensei (termékcsoportjai)

A vasúti árufuvarozás fő szegmensei (termékcsoportjai) a konvencionális (hagyományos) egyes kocsi és irányvonati továbbítás, valamint az intermodális forgalom, amelynek fontosabb jellemzőit mutatja be az 7. táblázat.

7. táblázat: A vasúti árufuvarozás három szegmense és jellemzőik

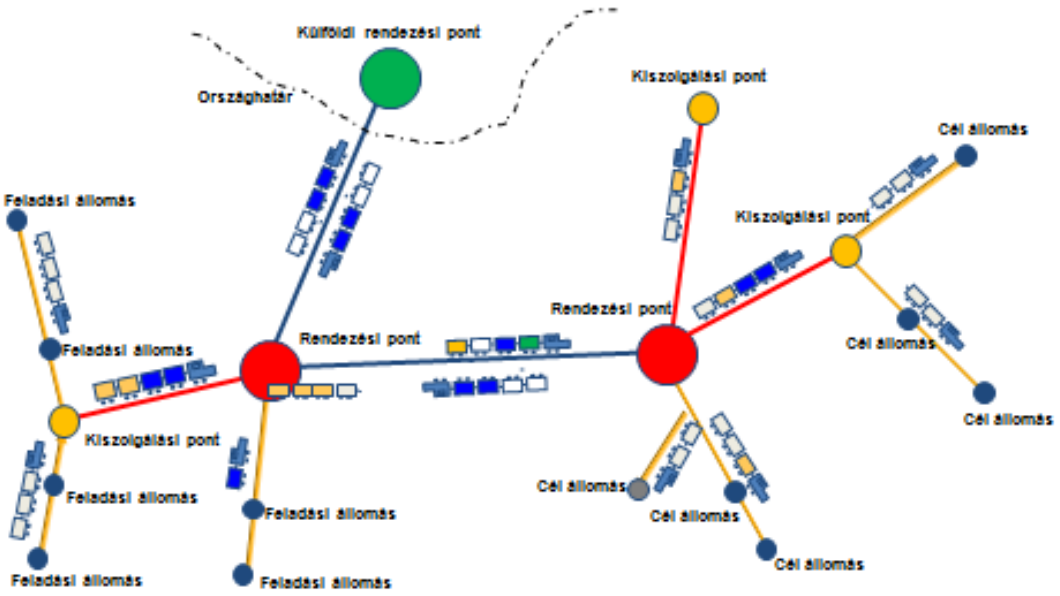
Konvencionális egyes kocsi	• Félkész és kész termékek, különleges küldemények • Fő versenytárs: közút
Konvencionális irányvonat	• Többnyire ömlesztett áruk • Fő versenytárs: belföldi uszály • Új belépők támadási pontja
Intermodális forgalom	• Jellemzően késztermékek konténerben • Fő versenytárs: közút • Kamionok speciális szállítási lehetőségei (Ro-La, daruzható félpótkocsi)

Forrás: saját szerkesztés

2.1 Az egyes kocsi forgalom

A **konvencionális egyes kocsi forgalom** során a feladási és cél (rendeltetési) állomás között a küldemények rendezéssel képzett vonatokkal kerülnek továbbításra, az áru több vonatban, többszöri rendezéssel éri el a célállomását. E szolgáltatást jellemzően a korábbi nemzeti vasúti árufuvarozó társaságok végzik, magánvasutak nem vagy csak eseti jelleggel lépnek be erre a piacra, mert a rendszer működése teljes hálózati lefedettséggel működtethető, összetett tervezést, szervezést és összehangolt lebonyolítást igényel, valamint fajlagosan magasabb költséggel üzemeltethető és rendkívül alacsony fedezetű.

Az egyes kocsi forgalom lényege, hogy az egyedileg feladott kocsikat a feladási állomásokról a kiszolgálási pontokra összegyűjtsük, onnan nagyobb kapacitással rendelkező rendezési pontokra továbbítsuk, és ott olyan vonatokba rendezzük, amely a következő rendezési pontig továbbítja őket. Végül az elegytovábbítási rendszer szempontjából utolsó rendezési pontról a kiszolgálási pontokra és onnan az adott egyedi kocsirakomány cél állomására kerül továbbításra az egyedileg feladott kocsi (5. ábra).



5. ábra: Egyes kocsi forgalom elvi ábrázolása

Forrás: [2]

A rendszert csak hálózatban gondolkodva lehet megfelelően üzemeltetni, hiszen egy-egy vonal mindkét végén (feladási-, rendeltetési állomásokon) az elegyeket összegyűjtő és átrendező állomásokon szükség van megfelelő mértékű rendezési kapacitásra. Ráadásul az egyedi kocsirakomány esetén a feladási állomások általában nem egy vasútvonalon fekszenek.

2.2 Az irányvonati forgalom

A **konvencionális irányvonatok** közlekedését a pont-pont közti mozgás jellemzi, a vonat útvonalán nem változik meg a vonat összetétele. A feladási és célállomás között az áru megbontás nélkül egy egységben (zárt vonat) kerül továbbításra, nincs útközben kocsi rendezés és elegymódosítás. Az egy egységben történő továbbítás oka lehet a vonat maximális terhelése, az áru speciális összetétele, eljutási sebessége, kombinált fuvarozási egység továbbítása, ügyfél kérése, speciális kocsikból összeállított szerelvény kialakítása. Az árufuvarozó vasúti társaságok közötti valódi piaci verseny e szegmensben érzékelhető.

A vasúti árufuvarozás méretgazdaságossági előnyei az irányvonati forgalomban használhatók ki a legnagyobb mértékben. Ezért a vasúti társaságok évtizedek óta igyekeznek a forgalmukat úgy szervezni, hogy az minél inkább egy nagy tömegben megmozgatott, lehetőleg minél hosszabb szakaszon minél nagyobb vonatokra optimalizáló rendszert alkosson. Az irányvonatok ezen optimumra való törekvés technológiai eszközei, így azon esetekben is irányvonati rendszerben célszerű közlekedtetni a vasúti kocsikat, amikor egyes kocsi forgalomban kiszolgált küldeményekről van szó. Ilyenkor az irányvonatok a gyűjtő–terítő járatok közötti hosszabb útszakasz megtételében lehetnek a fuvarozó vasúti társaság segítségére.

Az irányvonati forgalom árufuvarozási és üzemgazdaságossági sajátosságai közül kiemelkedik a csekély élőmunka igény. Akár rakodással képzett, akár rendezéssel képzett irányvonatról van szó, amikor összeállt az irányvonat, egy (vagy több) vontatójármű segítségével viszonylagosan nagy távolságra, jellemzően minimálisan 180-200 km-re továbbítják a küldeményeket. A továbbítás alatt a vonatok összetétele nem változik, tolatási mozgásra nincs szükség. Zavartalan forgalmi körülmények között az állomási forgalomirányítási tevékenység is minimális. További előny, hogy homogén gördülőállománnyal lehet ezeket a vonatokat üzemeltetni, a vonat megbontására csak javítások esetén van szükség.

A technológiai egyszerűség mellett szervezési területen is viszonylagosan kis munkaráfordítást igényel, ugyanakkor a közúttal is versenyképes szolgáltatást biztosítanak az irányvonatok. Magyarországon és Európa országaiban a vonatok többségét a személyszállító vonatok teszik ki. Ezek általában a pályára megengedett maximális sebességgel (vagy ahhoz közelítő sebességgel, Magyarországon 80-120 km/óra sebességgel) közlekednek. Az irányvonatok jellemző közlekedési sebessége (100 km/óra) menetrendi szempontból és forgalomirányítási, forgalomszabályozási szempontból egyaránt jól illeszkedik ehhez, ezáltal jól kihasználhatók a pályakapacitások.

2.3 Az intermodális forgalom

Az **intermodális forgalom** (kísért Ro-La, vagy kíséretlen intermodális szállítási egység (konténer, félpótkocsi, csereszekrény)) lebonyolítása jellemzően irányvonatokban (80%) történik, de amennyiben nem éri el a teljes vonatkiterhelést a feladni kívánt intermodális szállítási egység, úgy szórt forgalomban is továbbítják (20%). Közepes illetve nagy fuvarozási távolság esetén hatékony, ugyanis adott idő alatt nagy mennyiségű áru továbbítható, specialitásából adódóan főként kikötő–terminál, terminál–terminál közötti forgalmat bonyolítanak és tranzitidő érzékenyek.

A kombinált szállítási rendszerek feladata elsősorban a különböző közlekedési ágazatok közötti magas szintű együttműködés megvalósítása: olyan szállítási láncok kialakítása, amelyek lehetőséget biztosítanak az egyes közlekedési ágazatok előnyös tulajdonságainak egy rendszeren belüli kihasználására. A kombinált fuvarozás olyan intermodális szállítás, amelynek során a fuvarozási távolság túlnyomó részét vasúttal, belvízi hajózással vagy rövid tengeri hajózással bonyolítják le és a közúti el- és felfuvarozási távolság a lehető legkisebb. A különböző közlekedési alrendszerek hordozó járművei között csak az árut tartalmazó intermodális szállítási egység kerül átrakásra; az áru a feladótól a címzettig egy és ugyanazon konténerben vagy közúti járműben marad.

Kombinált árufuvarozás során az áru egy fuvarozási szerződés keretében, több fuvarozási ág szolgáltatásainak igénybevételével történik, amelynek során az áru a feladástól az átvevőnek történő kiszolgáltatásig ugyanabban fuvareszközben marad. A szállítási távolság nagyobb részét környezetbarát vízi vagy vasúti szállítóeszközön teszi meg, az elő- és utófuvarozás rövidebb szakaszai pedig közúti járművel történnek.

3. A vasúti árufuvarozás jövőbeni kilátásai

A következő alfejezetekben a hazai vasúti áruforgalom jövőbeni fejlődési lehetőségeit az egyes vasúti árunemenként megosztva kerül bemutatásra.

3.1 Egyes kocsi forgalom

A vasúti áruforgalom Magyarországon számos olyan árunemet érint, amelyek fuvarozásában az egyes kocsi forgalomnak kitüntetett szerepe van. A vasút feladata a mezőgazdasági termékek fuvarozásában európai összehasonlításban is magas. Emellett a fa és fatermékek fuvarozásában is kiemelt szerepe van az egyedi kocsirakományú forgalmaknak. A vegyipari termékek is jellemzően egyes kocsi forgalomban szállíthatók, mivel ezek egyszeri feladási mennyisége nem elegendő az irányvonati forgalmakhoz.

Az egyes kocsi (egyedi kocsirakományú) forgalommal kapcsolatban nehézség, hogy nem érhető el átfogó statisztika, kevés tudományos cikk, iparági elemzés foglalkozik ennek pontos meghatározásával. Az Európai Bizottság számára 2015-ben készült utoljára átfogó jelentés, ami csupán becsléseket tartalmazott azzal kapcsolatban, hogy a vasúti áruforgalom mekkora részét érinti ez a fuvarozási mód [3].

8. táblázat: Az egyes kocsi forgalom szerepe az európai országokban (2012)

Ország	Összes vasúti forgalom (mrd. árutonnakm)	Egyes kocsi forgalom (mrd. árutonnakm)	Egyes kocsi forgalom aránya (%)
Ausztria	15,7	6,3	40%
Belgium	5,1	1,5	28%
Svájc	12,4	2,8	23%
Csehország	11,4	4,7	41%
Németország	87,9	34,2	39%
Franciaország	24,3	4,9	20%
Olaszország	17,0	2,1	12%
Lengyelország	48,9	8,4	17%
Románia	8,2	1,6	20%
Svédország	21,2	5,4	26%
Szlovákia	7,6	1,7	22%
Szlovénia	3,2	1,2	36%
Egyesült Királyság	18,6	0,3	2%
Összesen	**281,6**	**75,0**	**27%**

Forrás: [4]

Ez alapján az látható, hogy a vizsgált európai országokban az egyes kocsi forgalom részaránya a teljes vasúti áruforgalomban betöltött 50%-os arányáról közel felére esett vissza 2004 és 2011 között (8. táblázat). A jelentés nem tartalmaz azonban Magyarországra vonatkozó adatokat, csupán 13 más országra. A legmagasabb aránnyal Németország és Csehország (megközelítőleg 40%), míg 30 és 40% közötti aránnyal pedig Ausztria és Szlovákia rendelkezett. 20 százalék feletti aránnyal rendelkezik Svédország és Belgium. A hazai adat vállalati információk szerint körülbelül 15-20 százalék.

Az egyes kocsi forgalom lebonyolításához szükségesek a rendezőpályaudvarok, ám ezek száma folyamatosan csökken Európában: az Európai Bizottság adatai szerint 2016-ban már csupán 452 rendezőpályaudvar volt Európában, ami közel 40 százalékos csökkenést jelent az elmúlt évtizedben [5]. Ráadásul a jelentés szerint további csökkenés várható, ami az egyes kocsi forgalom további csökkenését jelentheti. Fontos kiemelni, hogy amíg az irányvonatok már csak az elszállított árumennyiség miatt is nehezen kiválthatók közúti szállítással, és az így továbbított ömlesztett áruk közúton történő szállítása alapvetően nem költséghatékony, addig az egyes kocsi forgalom alapvetően a közúti áruszállítással versenyez. Ezen a területen pedig nem tudott a liberalizáció segítséget nyújtani: mivel a korábban jövedelmezőbb irányvonatok nyereségessége csökkent (nincs meg a vállalati belső keresztfinanszírozás lehetősége), egyre nehezebb feladat az egyes kocsi forgalom fenntartása. Ezért is egyre több európai állam döntött ennek támogatása mellett: Ausztria, Németország és Svájc [6].

Fontos kiemelni, hogy mivel a vasúti árufuvarozás 80%-a Magyarországon nemzetközi, és az egyes kocsi forgalom túlnyomó többsége is nemzetközi, a hazai fuvarpiaci környezet mellett e forgalom esetében az árufeladási és leadási partner országok szabályozási környezete és annak változása is kiemelten fontos. Mivel Magyarország legjelentősebb külkereskedelmi partnerei közül Németország és Ausztria is

kiemelten kezeli ezt a területet, ezen országok között a hazai közlekedéspolitikai feltételek javulása jelentősen hozzá tud járulni a versenyképesség növeléséhez, és ezáltal a közúti forgalom kiváltásának előmozdításához ezen relációkban.

Az egyes kocsi forgalom jövőbeni fejlődését a jellemzően ilyen módon szállított áruk fuvarozási igények befolyásolják. A gazdasági fejlődés és a gazdaság szerkezetének átalakulása növelni fogja az egyes kocsi forgalom iránti igényt a jövőben. Ennek oka, hogy gyakoribb, lehetőleg naponta induló vasúti kapcsolatra lesz szükség, ezt kívánják meg a just in time elven működő ellátási rendszerek.

3.2 Irányvonati forgalom

Az irányvonati forgalom volumenének növekedése egyrészt a közúttal való versenyhelyzet, másrészt az ország gazdasági növekedésének függvénye, bár azt is meg kell jegyezni, hogy a közút, mint versenytárs szerepe ebben az esetben viszonylagosan kisebb: a jellemzően irányvonati forgalomban fuvarozott áru nagy mennyisége miatt a közút a legritkább esetben tekinthető valós alternatívának. A jelenlegi 35-37 millió tonna/év irányvonati forgalom volumen növekedési üteme várhatóan tovább nő, főként az észak-adriai kikötőkből és Pireuszból Közép-Európába indított irányvonati forgalom nagyságát (9. táblázat).

9. táblázat: Az észak-adriai kikötőkből és Pireuszból a vonzáskörzetük felé induló heti irányvonatok száma (db/hét, 2018)

Ország	**Koper**	**Trieszt**	**Rijeka**	**Pireusz**
Ausztria	17	22	0	0
Magyarország	28	9	1	7
Németország	8	15	0	0
Szlovákia	25	2	0	1
Csehország	7	2	0	2
Lengyelország	2	0	0	0
Románia	1	0	0	0
Szerbia	2	0	5	2
Összesen	**90**	**50**	**6**	**12**

Forrás: saját gyűjtés

Az irányvonatok közlekedése olyan ügyfelek számára fontos, akik egy teljes vonatnyi áru rendszeres közlekedtetését tudják megrendelni. Ilyen forgalmak például a nehézipari nyersanyagok (szén és acél) mellett a mezőgazdasági export vagy a fémipari félkésztermékek. A vasúti liberalizáció hatására az irányvonatok elterjedése növekedett Európában, mivel ezek gyorsabb és pontosabb kiszolgálást tesznek lehetővé [7].

Az elkövetkező 5-7 évben jelentős fejlesztések és az ehhez kapcsolódó szállítási igények növelhetik a vasúti szektor teljesítményét. A tervek szerint Magyarországon közel 3000 milliárd forintot fordítanak közlekedési infrastruktúra fejlesztésére. A Paksi Atomerőmű bővítése vagy a Budapest-Belgrád vasútvonal építése is jelentős többlet forgalmakat generál (1-1,3 millió tonna) építőanyagok, ömlesztett anyagok esetében.

A logisztikai központok, ipari parkok, zalaegerszegi autóipari tesztpálya, stadionépítések is nagy építőanyag (kő, kavics, cement, hídelem) fuvarozási igénnyel járnak. A kavics ára mellett a közúti szállítás költsége is jelentősen emelkedett, ami azt jelenti, hogy egyre rövidebb távolságoknál is megjelenik vasúti fuvarozási igény, és ez nem várt mértékben növelheti a vasúton fuvarozott áru mennyiségét.

Az építőipar fejlődése és új építőipari vállalatok tevékenységbővülése 2020-tól akár évi 1 millió tonnás nagyságrendű új vasúti fuvarmegrendelést (alapanyag, fűtőanyag és többféle késztermék) is adhat.

Fentiek mellett az energiaszektor és vegyipar folyamatosan bővülése várható. Az Ózdi Acélművek termelése a jelenlegihez képest növekszik, amelyhez jelentős fémhulladék beszállítás kapcsolódik, továbbá az autógyárakból kikerülő növekvő hulladékmennyiség is többlet fuvarfeladatot generál. Magyarország adta 2018-ban az Európai Unió acéltermelésének 1,2%-át, és az iparágban a következő években is legalább 1-2%-os növekedést vár az európai Acélipari Szövetség [8]. Az ISD Dunaferr Zrt. a magyarországi acélgyártás legnagyobb cége, a termeléshez a vasérc és szén import alapvetően vasúton zajlik Záhony belépéssel Ukrajna irányából, illetve Gyékényes belépéssel a horvátországi bakari kikötőből. A készáru kiszállítás a V4 országokba, Ausztriába és Németországba jelentős részben szintén

vasúton történik, a termelés hatékonyságának fenntartásához és a növekedéséhez fontos a költséghatékony és megbízható vasúti árufuvarozás biztosítása.

A hazai autógyárak termelésnövekedése pl. az új BMW gyár 150 000-150 000 autó/év) egyrészt a vasúti készautó kiszállítás mellett az alapanyag-beszállítás volumenét is növeli, de emellett más járműipari beszállítások növekedése is várható. Az autógyárak magyarországi és alapvetően németországi központjaik között a pontos menetrend szerint közlekedő irányvonatok biztosítják a kapcsolatot, a költséghatékony és kiszámítható vasúti összeköttetés fontos versenyképességi tényező az autóipari beruházások kapcsán.

A mezőgazdaság területén az árualapot mindig az adott év termésátlaga és a tőzsdei árak határozza meg. A forgalmakat főként a nagyobb kereskedő cégek generálják és osztják meg a különböző vasúti társaságok között. Különböző mezőgazdasági feldolgozó üzemek (kukorica üzem) létesítése és gabonatároló kapacitások bővülése többlet vasúti forgalmat generálhat.

3.3 Intermodális forgalom

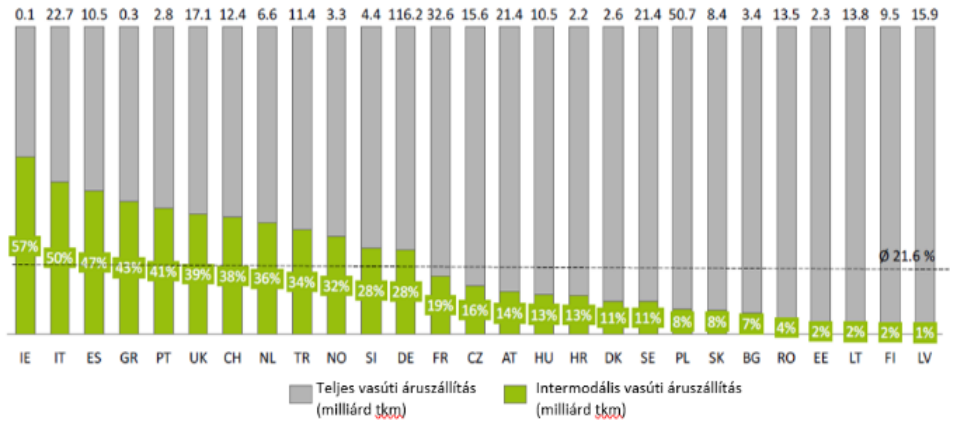
A vasúti árufuvarozási piac megnyitása megváltoztatta a vasúti árufuvarozás piaci szerkezetét. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a jogi feltételek megteremtésével újonnan alakult vasúti társaságoknak lehetőségük nyílt a piacra való belépésre. A piacnyitástól napjainkig jelentősen megváltozott a piac szerkezete. A Rail Cargo Hungaria (RCH), mint inkumbens vasúti árufuvarozó társaság és a belépő új vasúti társaságok között verseny alakult ki a hazai kombinált forgalom területén is. Az RCH piaci részesedése folyamatosan mérséklődik a vasúti árufuvarozási teljesítményeinek csökkenése, majd utóbbi években stagnálása mellett. A piacra belépők összességében egyrészt a RCH dominálta piacra is részlegesen be tudtak lépni elemzések alapján és a válság utáni kedvező gazdasági környezetben árufuvarozási szegmens bővülésével együtt tudnak növekedni. Különösen erős ez a hatás a kombinált forgalom esetén, ahol – annak főként irányvonati jellegéből és külföldi megbízóikból adódóan – könnyebb volt bizonyos relációkat elhódítani az inkumbens vasúti árufuvarozó társaságtól.

A vasúti kombinált forgalomban a piaci koncentráció csökkent a piacnyitás óta, de a megállapításhoz hozzátartozik, hogy még továbbra is koncentrált a piac. Az RCH mellett a legutóbbi időszakban 2015-2018 legnagyobb fejlődést a kombinált forgalomban a Metrans Danubia érte el. Ezzel rögtön a legnagyobb 12 vasúti társaság közé emelkedett 2017-ben [9]. Noha a cég 2002 vége óta működik, működési engedélyüket csak 2017-től használják; addig az anyavállalat (METRANS a.s.) menetvonalain közlekedtek a kombinált tehervonatok. Emellett jelentősnek mondható a GySEV Cargo kombinált forgalomban betöltött szerepe is, az RCH és a METRANS mellett az ő piaci részarányuk a legnagyobb a hazai kombinált forgalomban.

3.3.1 A kombinált forgalom piaci részesedése az összes vasúti áruforgalomban

A vasúti kombinált forgalom lebonyolítása jellemzően irányvonatokban történik, de amennyiben nem éri el a teljes vonat kiterhelését a feladni kívánt áru és az intermodális szállítási egység öntömegének együttes tömege, úgy egyes kocsi (egyedi kocsirakományú) forgalomban is továbbítják, bár ez kevéssé jellemző. Közepes illetve nagy fuvarozási távolság esetén hatékony, ugyanis adott idő alatt nagy mennyiségű áru továbbítható, specialitásából adódóan főként kikötő–terminál, terminál–terminál közötti forgalmat bonyolítanak és tranzitidő érzékenyek. 2017-ben az európai vasúti árufuvarozási piacon az áruk 35%-át konténerizált formában továbbították [10].

A dél-európai országokban viszonylag magas az intermodális áruszállítás aránya. Ez nem jelent egyúttal magas szállítási teljesítményt is, inkább arra utal, hogy az egyébként szerény áruszállítási teljesítménynek viszonylagosan magas aránya az Európai Unió mag-országaiból/-ba irányuló intermodál (döntően konténeres) forgalom. Az RFC1 vasúti árufuvarozási folyosó (és több más, sok konténervonatot leközlekedtető vasúti árufuvarozási folyosó) intermodális áruszállítás forgalma a konvencionális árufuvarozásban erős Németországban csak 20-30% közötti részesedéshez elegendő, ugyanakkor ezen fuvarok déli végpontjai Olaszország északi részének iparvidékein az egész országban az intermodális áruszállítás részesedését 45% fölötti értékre emelik (6. ábra).



6. ábra: Az intermodális áruszállítás aránya az összes vasúti árufuvarozásban (árutonnakilométer alapján) országonként (2016)

Forrás: CER [5]

3.3.2 A kombinált forgalom előrejelzése

A Távol-Keletről konténerben Európa kikötőibe (Koper, Pireusz, Hamburg, Bréma, Rotterdam, Trieszt) majd onnan a kontinens belsejébe érkező áruk felfutó forgalma 2025-ig 25-40% forgalomnövekedést is elérhet, ezzel komoly potenciált jelentve a hazai vasúti fuvarozás számára is. Az országon átmenő forgalmak mellett az export-import forgalmak elsősorban a budapesti logisztikai központok vasúti kiszolgálásához kapcsolódnak, de e terminálok telítődése esetén ezek fejlesztése mellett a vidéki terminálok országos intermodális termináli hálózatba kapcsolása jelenthet stabil és fenntartható működési alapot.

Az irányvonati rendszerben lebonyolított kombinált forgalom jelentős részét a tengeri kikötők irányába közlekedő kombinált tehervonatok teszik ki. Térségünkben Magyarország jelentős szerepet tölt be ezen a területen, mert a balkáni országok kikötőiből induló irányvonatok 28%-a hazánkba közlekedik.

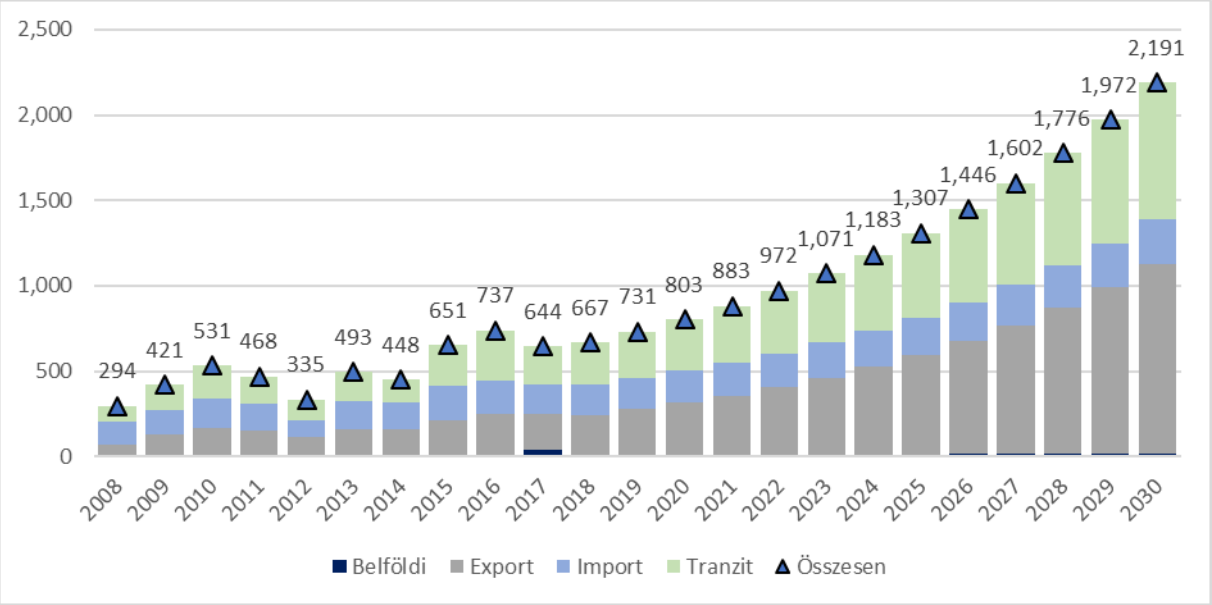
Az európai konténeres vasúti forgalom növekedésében kiemelt szerepet kap a transzeurázsiai vasúti árufuvarozás. Az „Egy övezet, egy út" kezdeményezés hatására jelentősen emelkedett a Kína és Európa közötti vasúti árufuvarozás, ma már a teljes forgalom közel 2 százalékát a vonatok adják a két gazdasági központ között [11]. A forgalom további bővüléséhez adottak a feltételek. A következő években a jelenlegi forgalmak további 200-400%-os növekedésével lehet számolni [12]. Mivel a lengyel-fehérorosz határon egyre nagyobb kihívást okoz a szűk keresztmetszet, a kapacitások korlátozottsága, ezért alternatív útvonalakat kell keresni. Ennek nyertese lehet Magyarország, mert egyrészt a Kaszpi-tengeri folyosón keresztül a konstancai kikötőbe, másrészt Törökországon és Szerbián át Magyarországon keresztül érhetik le a vasúti konténeres szállítmányok Európa belsejét [13]. A Kaszpi-tengeren keresztüli folyosó forgalma pedig dinamikusan fejlődik: a 2016-os 0,1 millió TEU forgalom 2017-re 0,2, 2018-ra 15, 2019-re pedig várhatóan 60 millió TEU-ra növekszik [14].

A magyarországi kombinált vasúti árufuvarozás fejlődése szempontjából a Budapest-Belgrád vasútvonal fejlesztése, és a Borostyán (RFC11) korridor szerbiai kapcsolódó fejlesztései kiemelten fontosak. A pireuszi kikötő konténerforgalma dinamikusan, az európai átlag felett fejlődik, és ehhez kapcsolódóan a vasúti árufuvarozási igény is növekszik a kikötőből.

A pireuszi kikötő saját közlése szerint napi 12 vonatot indít jelenleg Kelet-Közép-Európa irányába, és ez várhatóan jelentősen növekedni fog a következő években [15]. A határátkelések gyorsításával tovább segíthető a vasúti árufuvarozás attraktivitása és versenyképessége.

A magyar vasúti kombinált forgalomban a balkáni irányoknak kiemelt szerepe van: mind az elszállított konténerek tömege, mind a megtett távolsággal arányos árutonnakm alapján importforgalomban a török és görög irány a legfontosabb ma már Magyarország számára. Exportforgalomban a német irány dominanciája mellett dobogós helyezést ért el a Balkán irányú kombinált áruforgalom. Ezen felül pedig a környező országok (elsősorban Ausztria, Szlovákia, Csehország) irányába is növekvő tranzitforgalmakkal lehet számolni ebből az irányból.

A vasúti kombinált forgalom Magyarországon gyors növekedést tudott az elmúlt évtizedben felmutatni. Éves átlagban 9 százalékos volt a növekedés, és a fent leírtak alapján továbbra is jelentős növekedéssel lehet számolni (7. ábra). Mivel a konténeres vasúti áruforgalom nagy távolságokra, alapvetően a tengeri kikötők irányába versenyképes áruszállítási mód, a növekedést az EU és ezen belül Magyarország nemzetközi külkereskedelmének fejlődése befolyásolja. Magyarországon ráadásul az elszállított konténerek (egységkonténer, TEU) számának harmada tranzit, ezáltal a szomszédos országok gazdasági és külkereskedelmi fejlődése is jelentős hatással van a hazai forgalmakra.



7. ábra: A magyarországi kombinált áruszállítási teljesítmény és előrejelzése (ezer TEU, 2017-ig tény adatok, azt követően előrejelzés),

Forrás: Eurostat és saját számítás

Az árufuvarozás teljesítményén belül továbbra is meghatározó szerepe lesz a tranzitnak, amely a következő évtizedben akár a 40%-os részesedését is megközelítheti. A kombinált áruforgalomban a tranzit szerepe abszolút értékben és arányosan is várhatóan jóval nagyobb mértékben fog növekedni, mint az export és az import. Ennek fő oka, hogy az egész EU-ban jelentősen növekszik a kombinált áruforgalom, és ez a jelentős tranzitországnak számító Magyarország esetében forgalomnövekedést generál. A tranzitforgalmak növekedését segíti például a Budapest-Belgrád vasútvonal fejlesztés, ami által egyre több – korábban jórészt német kikötőkben Európába érkező – áru a pireuszi kikötőből éri el a közép-európai országokat. A magyarországi import forgalmakban a konténeres, alapvetően távoli országokból érkező forgalmaknak kevésbé van jelentős szerepe, sokkal inkább jellemző, hogy európai félkész termékekből Magyarországon készülnek olyan késztermékek, amelyeket a tengerentúlra exportálnak, amire kiválóan alkalmas a kombinált árufuvarozás.

4. Szolgáltatásfejlesztési lehetőségek

A vasúti árufuvarozás iránti igények is jelentősen változnak a gazdasági átalakulás hatására. Az ipari folyamatok digitalizációja, az okos eszközök megjelenése a gyártásban a logisztikai folyamatokra is húzó hatással vannak és lesznek a jövőben is a szolgáltatás fejlesztésére. A logisztikai rendszerekben a különböző áruszállítási módok közti versenyben a jövőben várhatóan nagyobb szerepe lesz az innovációnak és a digitális megoldásoknak. Az önvezető járművek, a szenzoradatok alapján végzett, tervezett karbantartás, az alternatív energiaforrások használata minden közlekedési ágban kiemelt kérdés lesz, mint ahogy a jobb tervezhetőség, az adat alapú, mesterséges intelligenciával segített döntéshozatal és optimalizáció. Az alábbiakban az egyes vasúti árunemek kapcsán bemutatjuk a közeljövőben várható olyan fejlesztéseket, amelyek hatására a vasúti árufuvarozás magasabb szolgáltatási színvonalat tud biztosítani a megrendelők felé.

4.1 Egyes kocsi forgalom

Az egyes kocsi forgalom fejlesztésének igénye a viszonylagosan nagy élőmunka ráfordításból erednek. Magyarországon ezen szegmens technológiája az elmúlt évtizedekben alig fejlődött, a lényegi

alapfolyamat, különösen a kiszolgálási technológiák és az állomási technológiák vonatkozásában ugyanaz maradt. Ezért a legfontosabb fejlesztési igények a minél kisebb élőmunka igényre, és a jobb, akár folyamatosan változó optimumra törekvésen jelennek meg.

A vonatösszeállítás-tervezés esetében a meglévő, kiszolgálási csomópontokra létrehozott rendszer mellett, IT rendszerek segítségével akár minden nap adott fuvarfeladataira újra optimalizálható a továbbítási technológia. Előfordulhat, hogy egyik nap az egyik, másik nap a másik csomóponti állomásról érdemes ugyanazt a helyet kiszolgálni, attól függően, hogy a környező kiszolgálási pontoknak miként alakul a forgalma.

Az egyes kocsi forgalom kiszolgálásának gyorsítását és a költségek csökkentését segítik az úgynevezett első és utolsó kilométerek kiszolgálást megkönnyítő megoldások. A hagyományos vasúti üzemeltetési modellben a fővonalakon villamos vontatással költséghatékonyan továbbított árukat a fel- és leadási pontokra tolatómozdonyokkal, dízel vontatással lehet eljuttatni [16]. Az olyan mozdonyok terjedése, amelyek néhány órát, vagy 50-100 km-t felsővezeték nélkül is meg tudnak tenni dízel aggregátor és/vagy akkumulátoros üzem mellett, sokban egyszerűsíti ezt a folyamatot [17]. A Rail Cargo Hungaria Európában is úttörőnek számít a technológia alkalmazásában, mivel a világ egyik legnagyobb vasúti járműgyártó cégével, a kínai CRRC Zhuzhou Locomotive Ltd.-vel megállapodást kötött – opciókkal együtt – összesen 40 darab hibrid mozdony fuvarozására 2019 szeptemberében [18]. A vontatás területén további lehetőség van az energiafelhasználás csökkentésére: a modern technológiákkal a fékezési energia felhasználásának javításával további 4-8%-os energiamegtakarítás érhető el. Különösen az egyes kocsi forgalomnál jellemző rövid útvonalakon nagyon jelentős szerepe van a digitalizációnak: ilyen lehetőség például az úgynevezett eco-driving, amely során a mozdonyok vezetésénél az energiahatékonyságot is figyelembe véve irányítják a gyorsítást és lassítást – ennek segítségével nemzetközi példák alapján további 5%-os energia-megtakarítás érhető el [19]. Mindezek együttesen hozzájárulnak, hogy a jövőben növekedjen a hazai egyes kocsi forgalmak versenyképessége, aminek hatására a korábbi csökkenés feltehetőleg megállítható, stagnálás, esetleg enyhe növekedés várható ebben a szegmensben.

A további fejlesztések kapcsán kiemelt feladat az automatikus vagy félautomatikus tolatás: számos műszaki megoldás kínál személyzetkímélő tolatási technológiát. A bizonyos feltételek teljesülése esetén távirányítással működtethető tolatómozdonyok személyzetet takarítanak meg. Ilyenkor a tolatásvezető (vagy annak helyébe lépő mozdonyvezető) egy erre alkalmas mobil eszközzel tudja a mozdony legfontosabb funkcióit távvezérléssel a tolatóállásból vagy a kiszolgált vágány mellett állva irányítani. Ezzel személyzet takarítható meg.

4.2 Irányvonati forgalom

Az irányvonati forgalom szolgáltatási színvonalával kapcsolatban a legfontosabb tényezők a közúti szállítással versenyképes eljutási idők, kiszámítható, menetrend szerinti érkezési idők, a minél gyorsabb fordulási idő, a rugalmas vontatási és iparvágány kiszolgálás, az egyszerűsített és automatizált árajánlatok és a megrendelés, a fuvarozási költségek egyszerű összehasonlíthatósága a közúti és egyéb fuvarozási módokkal. Ezek elérésében a digitális ügyfélfelületnek kiemelt szerepe van. Ezek integrált, elektronikus ügyfélfelületen tudják biztosítani az ajánlatkérést, a fuvarmegrendelést, a kocsimegrendelést, illetve a kiegészítő szolgáltatásokat (átrakás, fuvarokmányok kitöltése, vám elé állítás, őrzés stb.). A megrendelések teljesítésének követését (pl. GPS adatok alapján) is lehetővé kell ezen a felületen tenni, késések esetén követhetők a várható érkezési és indulási idők. A digitális platformokkal dinamikussá tehető az ügyféloldali kapacitások tervezése, a lekötött kapacitások esetleges lemondására. Az elektronikus elszámolás, számlázás és reklamáció is ezen keresztül kell, hogy folyjon a jövőben.

Ezek a fejlesztések csak úgy valósulhatnak meg, ha a vállalkozó vasúti társaságok üzemeltetési rendszereiket is átalakítják. Az irányítási rendszer kétféle alaprendszerre támaszkodik. Egyfelől az említett ügyféloldali igény menedzsment rendszerre, amelyben a mindenkori fuvarozási igények, megrendelések / lemondások napra- órára készen rendelkezésre állnak, másfelől az erőforrásokat igazgató, számon tartó *üzemeltetési erőforrás menedzsment rendszerre*, amelyben a vontatóeszközök, vasúti kocsik, emberi erőforrások (mozdonyvezetők, kocsivizsgálók stb.) rendelkezésre állása és tervezett felhasználása követhető, vezényelhető.

Az irányítási rendszerek része kell hogy legyen a közép- és rövidtávú irányvonati kapacitástervezés, amellyel a szolgáltatás nyújtásához szükséges vasúti társasági erőforrások tervezése és megfelelő eloszlásban való biztosítása lehetővé válik. Ez az erőforrás-tervezés az érintett szolgáltatók (pályahálózat-működtető, vontatás) számára is megbízható inputot szolgáltat. Így lehetővé válik az erőforrások

dinamikus hozzárendelése a mindenkori (heti, napi, órás) ügyféligényekhez, vagyis a fuvarfeladatok rövidtávú ütemezése optimalizált módon megtörténhet. Ehhez az adat alapú, gépi tanulási rendszerek kapcsolódnak, amelyekkel hatékonyabbá válik a vasúti szolgáltatások tervezése.

A digitális irányítási rendszer kiegészítő elemei a területen dolgozó, a szolgáltatás nyújtásában résztvevő (általában végrehajtói szintű) munkakörök tevékenységének digitalizációja. Ilyen például a Rail Cargo Hungaria jelenleg fejlesztés alatt álló, a vonatfelvételt és vonat összeállítást automatizáló alkalmazása, amely a kocsivizsgálat és a vonatfelvétel kapcsán szükséges vágány melletti tevékenységek (besorozott kocsik, vonat adatainak felvétele, csapágymelegedés vizsgálata hőkamerával, tényálladéki jegyzőkönyv felvétele stb.) támogatására szolgál.

Az irányvonati forgalomfejlesztésben a vasúti pályahálózat jelenlegi és tervezett fejlesztése is kulcsszerepet tölt be. A vasúti teherfuvarozásban nem is a pályasebesség emelése, hanem az úgynevezett „D" vonalosztályú kiépítése kulcsfontosságú. Mivel az irányvonati forgalomban az árutonnára eső fajlagos költség jelentősen függ a berakott tömegtől, ezért a vasúti kocsik megengedett tengelyenkénti terhelése minél nagyobb, annál alacsonyabban tartható ez a költség. A legmagasabb megengedett tengelyterhelés ideális esetben 225kN lehet, ezt azonban az árufuvarozó vasúti társaságok Magyarországon csak nagyon korlátozottan tudják igénybe venni, mert a hazai vasúti pályahálózat nagy része nem alkalmas az ilyen mértékű tengelyterhelésre. A magyarországi pályahálózaton megvalósult pályakorszerűsítések ugyan már a D vonalosztályú terhelési kategóriára épültek ki, azonban a fejlesztések sajnos még egymástól elszigeteltek, nem alkotnak egy egységes hálózatot, azt így a fuvarozók nem tudják kihasználni, egyelőre a vonalhossz tizedénél kevesebbet tesznek csak ki (10. táblázat).

10. táblázat: A MÁV Zrt. vasútvonalainak megoszlása tengelyterhelés alapján (2018)

Vonalosztály	Legnagyobb tengelyterhelés	Legnagyobb folyómétersúly (t/m)	Vonali vágányhossz (km)	Megoszlás
A	160	5,0	294	4%
B1	180	5,0	45	1%
B2	180	6,4	1.045	15%
C2	200	6,4	2.613	37%
C3	200	7,2	2.275	32%
C4	200	8,0	48	1%
D2	225	6,4	15	0%
D3	225	7,2	301	4%
D4	225	8,0	369	5%
Összesen			**7.005**	**100%**

Forrás: MÁV Zrt. [20]

A folyamatban lévő és tervezett vasútvonal átépítések hatására várhatóan az évtized végére legalább a Magyarországon átmenő nemzetközi vasúti közlekedési (árufuvarozási) folyosók mentén egységes D vonalosztályú rendszer valósulhat meg, így 12,5 százalékkal növekszik az irányvonatok kapacitása, amely fontos költség-hatékonysági szempont.

A pályahálózat lassújeleinek folyamatban lévő felszámolása is segíti a vasúti közlekedés költségeinek csökkentését, mert a vontatási energiafelhasználás így jelentősen, vonalaktól függően akár harmadával-negyedével csökkenthető, amely költségcsökkentést jelent a vasúti társaságok és ügyfeleik számára. A Budapesten történő tehervonati átjutás nehézségei egyelőre többlet menettartamot okoznak, továbbá magasabb vontatási, tolatási költséggel járnak, a szolgáltatás színvonalát mindkét paraméterben kedvezőtlenül befolyásolják. Az ország fővárosát a vasúti áruforgalom több mint 70%-a érinti, így a Budapesten való gyorsabb, megbízhatóbb átjutás nagy hatással van a hazai vasúti árufuvarozás egész folyamatára, amely a jelenleg tervezett fővárosi vasúti fejlesztésekkel várhatóan jelentősen javul. Az 1-es és 150-es vasútvonal deltavágánnyal történő, már eldöntött összekötése mind a tranzit, mind a főváros és környéki intermodális terminálok irányába gyorsabbá és olcsóbbá teszi az irányvonatok közlekedését.

4.3 Intermodális forgalmak

A kombinált árufuvarozás egy logisztikai lánc része. A szolgáltatási színvonal fejlesztését befolyásoló legfontosabb tényezők a megelőző két pontban bemutatott részletei mellett az intermodális forgalom esetében emiatt speciális szempontokkal egészülnek ki.

A legfontosabb elvárás, hogy a vasúti szolgáltatások az éves szinten kétszámjegyű növekedést felmutató intermodális forgalmak *megnövekedett igényeit ellátni*. A növekedés komoly fejlesztési igényt feltételez, mind a vasúti infrastruktúrában, mind a kapcsolódó intermodális terminálok magyarországi hálózatának fejlesztésében. A magyarországi vasúti kombinált fuvarozásban jelenleg csak a Budapest környéki régióban épültek ki korszerű, a piaci igényekhez igazodó átrakó terminálok, a kelet- és nyugat-magyarországi régióban (Sopront és Záhonyt kivéve) az ügyfél számára nem állnak rendelkezésre hasonló szolgáltatási központok. A közúti fuvarozásnak nincsen alternatívája ezekben a térségekben, holott az általános versenyképességi összehasonlító elemzésekben a 300 kilométert meghaladó távolságokban a kíséretlen kombinált forgalomban a vasút előnye már kimutatható. Összehasonlításul: a hasonló méretű Ausztriában 19, Csehországban 17 intermodális terminál működik [21]. További vasúti intermodális terminálok fejlesztése hazánkban is jelentősen hozzá tud járulni az intermodális vasúti forgalom fejlődéséhez, ami javítja az ügyfelek kiszolgálási színvonalát. Így rövidebb és olcsóbb kapcsolódó közúti szállításra lenne csak szükség.

A szolgáltatási színvonalat a vasúti társaságok a korszerű gördülő állomány fejlesztésével tudják elemi, a könnyű szerkezetű, moduláris konténerszállító kocsikkal csökkenthető a vasúti árufuvarozás egységköltsége. A teherkocsik GPS jeladóval történő felszerelése valós idejű adatokat adhat az ügyfeleknek, ami ebben a szegmensben egyre sürgetőbb elvárás. A valós idejű elektronikus üzemeltetési adatok segítik a vasúti teherkocsik karbantartásának minimalizálását, a szűkös terminál területi tartózkodások ezáltal csökkenthetők, a javuló kihasználtság pedig az árak csökkenését eredményezi.

A konténervonatok esetében különösen fontos elvárás a pályahálózat-működtető felé a menetrendek mainál pontosabb betartása, a jobb tervezhetőség. Mivel a konténerszállítás szinte kivétel nélkül nemzetközi áruszállítást jelent, a határforgalmak gyorsítása és digitalizációja kulcsfontosságú. A fő vasúti közlekedési folyosókon a határátkelők (Hegyeshalom- Kürtös/ Kelebia, Szob/ Kürtös – Gyékényes, Rajka/ Őriszentpéter) átbocsátó kapacitását nem csak növelni kell, de a jelenleg még akár több órás átkelési idők csökkentését az adminisztratív folyamatok egyszerűsítésével meg kell oldani.

Konklúzió

A környezetbarát vasúti árufuvarozás Magyarországon európai összehasonlításban a mai napig jelentős szerepet tölt be. A 2012-2018 közti időszakban jelentős növekedést tudott a hazai vasúti áruszállítási teljesítmény felmutatni, sikerült az 1990-es évek óta szinte folyamatos modal split arány csökkenést megállítani, a vasút stabilizálni tudta részesedését. Az árufuvarozási termékcsoportok közötti arányok azonban átalakultak. Az intermodális, elsősorban konténeres áruszállítás dinamikusan növekedett, ami elsősorban nemzetközi, nagy távolságú, alapvetően a kikötőkhöz kapcsolódó forgalmakat jelent. A nemzetközi kereskedelem növekedésével a térségében, az európai kikötői forgalmak Nyugat-Európából Dél-Európába átterelődésével továbbra is jelentős növekedés előtt áll az intermodális forgalom hazánkban. Ezzel párhuzamosan a különösen a hazai kkv-k versenyképessége szempontjából fontos egyedi kocsi forgalom csökkenése folytatódott. A negatív trend megfordítása csak jelentős szolgáltatási színvonal fejlesztéssel lehetséges, aminek köszönhetően ezen a területen is versenyképes lehet a vasút a közúti árufuvarozással. Az ehhez szükséges lépések adottak, ennek része kell hogy legyen a vasúti pályahálózat fejlesztése, illetve a vasúti társaságok digitalizációja, az olyan innovatív technológiák bevezetése mint a hibrid, tolatásra is képes mozdonyok beszerzése, amely már folyamatban van. Az irányvonati forgalmak alapvetően a hazai nagyipari vállalatok kiszolgálására koncentrálnak, így ezek versenyképessége nem csak a vasút, de ezen vállalatok hatékonysága szempontjából is kiemelkedő. A hosszú távon is jól tervezhető forgalmak lehetővé teszik az ezek hatékony kiszolgálását segítő digitalizációs fejlesztéseket, amelyeket a pályahálózat minőségi fejlesztése tehet igazán versenyképessé. A vasúti árufuvarozás szolgáltatási színvonalnak további emeléséhez segítséget nyújthat, ha a jövőbeni infrastruktúra fejlesztéseknél a személyszállítási igények mellett a jelenleginél hangsúlyosabb figyelembe vételre kerülnek az árufuvarozási igények is. További érezhető szolgáltatási színvonal emelkedést okozhat a határfolyamatok gyorsítása és egyszerűsítése.

Irodalomjegyzék

[1] https://www.nkh.gov.hu/documents/10181/194059/Működési+engedéllyel+rendelkező+vasúti+társaságok+listája/5a8220bb-5961-4732-8bc8-e83c719ad503?version=1.2&type= (2020.01.15.)
[2] Kovács I., C. Först: European Rail Cargo, Debreceni Egyetem előadás, 2014. szeptember 23
[3] Európai Bizottság (2015): Study on Single Wagonload Traffic in Europe – challenges, prospects and policy options, Directorate-General for Mobility and Transport Directorate C, https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2015-07-swl-final-report.pdf (2020.01.03.)
[4] Guglielminetti, P., Piccioni, C., Fusco, G., Licciardello, R., & Musso, A. (2017). Rail Freight Network in Europe: Opportunities Provided by Re-launching the Single Wagonload System. Transportation Research Procedia, 25, 5185-5204.
[5] https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/EN/COM-2019-51-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF
[6] https://www.voev.ch/de/Service/content_index.php?section=downloads&download=2890 és https://www.bahnindustrie.at/download/98/EWV-Foerderung-Schlussbericht-Mai.pdf
[7] http://documents.worldbank.org/curated/en/590151546248249963/pdf/133233-PUB-PUBLIC.pdf (2019.10.13.)
[8] http://www.eurofer.org/News%26Events/PublicationsLinksList/201907-SteelFigures.pdf
[9] Andó Gergely: Növekvő volumenek mellett tovább romló eredmények, Navigátor 2018. július-augusztus
[10] http://www.cer.be/topics/freight, (2020.01.24.)
[11] Jakóbowski, J., Popławski, K., & Kaczmarski, M. (2018): The Silk Railroad: the EU-China rail connections: background, actors, interests. Centre for Eastern Studies.
[12] Bucsky, P. (2019): The iron Silk Road: how important is it? Area Development and Policy, 1-21.
[13] Islam, D., Zunder, T., Jackson, R., Nesterova, N., & Burgess, A. (2013): The potential of alternative rail freight transport corridors between Central Europe and China. Transport Problems, 8.
[14] http://titr.kz/en (2020.01.23.)
[15] http://www.pct.com.gr/content.php?id=52 (2020.01.24.)
[16] Skoglund, M., Östlund, S., & Bark, P. (2008, January). Dual Mode Locomotives: Systems Study of New Freight Locomotives for Sweden. In IEEE/ASME/ASCE 2008 Joint Rail Conference (pp. 263-268). American Society of Mechanical Engineers.
[17] https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2016-06-rail-final-report-design-features-for-lm-investments.pdf (2020.01.08.)
[18] https://rch.railcargo.com/hu/news/megallapodas-az-rch-es-a-crrc-kozott (2020.01.09.)
[19] Luijt, R. S., van den Berge, M. P., Willeboordse, H. Y., & Hoogenraad, J. H. (2017). 5 years of Dutch eco-driving: Managing behavioural change. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 98, 46-63.
[20] https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/1812_2018.pdf (2020.02.01)
[21] http://www.intermodal-terminals.eu/database (2020.02.03.)

AHP alapú multikritériumos minősítési modell kidolgozása és alkalmazása városi övezetek city logisztikai szempontú értékelésére

Dr. Bóna Krisztián[1] - Sárdi Dávid Lajos[2]

[1]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék
telefon: 1/463 111
e-mail: krisztian.bona@logisztika.bme.hu

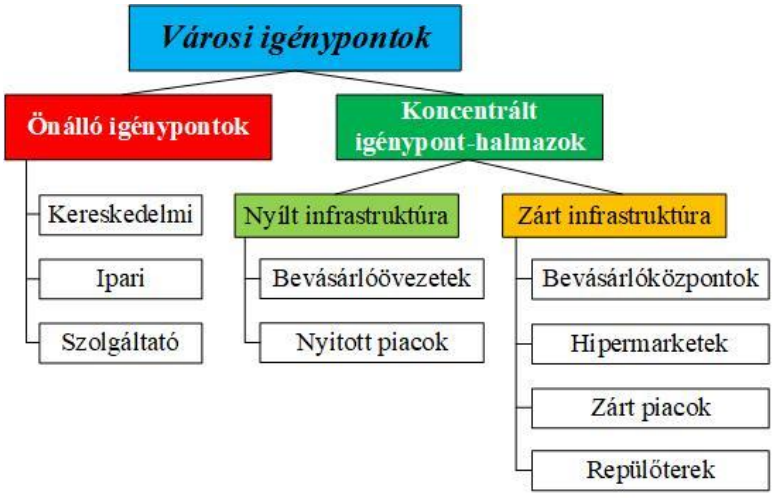
[2]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék
telefon: 30/54 999 40
e-mail: david.sardi@logisztika.bme.hu

Kivonat: A városi áruszállítás a városok fenntarthatóságára gyakorolt kiemelkedő hatása miatt komoly kihívást jelent napjainkban. A területen belül kiemelendők a koncentrált igénypont-halmazok logisztikai folyamataival kapcsolatos problémák, mivel ezen halmazok esetén kis területen nagyszámú üzletet kell kiszolgálni. Ezzel a területtel a BME Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszékének City Logisztikai Kutatócsoportja 2015 óta kiemelten foglalkozik. Korábbi kutatási eredményeink alapján az látszódik, hogy komoly jelentősége van egy olyan minősítési rendszer kidolgozásának, amellyel önálló koncentrált igénypont-halmazokat, valamint több különböző féle igénypontot tartalmazó városi övezeteket egyaránt értékelni lehet a jelenlegi city logisztikai fejlettség és a fejlesztési potenciálok szempontjából. Cikkünkben egy olyan, AHP (Analytic Hierarchy Process) alapú multikritériumos minősítési modellt szeretnénk bemutatni, amellyel a vizsgált városi övezeteket egy kétdimenziós szempontrendszerben tudjuk értékelni. Ennek a minősítési modellnek az elsődleges célja az lesz, hogy alkalmas legyen jövőbeli city logisztikai projektek során azon városi zónák kijelölésére, amelyeket lehet és érdemes fejleszteni. A kidolgozott minősítési rendszerben vizsgáljuk többek között a jelenlegi megoldásokat, szabályozásokat és az alkalmazott technológiákat is. Cikkünkben ezeken felül szeretnénk bemutatni a modell tesztelését három budapesti, egy-egy bevásárlóközpont által kijelölt övezetre is.

Kulcsszavak: logisztika, city logisztika, városi áruszállítás, Budapest, AHP, minősítési modell

Bevezetés

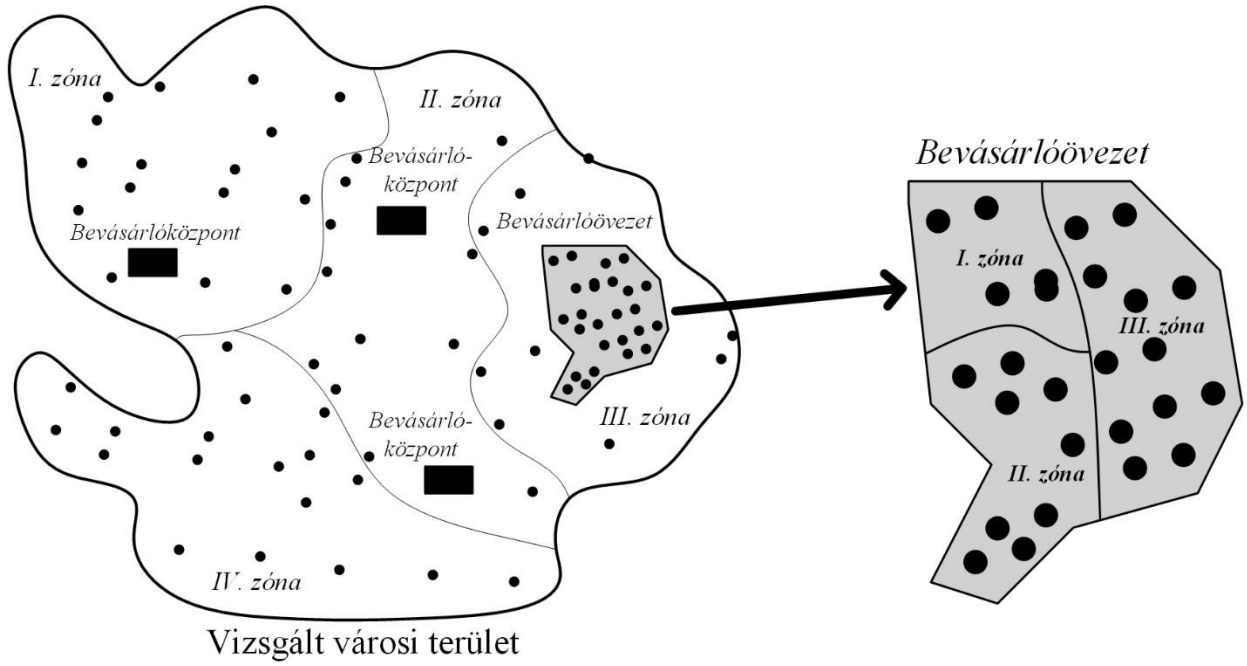
A BME Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszékének City Logisztikai Kutatócsoportjában [1] 2015 óta foglalkoztunk kiemelten az úgynevezett városi koncentrált igénypont-halmazok vizsgálatával. Ezen kutatás szempontjából a városi igénypontokat az alábbi 1. ábrán látható módon két csoportba sorolhatjuk: megkülönböztetünk önálló igénypontokat, valamint több önálló igénypontot valamilyen szempont szerint magukba foglaló koncentrált igénypont-halmazokat [2], ezekre fókuszálunk 2015 óta tartó kutatási projektünkben.



1. ábra: A városi igénypontok csoportosítása [3]

Mint az ábra is mutatja, a vizsgált koncentrált igénypont-halmazokon belül kétféle koncentráltság fordul elő: a nyílt, illetve zárt infrastruktúra által meghatározott halmazok más-más elven szerveződnek. A nyílt infrastruktúrájú igénypont-halmaz egy olyan területet jelent, amelynél nem jelöli ki egy adott épület a koncentrált igénypont-halmaz határait, hanem utak vagy terek veszik körül azt, ilyen lehet például egy utcák által határolt bevásárlóövezet (pl. a budapesti Váci utca bevásárlóövezet, illetve hasonló tulajdonságokat mutatnak egyes városok óvárosi jellegű sétálóutcás övezetei) vagy egy tér által meghatározott szabadtéri piac. Zárt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmaz alatt bármely olyan épületet értjük, amely önálló igénypontokat halmazzá fog össze, ilyenek a bevásárlóközpontok, hipermarketek, zárt piacok vagy épp a repülőterek vámmentes övezetei. Ezeket lényegében egy épülethez, illetve annak tulajdonosához kötődő kapcsolat révén rendeljük hozzá egy koncentrált igénypont-halmazhoz [2]. Annak ellenére, hogy a különbözőféle koncentrált igénypont-halmazok a korábbi city logisztikai projektek tapasztalatai alapján rendkívül nagy áruforgalmat bonyolítanak le, keveset foglalkoztak célzottan a logisztikai rendszereik vizsgálatával, valamint új igénypont-halmaz létesítésekor a tervezési fázis során is többnyire háttérbe szorul a logisztikai rendszerük méretezése, optimális kialakítása és szimulációs úton történő vizsgálata, mivel elsősorban a bevásárlóforgalom szempontjaival foglalkoznak [3]. Ezek miatt a kutatócsoportunk az eddigi munkája során ezeknek az igénypont-halmazoknak a vizsgálatát tűzte ki célul, részletes adatokat gyűjtöttünk a logisztikai jellemzőikkel kapcsolatban, kidolgoztunk matematikai, topológiai és szimulációs modelleket, valamint több új city logisztikai rendszerkoncepciót is [3].

Ebben a cikkünkben egy olyan multikritériumos minősítési modellt szeretnénk bemutatni, amellyel nem csak egyes koncentrált igénypont-halmazokat, hanem azok mellett nagyobb kiterjedésű, önálló igénypontokat (és akár koncentrált igénypont-halmazokat is) tartalmazó városi övezeteket (zónákat), területeket is tudunk értékelni a city logisztikai fejlettségük szempontjából, valamint számszerűsíteni tudjuk az egyes zónákban rejlő fejlesztési potenciálokat is. Ebben a minősítési rendszerben értékeljük a jelenlegi city logisztikai megoldásokat, szabályozásokat, korlátozásokat, a különböző közlekedési alágazatok (pl. városi vasút, cargo kerékpárok) részesedését, a kombinált városi áruszállítás és a gateway-koncepció alapú megoldások előfordulását, az egyes zónák koncentráltságát, valamint minden releváns teljesítmény-, kibocsátási és költségparamétert mind a jelenlegi rendszer fejlettsége, mind pedig a fejlesztési potenciálok szempontjából. Egy így értékelésre kerülő városrész több zónával és koncentrált igénypont-halmazokkal a 2. ábrán látható. Ezen a példán 4, önálló igénypontokat (az igénypontokat fekete pontokkal jelölve) tartalmazó zónát különböztetünk meg, valamint 3 bevásárlóközpontot és egy 3 zónára felosztható, nagyobb kiterjedésű bevásárlóövezetet. Erre a vizsgált területre a minősítési modellünk alkalmazása során arra kapnánk választ, hogy ezen 10 zóna közül melyiknek a legnagyobb jelenlegi city logisztikai szempontú fejlettségi szintje, illetve melyikben rejlik a legnagyobb fejlesztési potenciál city logisztikai szempontból.



2. ábra: Egy vizsgált városi terület felosztása a minősítési modellel vizsgálható zónákra

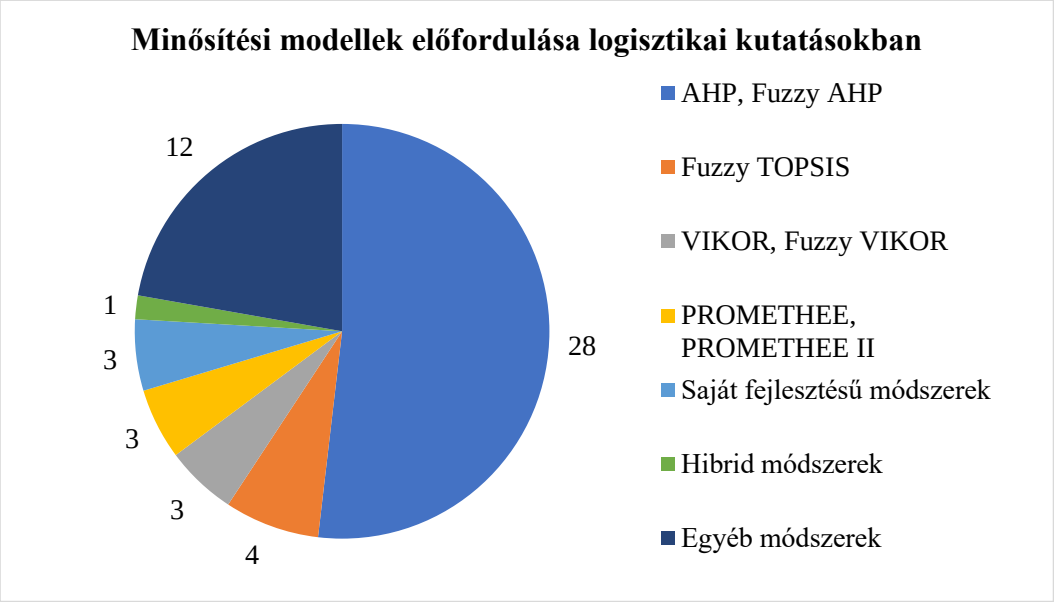
1. Multikritériumos minősítő módszerek a city logisztikában

Kutatásunk első lépéseként felmértük azt, hogy a city logisztikai kutatások során (illetve más logisztikai részterületeken) milyen minősítő modelleket alkalmaztak vagy dolgoztak ki a korábbiakban, illetve milyen multikritériumos minősítő módszereket alkalmaztak a korábbi kutatások során. Az irodalomkutatás során három fő tudományos adatbázisból dolgoztunk, a ResearchGate, a ScienceDirect és a Google Scholar elérhető cikkeit használtuk fel.

A feltárt minősítési modellek közül hármat szeretnénk kiemelni. Ezek közül az első nem a city logisztikával, hanem nagyobb kiterjedésű extralogisztikai hálózatokkal kapcsolatos, különböző szintű és különböző funkciójú logisztikai központokat minősít egy projektben [4], de hasonló modell implementálható lenne kifejezetten city logisztikai csomópontokra és akár zónákra is. A másik két minősítési modell egyike city logisztikai fejlesztési projektek minősítésével foglalkozik [5], a másik pedig a last-mile szállítási feladatok kezelésére kidolgozott elektromobilitási koncepciók működési alkalmasságát vizsgálja [6], tehát a fejlesztési potenciálok értékeléséhez hasonlító megközelítéseket tartalmaznak.

Több további vizsgált publikáció esetén használnak különböző multikritériumos módszereket city logisztikai fejlesztések értékelésére [7] [8] és új city logisztikai koncepciók közül a legjobb kiválasztására [9]. Ezeken felül számos különböző célra használtak ilyen módszereket city logisztikai kutatások során: vizsgálták multikritériumos módszerekkel city logisztikai terminálok teljesítményét [10], a városi fenntarthatóság kérdéseit [11] és szabályozási kérdéseket [12], valamint járműkiválasztást [13] és centrumkeresési probléma megoldását is több esetben ilyen módszerekkel végezték el [14] [15] [16], azonban az általunk megfogalmazott kettős célrendszert (a jelenlegi city logisztikai szempontú fejlettség és a fejlesztési potenciálok együttes értékelését) még egy korábbi kutatásban sem vizsgálták együttesen.

Az irodalomkutatás során arra is kerestük a választ, hogy a számos multikritériumos minősítő módszer közül melyik alkalmazzuk a kutatásukban. Ehhez összesen több, mint 50 cikket, könyvet és értekezést tekintettünk át különböző city logisztikai és egyéb logisztikai részterületekről, az eredményeket pedig az alábbi 3. ábra mutatja (az átláthatóság kedvéért az egyes módszerek alváltozatait összevonva).



3. ábra: Minősítési modellek előfordulása a feltárt city logisztikai és egyéb logisztikai kutatásokban

Az irodalomkutatás fő következtetései ezek alapján az alábbiak:

- a city logisztikában használatos dokumentált minősítési modellek és minősítési módszertanok sokfélék, azonban ezek céljai egyik esetben sem egyeznek meg az általunk megfogalmazott kettős céllal, így a jelenlegi city logisztikai fejlettséget és a jövőbeli fejlesztési potenciált együttesen vizsgáló multikritériumos módszer egy teljesen új alkalmazás lesz
- az AHP (Analytic Hierarchy Process, azaz analitikus hierarchia eljárás) módszerrel [17] kapcsolatosan jelentős mértékben több dokumentált city logisztikai és egyéb logisztikai alkalmazás van, mint más multikritériumos minősítő módszerekkel kapcsolatosan, ebből arra következtethetünk, logisztikai rendszerek értékelésére ez egy megfelelő módszer, így ezt fogjuk mi is alkalmazni kutatásunkban.

2. Korábbi kutatási eredmények

Ebben a pontban szeretnénk röviden összefoglalni a korábbi kutatási eredményeinket, mivel ezek a minősítési modell tesztelése során fontos bementi adatokként fognak szolgálni.

2.1 Adatgyűjtés

Kutatásunk első fázisában valós adatokat kellett gyűjtenünk a vizsgált koncentrált igénypont-halmazokról, mivel semmilyen valós adat nem állt rendelkezésre a koncentrált igénypont-halmazok üzleteinek logisztikai jellemzőivel kapcsolatosan. Ugyanez igaz bármilyen városi terület üzleteire is (Budapesten és más hazai nagyvárosokban egyaránt), nincsenek olyan elérhető adatok, melyek alapján egyes zónák vagy igénypont-halmazok city logisztikai karakterisztikáját vizsgálhatnánk. 2015 és 2018 között 4 budapesti koncentrált igénypont-halmaz (3 bevásárlóközpont és 1 bevásárlóövezet) összesen 490 üzletéről gyűjtöttünk részletes információkat, ezt az adatgyűjtést pedig az általunk kidolgozott vizsgálati módszertannal végeztük el, amely tartalmazott egy feltáró és leíró kutatási részt. A feltáró kutatás megfigyeléses vizsgálatból, az adott helyszínen érvényes jogszabályok áttekintéséből és szakértői interjúból állt. A leíró kutatási rész egy részletes kérdőívet jelentett, melynek összesen 31 kérdése kitér az általános tulajdonságokra, beszállítások jellemzőire, raktározási paraméterekre, inverz logisztikai és házhozszállítási jellemzőkre, az alkalmazott informatikai rendszerre és egy új, közös szervezésű logisztikai rendszerben való részvétel legfontosabb szempontjaira is [18] [19].

A kutatásunk során végzett felmérés eredményei alapján a jelenlegi rendszerben alapvetően nincsenek összehangolva a szállítások (kivéve néhány logisztikai szolgáltató és kiscsomagküldő vállalat esetében), ennek eredménye pedig az, hogy a nagymennyiségű kezelendő árut sok részletben, rossz kihasználtsággal (többnyire kistehergépkocsikban, illetve az üzletek vezetői és alkalmazottai saját személygépkocsikban) szállítják. Az adatgyűjtés eredményei szerint ez üzletenként napi 0,67 szállítást jelent (azaz évi 244 szállítást, ez pedig 490 üzletre egy év alatt 119.568 beszállítási tranzakciót ad ki). Ezen szállítások során naponta összesen közel 3.000 db doboz, közel 200 raklapos egységrakomány, hozzávetőlegesen 2.700 vállfás áru és több, mint 1.000 egyéb szállítási egység érkezik a felmért 490 üzletbe. Ez egy nap több, mint 60 tonna árut jelent, ami egy év alatt több, mint 24.000 tonna beszállított árut ad ki, mindössze 4 vizsgált igénypont-halmaz 490 üzlete esetén, miközben csak Budapest koncentrált igénypont-halmazaiban hozzávetőlegesen több, mint 4.000 üzlet található, a város teljes területén pedig több, mint 30.000. Látható, hogy óriási volumenekről van szó, a beszállítási folyamatok hatékonyságán pedig szervezési megoldásokkal lehetne javítani.

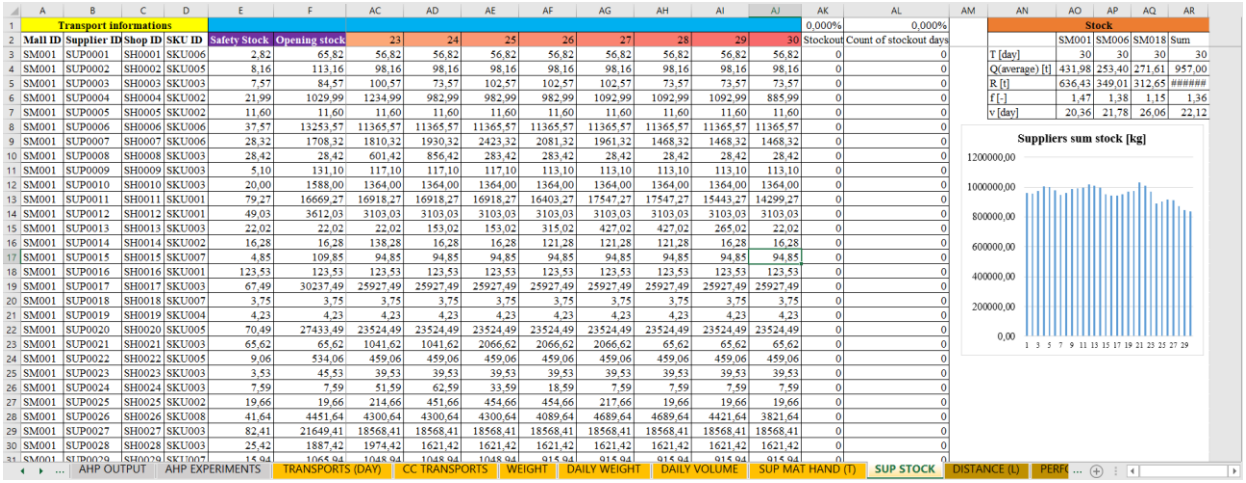
Az adatgyűjtés eredményei rámutattak arra, hogy a korábban csak feltételezett problémák valóban léteznek a koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszereiben, továbbá azt is megtudtuk, hogy a tervezett fejlesztések során nem csak az anyagi haszon, hanem a zöld szempontok is fontosak a rendszer résztvevőinek. Kutatásunk következő lépésében modelleztük a jelenlegi city logisztikai rendszerek folyamatait és a néhány új city logisztikai rendszerkoncepciót, a szimulációs modellezéshez pedig az adatgyűjtésünk eredményei nyújtottak bemeneti adatokat.

2.2 Szimulációs modellezés

A kutatásunk következő lépése a jelenlegi city logisztikai rendszer és az új city logisztikai rendszerkoncepciók [3] modellezése volt. Elsőként kidolgoztuk a logisztikai folyamatok matematikai modelljét mind a jelenlegi rendszerre, mind pedig a vizsgált új koncepciókra [2] [20] [21]. Következő lépésben elkészítettük mind a jelenlegi rendszer, mind pedig az új megoldások mezoszkopikus szintű, MS Excel alapú szimulációs modelljét, először a városhatár és az igénypont-halmazok logisztikai területei között [22], majd pedig a teljes logisztikai folyamatra a beszállítóktól az igénypont-halmazok logisztikai területein át a vevőkig [20] [21]. Ezek mellett elkészítettük a költségstruktúra teljes matematikai modelljét [23], valamint a nyílt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmazok (elsősorban bevásárlóövezetek) topológiai modelljét [21], illetve egy speciális cargo kerékpáros city logisztikai rendszer geometriai modelljét és makroszkopikus szintű szimulációs modelljét is [24] [25].

Az MS Excel alapú szimulációs modellünk (ld. 4. ábra) alkalmazásával számos érdekes eredményt kaptunk, melyek megerősítették azt, hogy érdemes ezen a területen tovább kutatni. A szimuláció során három bevásárlóközpont 178 üzletét vizsgáltuk, ugyanezen bevásárlóközpontokra fogjuk a későbbiekben bemutatni a minősítési módszertan tesztelését is. A korábbi szimulációs vizsgálatok során kapott eredmények szerint a jelenlegi logisztikai rendszerben egy hónap alatt várhatóan 1.346 tonna árut (szórás 31,8 t) szállítanak be. Ez összesen havi 3.397 beszállítási tranzakciót generál (szórás 16,5), ezek

mindegyikéhez tartozik göngyölegkezelés vagy üresjárat is. Ezen felül szükség van 4.097 házhozszállítási tranzakcióra a rendszerben (szórás 72,8). Ezen feladatok elvégzése során összesen 635.385 km utat kell megtenni, ami összesen 3.132 liter benzin, illetve 37.253 liter gázolaj elégetését jelenti, amely pl. 7,1 tonna CO_2 kibocsátását vonja magával a jelenlegi rendszerben. Ezzel szembe állítva vizsgáltunk két új rendszerkoncepciót, ahol konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipeket alakítunk ki, a konszolidált beszállításokat pedig nagyobb tehergépkocsikkal, illetve áruszállító villamos szerelvényekkel bonyolítottuk le [2] [3]. Ezekben a koncepciókban a futtatások során a modellezett árumennyiség 1.356 tonna volt a beszállítók és a konszolidációs központ között (szórás 77 t), a központ és a bevásárlóközpontok között pedig 1338 tonna (szórás 41,5 t); az eltérések a független kísérletekből és a független véletlenszám-generálásból eredtek. Ez a beszállítók és a központ között havi 1.339 beszállítást generált (szórás 16,7), a központ és az igénypont-halmazok között tehergépkocsikkal 269 (szórás 6), közúti vasúti szerelvényekkel pedig 123 (szórás 3) konszolidált beszállításra volt szükség. Ezekhez a mennyiségekhez az új rendszerben tehergépkocsik alkalmazásával 316.109 km menetteljesítmény tartozik (50,2% csökkenés), ami 1.729 liter benzinfogyasztással (44,8% csökkenés), illetve 17.474 liter gázolajfogyasztással jár (53,1% csökkenés), amelyekből pl. 3,5 tonna CO_2 kibocsátás keletkezik (51,5% csökkenés). Amennyiben áttérünk a konszolidált beszállítások során a villamosok alkalmazására, a várható összes menetteljesítmény hozzávetőlegesen 312.890 km-re (a jelenlegi értékhez képest 50,8%-kal) csökken, ez pedig havi 17.169 kWh elektromos áramfogyasztást jelent, amely viszont nem jár közvetlen káros anyag kibocsátással, így kismértékben tovább csökken emiatt a rendszerszintű üzemanyagfogyasztás és káros anyag kibocsátás is [21].



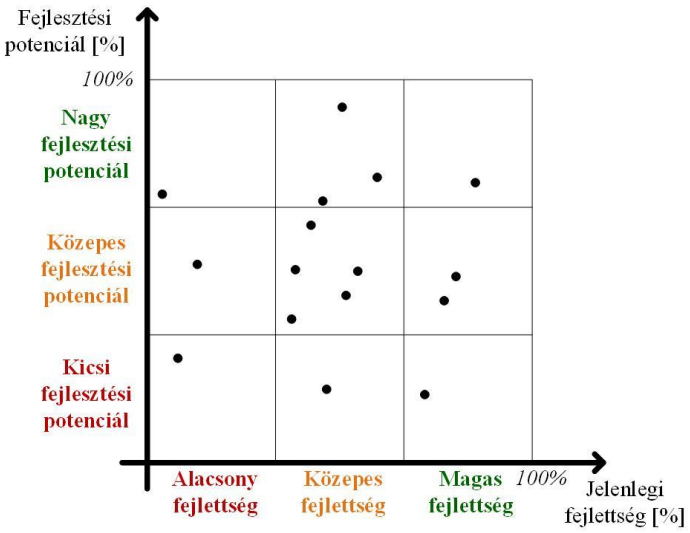
4. ábra: Az MS Excel alapú mezoszkopikus szintű szimulációs modell részlete

A teljesítményparaméterek értékelése mellett megvizsgáltuk a logisztikai költségek (szállítási, tárolási, rakodási, adminisztrációs és intralogisztikai operációs költségek) alakulását is a szimulációs modell használatával. A szimulációs eredmények alapján ekkor a jelenlegi rendszerben 3 bevásárlóközpont 178 üzletére átlagosan havi 287.993 eurós logisztikai költséget kaptunk (szórás 6.859 €), ennek legnagyobb hányada a 229.411 eurós szállítási költség. Az összes költség az új rendszerben tehergépkocsik alkalmazásával 216.153 euróra (szórás 4.654 €) csökkent le a szimulációs eredmények alapján, áruszállító villamos alkalmazásával pedig további csökkenés érhető el, az összes költség ekkor 195.599 euró lett (szórás 4.815 €), így tehergépkocsikkal 24,9%-os, villamos alkalmazásával pedig 32,1%-os költségcsökkenést jelentene az új rendszer az üzemeltetési (logisztikai) költségek oldaláról, elsősorban a beszállítási útvonalakon jelentkező 43,8%-os (villamos esetén 53,9%-os) költségcsökkenésnek köszönhetően [21]. Ez azt jelzi, hogy az új city logisztikai rendszerben nem csak a teljesítmények és kibocsátások, hanem még a napi működés költségei is lecsökkenthetők, azonban nem elhanyagolható a beruházási költségek vizsgálata, amely jelenleg is folyamatban van [26].

3. AHP alapú minősítési modell kidolgozása

A minősítési modell kidolgozása során az első fontos kérdés az volt, hogy hogyan is valósítható meg a kettős szempontrendszer kezelése, azaz hogyan tudjuk együttesen vizsgálni a jelenlegi logisztikai rendszer fejlettségét és a jövőbeli fejlesztési potenciálokat. Mivel azt feltételeztük, hogy lesznek olyan szempontok is, amelyek mindkettőt befolyásolják (pl. a kezelendő áruféleségek száma vagy a jelenlegi behajtási szabályozás, mivel a jövőbeli rendszernél lehet arra is építeni) és akár különböző súlyokkal is

befolyásolhatják azokat, ezért úgy döntöttünk, hogy kétdimenziós minősítést fogunk alkalmazni, azaz két AHP-t fogunk együttesen használni, melyek közül az egyik a jelenlegi city logisztikai szempontú fejlettséget, másik pedig a city logisztikai fejlesztési potenciálokat minősíti. Így a minősítési modell egyszerre fog mindkét kérdésre választ adni, a kapott értékpár pedig azt fogja megmutatni egyszerre, hogy az adott zóna jelenleg mennyire fejlett, illetve mennyire fejleszthető. Eszerint elképzelhető az eredményként, hogy egy jelenleg fejletlen zóna jól fejleszthető, egy jelenleg már fejlett zóna nem fejleszthető nagy mértékben tovább, de akár az is előfordulhat, hogy egy fejletlen zóna nem fejleszthető jól vagy épp egy már fejlett zóna még nagy mértékben fejleszthető tovább. A minősítéstől elvárt eredményeket az 5. ábra szemlélteti, ahol az egyes pontok egyes zónákat jelölnek, a jelenlegi fejlettséget és a fejlesztési potenciált minősítő értékeket pedig 3-3 kategóriába soroltuk be.



5. ábra: A minősítési modell tervezett kimenete

A minősítési modell kidolgozása során először formalizáltuk a kétdimenziós AHP-t, majd összegyűjtöttük a minősítő szempontokat és végül a City Logisztikai Kutatócsoport munkatársai és további szakértők segítségével értékeltük is a szempontokat.

3.1 AHP alapú minősítési modell

Az AHP alapú minősítési modell kiinduló lépése a páros összehasonlítási mátrix felvétele a jelenlegi fejlettség és a fejlesztési potenciálok értékelésére. Ezek az $\underline{A^P}$ és $\underline{A^F}$ jelölést kapták (P, mint Present, azaz a jelenlegi fejlettség értékelése, illetve F, mint Future, azaz a jövőbeli fejlesztési potenciál értékelése). A mátrixokban A^P_i, valamint A^F_k az egyes szempontok. Az így definiált két páros összehasonlítási mátrix az 1. és 2. táblázatokban látható, ahol w^P_i és w^F_k az egyes szempontok súlyai, i, j, k és l pedig egészértékű futóindexek (i, j = 1…n; k, l = 1…m).

1. táblázat: A jelenlegi fejlettség értékeléséhez tartozó páros összehasonlítási mátrix

$\underline{\mathbf{A^P}}$	$\mathbf{A^P_1}$	$\mathbf{A^P_2}$	…	$\mathbf{A^P_j}$	…	$\mathbf{A^P_n}$
$\mathbf{A^P_1}$	w^P_1/w^P_1	w^P_1/w^P_2	…	w^P_1/w^P_j	…	w^P_1/w^P_n
$\mathbf{A^P_2}$	w^P_2/w^P_1	w^P_2/w^P_2	…	w^P_2/w^P_j	…	w^P_2/w^P_n
…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A^P_i}$	w^P_i/w^P_1	w^P_i/w^P_2	…	w^P_i/w^P_j	…	w^P_i/w^P_n
…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A^P_n}$	w^P_n/w^P_1	w^P_n/w^P_2	…	w^P_n/w^P_j	…	w^P_n/w^P_n

2. táblázat: A fejlesztési potenciál értékeléséhez tartozó páros összehasonlítási mátrix

$\underline{\mathbf{A^F}}$	$\mathbf{A^F_1}$	$\mathbf{A^F_2}$	…	$\mathbf{A^F_l}$	…	$\mathbf{A^F_m}$
$\mathbf{A^F_1}$	w^F_1/w^F_1	w^F_1/w^F_2	…	w^F_1/w^F_l	…	w^F_1/w^F_m
$\mathbf{A^F_2}$	w^F_2/w^F_1	w^F_2/w^F_2	…	w^F_2/w^F_l	…	w^F_2/w^F_m
…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A^F_k}$	w^F_k/w^F_1	w^F_k/w^F_2	…	w^F_k/w^F_l	…	w^F_k/w^F_m
…	…	…	…	…	…	…
$\mathbf{A^F_m}$	w^F_m/w^F_1	w^F_m/w^F_2	…	w^F_m/w^F_l	…	w^F_m/w^F_m

Ezek alapján látható, hogy a mátrixok egyes $a^{P}_{i,j}$, illetve $a^{F}_{k,l}$ elemei (melyek azt mutatják meg, hogy az i. szempont mennyivel fontosabb a j. szempontnál, valamint a k. szempont az l. szempontnál) az alábbi módon adódnak a jelenleg fejlettség, illetve a jövőbeli fejlesztési potenciál vizsgálata során:

$$a^{P}_{i,j} = \frac{w^{P}_{i}}{w^{P}_{j}} \tag{1}$$

$$a^{F}_{k,l} = \frac{w^{F}_{k}}{w^{F}_{l}} \tag{2}$$

Ekkor értelemszerűen a főátló alatt, illetve felett található értékek egymás reciprokjai, azaz:

$$a^{P}_{i,j} = \frac{1}{a^{P}_{j,i}} \tag{3}$$

$$a^{F}_{k,l} = \frac{1}{a^{F}_{l,k}} \tag{4}$$

Az AHP következő lépése a normalizált páros összehasonlítási mátrix előállítása, amihez elsőként a páros összehasonlítási mátrix oszlopait kell összegezni, majd a mátrix egyes értékeit az adott oszlop összegével leosztani. A normalizált mátrixra igaz, hogy az oszlopaiban található értékek összege minden oszlopban 1 lesz. Eszerint így kapjuk meg a normalizált mátrixok ($\underline{\underline{A^{*P}}}$ és $\underline{\underline{A^{*F}}}$ mátrixok) értékeit:

$$a^{*P}_{i,j} = \frac{a^{P}_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n} a^{P}_{i,j}} \tag{5}$$

$$a^{*F}_{k,l} = \frac{a^{F}_{k,l}}{\sum_{k=1}^{m} a^{F}_{k,l}} \tag{6}$$

Az AHP következő lépése az egyes szempontok súlyainak meghatározása, melynek alapcélja az, hogy a súlyszámok (w_i^P, illetve w_k^F) összege 1 legyen, azaz teljesülnie kell az alább kritériumoknak:

$$\sum_{i=1}^{n} w^{P}_{i} = 1 \tag{7}$$

$$\sum_{k=1}^{m} w^{F}_{k} = 1 \tag{8}$$

A súlyok meghatározásának az alaplogikáját az alábbi formulák adják:

$$\left(\underline{\underline{A^{*P}}} - \lambda^{P}_{max} \times \underline{\underline{E_n}}\right) \times \underline{w^{P}} = 0 \tag{9}$$

$$\left(\underline{\underline{A^{*F}}} - \lambda^{F}_{max} \times \underline{\underline{E_m}}\right) \times \underline{w^{F}} = 0 \tag{10}$$

ahol:

- λ_{max} rendre a legnagyobb sajátértéket jelenti
- $\underline{\underline{E_n}}$ az n x n-es egységmátrix
- $\underline{\underline{E_m}}$ az m x m-es egységmátrix
- $\underline{w^P}$, illetve $\underline{w^F}$ pedig a súlyokat tartalmazó sajátvektorok.

Ebből az egyenletből a w_i^P, illetve w_k^F súlyokat kifejezve megkapjuk a valós megoldásokat. Első lépésben erre egy közelítő megoldást alkalmaztunk, amely szerint a súlyokat a mátrix soraiban található elemek átlagaként állítottuk elő az alábbi módon:

$$w^{P}_{i} = \frac{\sum_{j=1}^{n} a^{*P}_{i,j}}{n} \tag{11}$$

$$w^{F}_{k} = \frac{\sum_{l=1}^{m} a^{*F}_{k,l}}{m} \tag{12}$$

A következő lépés az AHP módszer alkalmazása során a konzisztencia ellenőrzése, mivel az AHP esetén fontos, hogy meg kell vizsgálni azt, hogy a szempontok egymáshoz vett fontosságai konzisztensek-e (tehát például, ha A 2-szer olyan fontos, mint B, akkor B 0,5-ször olyan fontos, mint A). Ehhez először meg kellett határozni a P értékeket, melyeket az eredeti páros összehasonlítás mátrix sorait adó vektorokat ($\underline{a_i^P}$, illetve $\underline{a_k^F}$) a súlyokat tartalmazó vektorral ($\underline{w^P}$, illetve $\underline{w^F}$) összeszorozva, majd az adott súllyal elosztva kaphatjuk meg az alábbi módon:

$$P_i^P = \frac{a_i^P \cdot w^P}{w_i^P} \quad (13)$$

$$P_k^F = \frac{a_k^F \cdot w^F}{w_k^F} \quad (14)$$

Ezen értékeket felhasználva határozhatjuk meg a CI konzisztencia indexet az alábbi módon:

$$CI^P = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n} P_i^P}{n} - n}{n-1} \quad (15)$$

$$CI^F = \frac{\frac{\sum_{k=1}^{m} P_k^F}{m} - m}{m-1} \quad (16)$$

A következő lépés a konzisztencia ellenőrzése során a Saaty-féle random index felvétele (RI^P, illetve RI^F) [27]. A minősítő modell gyakorlati alkalmazása során a következőkben a Donegan-Dodd-féle kísérleti úton meghatározott értékek interpolálásával vett értékeket alkalmaztuk [27]. Az RI^P és RI^F random indexek ismeretében már meghatározható a konzisztencia hányados (CR^P, illetve CR^F) az alábbi módon:

$$CR^P = \frac{CI^P}{RI^P} \quad (17)$$

$$CR^F = \frac{CI^F}{RI^F} \quad (18)$$

Ha az így kapott értékek 0,1-nél (ami egy gyakorlati érték) kisebbek, akkor a vizsgált mátrix konzisztens. Ha azt kapjuk, hogy az eredmény nem konzisztens, akkor a páros összehasonlítási mátrixban korrigálni kell a felvett súlyokat.

Az AHP következő lépése a súlyozott preferenciahányadosok képzése. Ehhez először fel kell venni az adott szempontokhoz és a vizsgált w db városi zónához (Z_1, Z_2, … Z_w) tartozó teljesítési értékeket, azaz a T^{P,z_i} és T^{F,z_k} értékeket. Itt z=1…w egész szám, a vizsgált zónához tartozó azonosító index. Ekkor a preferenciahányadosok ($P_{z,i}{}^P$, illetve $P_{z,f}{}^K$) az alábbi módon alakulnak (ezek esetén az az alapértelmezett helyzet, hogy a kisebb teljesítési érték a jobb, amennyiben a nagyobb érték lenne a jobb, akkor a teljesítési értéket a teljesítési értékek maximumával kell leosztani):

$$P_{z,i}^P = w_i^P \cdot \frac{T_{i,MIN}^P}{T_i^{P,z}} \quad (19)$$

$$P_{z,k}^F = w_k^F \cdot \frac{T_{k,MIN}^F}{T_k^{F,z}} \quad (20)$$

ahol:

- $T_{i,MIN}^P = MIN\{T_i^{P,1}; T_i^{P,2}; \dots; T_i^{P,w}\}$, valamint $T_{k,MIN}^F = MIN\{T_k^{F,1}; T_k^{F,2}; \dots; T_k^{F,w}\}$.

A minősítés utolsó lépése az egyes zónákhoz tartozó $P_z{}^P$, illetve $P_z{}^F$ minősítő értékek meghatározása. Az egyes zónákra vonatkozó minősítő értékek ekkor az alábbiak lesznek:

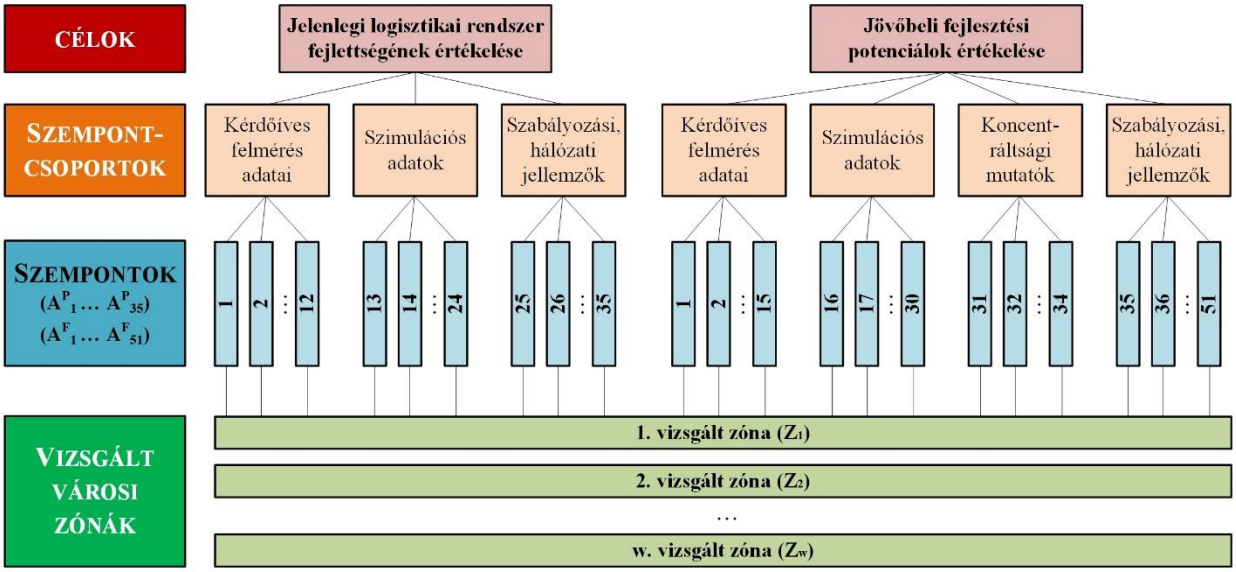
$$P_z^P = \sum_{i=1}^{n} P_{z,i}^P \ [\%] \quad (21)$$

$$P_z^F = \sum_{k=1}^{m} P_{z,k}^F \ [\%] \quad (22)$$

Az így kapott minősítési értékek meg fogják adni azt, hogy egy vizsgált zóna mennyire fejlett jelenleg city logisztikai szempontból, illetve mekkora jövőbeli fejlesztési potenciál van benne. Minél nagyobb egy adott érték, annál jobb eredményt ért el az adott zóna, az elérhető maximum érték pedig rendre 100%.

3.2 Minősítési szempontrendszer

Az alábbi 6. ábra szemlélteti a céljainkat, a szempontcsoportokat, az azokhoz tartozó szempontrendszert, és a vizsgált városi zónákat. Látható, hogy a szempontokat négy fő kategóriába soroltuk be: a korábbi kutatási eredményeinkből származtatott szempontok a kérdőíves felmérésből származó adatok és a szimuláció kimenetként kapott adatok kategóriájába kerültek, ezen felül külön csoportot jelentenek a szabályozással és logisztikai hálózattal kapcsolatos ismérvek és a csak a jövőbeli fejlesztési potenciál vizsgálata során alkalmazott koncentráltsági mutatók.



6. ábra: Az AHP alapú minősítési modell döntési fája

A jelenlegi logisztikai rendszer fejlettségének értékeléséhez az alábbi listában látható szempontokat definiáltuk (az áttekinthetőség kedvéért néhány szempontot összevontuk és a sorszámokkal jeleztük, hogy több szempontról van szó az adott pontban; ezen felül dőlt betűvel jeleztük azon szempontokat, ahol a nagyobb teljesítési érték jelenti a jobbat, a többi esetén az alapértelmezett módon a kisebb érték a jobb).

- **Kérdőíves felmérésből származó jellemzők**
  - ***1.*** *A zóna igénypontjainak megfelelése az aktuális behajtási szabályozásnak [%]*
  - **2.** Zónára jellemző mozgatási egység típusok száma
  - ***3.*** *Egységrakományképző eszközöket alkalmazó igénypontok aránya [%]*
  - ***4.*** *Éjszakai szállítás részaránya igénypontonként [%]*
  - **5.** Csúcsidőben történő szállítás részaránya igénypontonként [%]
  - ***6.*** *Cargo kerékpáros áruszállítás részaránya igénypontonként [%]*
  - ***7.*** *Zónában található raktárhelyiségek átlagos területe [m^2/igénypont]*
  - ***8.*** *Átlagos időtartam, amely ellátható az igénypont teljesen feltöltött polcairól [nap]*
  - **9.** Kifelé történő szállítások előfordulási aránya (házhozszállítások nélkül) a zónában [%]
  - ***10.*** *Igénypontok informatikai/vállalatirányítási rendszerének megléte [%]*
  - **11.** Házhozszállítások előfordulási aránya a zónában [%]
  - **12.** Házhozszállítás átlagos részaránya a zóna igénypontjaiból kiindulva [%]
- **Szimuláció kimeneteként kapott jellemzők**
  - **13.** A zónába történő beszállítási tranzakciók száma [szállítás/időszak]
  - **14-15.** Egy igénypontra eső átlagos összes menet-, illetve szállítási teljesítmény [km/igénypont/időszak; tkm/igénypont/időszak]
  - **16-20.** Egy igénypontra eső átlagos CO_2, CO, NO_x, HC, illetve PM kibocsátás [kg/igénypont/időszak]
  - **21.** Átlagos igénypontho tartozó rendszerszintű átlagos készlet [t/igénypont/időszak]
  - **22-23.** Egy igénypontra eső átlagos összes logisztikai, illetve szállítási költség [Ft/igénypont/időszak]
  - **24.** A zónához tartozó jelenlegi logisztikai infrastruktúra működtetési költsége [Ft/időszak]

- **Szabályozással, logisztikai hálózattal kapcsolatos jellemzők**
  - ***25.*** *Behajtási szabályozás megléte*
  - ***26-27.*** *Szabályozási rendszer megfelelősége, illetve betarthatósága az adott zónában*
  - ***28.*** *Rakodási lehetőségek rendelkezésre állása az adott zónában [db rakodóhely/igénypont]*
  - **29.** A zóna igénypontjainak rakodóhelyektől vett átlagos távolsága [m]
  - ***30.*** *Közlekedési infrastruktúra állapota az adott zónában*
  - ***31.*** *Elektromos töltési hálózat által biztosított lefedettség az adott zónában [db/km^2]*
  - ***32.*** *Cargo kerékpáros áruszállítási lehetőség (megfelelő kerékpárút hálózat) rendelkezésre állása*
  - ***33-34.*** *Kötött pályás, illetve vízi áruszállítási lehetőségek jelenlegi kihasználása az adott zónában [%]*
  - ***35.*** *Kombinált városi áruszállítási lehetőségek előfordulása az adott zónában [%]*

A jövőbeli city logisztikai szempontú fejlesztési potenciálok értékeléséhez az alábbi listában látható szempontokat definiáltuk (az előbbihez hasonló egyszerűsítésekkel és jelölésekkel).

- **Kérdőíves felmérésből származó jellemzők**
  - **1.** Zónára jellemző mozgatási egység típusok száma
  - ***2.*** *Egységrakományképző eszközöket alkalmazó igénypontok aránya*
  - **3.** Áruféleségek átlagos száma igénypontonként
  - **4.** Összevonható árucsoportok száma az adott zónában
  - **5-6.** Speciális kezelést igénylő, illetve hűtendő és romlandó áruféleségek aránya igénypontonként [%]
  - ***7.*** *Éjszakai szállítás jelenlegi részaránya igénypontonként [%]*
  - ***8.*** *Cargo kerékpáros áruszállítás részaránya igénypontonként [%]*
  - ***9.*** *Zónában található raktárhelyiségek átlagos területe [m^2/igénypont]*
  - ***10.*** *Átlagos időtartam, amely ellátható az igénypont teljesen feltöltött polcairól [nap]*
  - **11.** Kifelé történő szállítások előfordulási aránya (házhozszállítások nélkül) a zónában [%]
  - ***12.*** *Igénypontok informatikai/vállalatirányítási rendszerének megléte [%]*
  - ***13-15.*** *Igénypontok átlagos részvételi hajlandósága, zöld szempontok átlagos fontossága, illetve a városi közlekedési viszonyok átlagos fontossága új logisztikai rendszerben*
- **Szimuláció kimeneteként kapott jellemzők**
  - ***16.*** *A zónába történő beszállítási tranzakciók számának várható csökkenése [%]*
  - ***17.*** *A zónába beérkező összes kezelendő árumennyiség [t/időszak]*
  - ***18.*** *A zóna igénypontjai által generált összes menetteljesítmény várható csökkenése [%]*
  - **19.** A zóna igénypontjai által generált összes szállítási teljesítmény várható növekedése [%]
  - ***20-24.*** *A zóna igénypontjai által generált összes CO_2, CO, NO_x, HC, illetve PM kibocsátás várható csökkenése [%]*
  - **25.** Zónára vonatkozó rendszerszintű készlettömeg növekedése [%]
  - ***26-27.*** *Zónára vonatkozó rendszerszintű összes logisztikai, illetve szállítási költség változásának mértéke [%]*
  - **28.** A zónához tartozó jövőbeli logisztikai infrastruktúra működtetésének várható költsége [Ft]
  - **29-30.** A zónához tartozó áruforgalmi zsilipek, illetve közös rakodóhelyek kialakításának várható költsége [Ft]
- **Koncentráltsági mutatók**
  - ***31.*** *A zóna igénypontjainak koncentráltsági foka [db igénypont/km^2 alapterület]*
  - ***32.*** *A zóna igénypontjainak koncentráltsági foka a többszintes igénypont-halmazokat is figyelembe véve [db igénypont/km^2 rendelkezésre álló teljes terület]*
  - ***33.*** *A zóna területarányos koncentráltsági foka [m^2 igénypont alapterület/m^2 alapterület]*
  - ***34.*** *A zóna területarányos koncentráltsági foka a többszintes igénypont-halmazokat is figyelembe véve [m^2 igénypont alapterület/m^2 rendelkezésre álló teljes terület]*
- **Szabályozással, logisztikai hálózattal kapcsolatos jellemzők**
  - ***35.*** *Behajtási szabályozás megléte*
  - ***36-37.*** *Szabályozási rendszer megfelelősége, illetve betarthatósága az adott zónában*
  - ***38.*** *Rakodási lehetőségek rendelkezésre állása az adott zónában [db rakodóhely/igénypont]*
  - **39.** A zóna igénypontjainak rakodóhelyektől vett átlagos távolsága [m]
  - ***40.*** *Közlekedési infrastruktúra állapota az adott zónában*
  - ***41.*** *Elektromos töltési hálózat által biztosított lefedettség az adott zónában [db/km^2]*

- ***42.*** *Cargo kerékpáros áruszállítási lehetőség (megfelelő kerékpárút hálózat) rendelkezésre állása*
- ***43-44.*** *Kötött pályás, illetve vízi áruszállítási lehetőségek rendelkezésre állása az adott zónában*
- ***45.*** *Kombinált városi áruszállítási rendszer kialakítási lehetőségei az adott zónában*
- ***46-47.*** *A zóna igénypontjainak átlagos távolsága a kötött pályás, illetve a vízi hálózattól [km]*
- ***48-49.*** *Az adott zónát kiszolgáló zsilip létrehozására bevonható barnamezős területek rendelkezésre állása [db bevonható barnamezős terület; m^2 bevonható barnamezős terület]*
- **50.** A zóna rakodóhelyeinek átlagos távolsága a bevonható barnamezős területektől [km]
- **51.** Átrakási pontok szükséges száma az adott zónát kiszolgáló új logisztikai rendszerben

A következő lépésben ezeket a szempontokat szakértők segítségével súlyoztuk.

3.3 A szempontok súlyozása

A szempontok súlyozására összesen 18 embert kértünk fel a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karáról, a Levegő Munkacsoporttól és a Budapesti Közlekedési Központtól. Tőlük összesen 13 értékelés érkezett, ezek alapján pedig súlyozásos módszerrel határoztuk meg a szempontok végleges súlyszámait.

A súlyozásnál az alábbi 4 kategóriát lehetett választani mind a jelenlegi fejlettséget értékelő szempontok, mind pedig a fejlesztési potenciálokat értékelő szempontok esetén:

- 1 - kevésbé fontos
- 2 - közepesen fontos
- 3 - fontos
- 4 - kiemelkedően fontos.

A beérkezett értékelések súlyozásakor figyelembe vettük azt, hogy a kitöltést végző szakértő mennyi ideje tevékenykedik a city logisztika, illetve a városi közlekedés területén. A szakértők tapasztalatát ehhez egy hármas skálán értékeltük, és a válaszadók közül ketten estek a legtapasztaltabb (3-as) kategóriába, négyen a közepesen tapasztalt (2-es) kategóriába, heten pedig a kevésbé tapasztalt (1-es) kategóriába. Ezeket az értékeket is figyelembe véve már elvégezhettük a súlyozást, melyek alapján a különböző fontosságú szempontok az alábbiak szerint fordulnak elő:

- **1 - kevésbé fontos**: 0 szempont a jelenlegi city logisztikai szempontú fejlettség értékelése, illetve 0 szempont a jövőbeli city logisztikai fejlesztési potenciálok értékelése esetén
- **2 - közepesen fontos**: 1 szempont, illetve 1 szempont
- **3 - fontos**: 16 szempont, illetve 22 szempont
- **4 - kiemelkedően fontos**: 18 szempont, illetve 28 szempont.

A kevésbé fontos, illetve a közepesen fontos kategória azért lett alulreprezentált, mert az értékelést végző szakértők is a 2-es (28,4% a jelenlegi fejlettség, illetve 26,5% a fejlesztési potenciálok esetén), 3-as (36,7%, illetve 40,1%), illetve 4-es kategóriát (25,3%, illetve 27,3%) részesítették előnyben, tehát a szempontok jelentős részét legalább közepesen fontosnak ítélték meg, ezek pedig nagyobb súllyal szerepeltek, így a rendkívül kevés 1-es kategóriához tartozó értékelésnek (9,7%, illetve 6%) kevés hatása volt a végleges súlyokra.

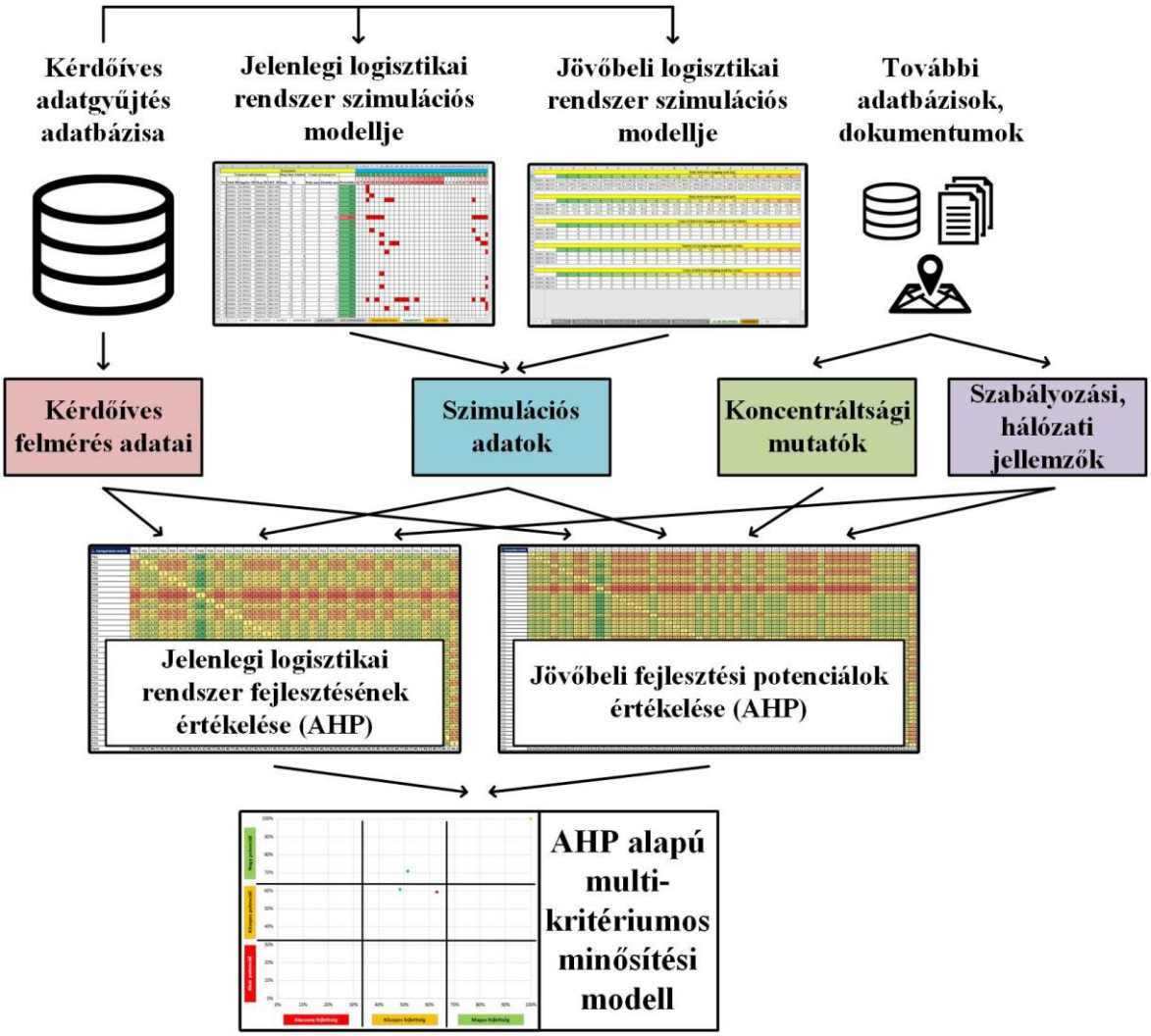
4. A minősítési modell alkalmazása budapesti bevásárlóközpontokra

Mivel a kutatásunk korábbi fázisaiból már rendelkezésünkre állt három budapesti bevásárlóközpontra egy mezoszkopikus szintű szimulációs modell, ezért úgy döntöttünk, hogy első lépésben ezekre alkalmazzuk az AHP alalpú minősítési modellünket, tehát a tesztelés során ez a három bevásárlóközpont adta meg a három minősített zónát.

4.1 Az alkalmazás folyamata

A minősítési modell tesztelése során első lépésben összegyűjtöttük a megfelelő adatokat, a korábbi kérdőíves felmérésünk eredményeit tartalmazó adatbázis adatain végrehajtottuk a megfelelő elemzéseket, a szimulációs modell testre szabása és kísérlettervezés után előállítottuk a megfelelő indikátorokat, valamint minden további paramétert felvettünk korábbi kutatási eredményeink (pl. a kötött pályás városi áruszállítással vagy a barnamezős területekkel kapcsolatos eredményeink) és különböző térképes adatbázisok (pl. a kerékpárút hálózatot, illetve az elektromos töltési hálózatot tartalmazó adatbázisok) alapján. Az így kapott adatokat megadtuk a kétdimenziós AHP modell bemeneti adattáblájaként, előállítottuk a páros összehasonlítási mátrixokat, a normalizált mátrixokat, ellenőriztük a konzisztenciát,

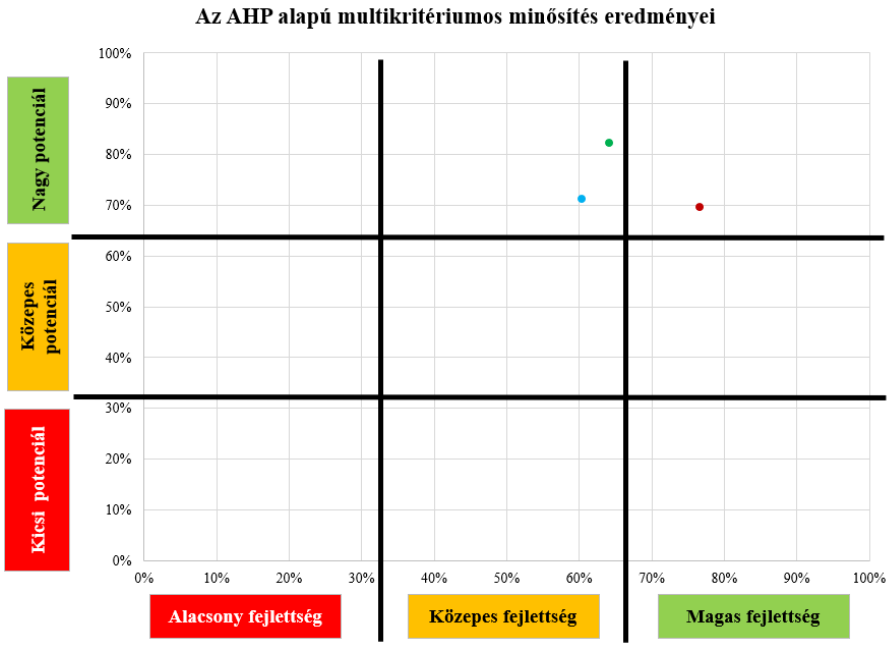
végül meghatároztuk a teljesítési értékeket, a súlyozott preferenciahányadosokat, végül pedig rangsoroltuk a vizsgált zónákat (azaz bevásárlóközpontokat). Az alkalmazás folyamatát a 7. ábra mutatja.



7. ábra: Az AHP alapú minősítési modell alkalmazásának folyamata

4.2 Minősítés fiktív zóna nélkül

A minősítést először a három vizsgált bevásárlóközpontra végeztük el, tehát három zónát minősítettünk a kétdimenziós, AHP-alapú minősítési modell használatával. Az így kapott eredményeket a 8. ábra szemlélteti. Az ábra szerint egy zóna magas fejlettségű és nagy fejlesztési potenciállal rendelkezik, a másik két zóna pedig közepes fejlettségű, nagy fejlesztési potenciállal. Ezzel az eredménnyel az az elsődleges probléma, hogy a korábbi adatgyűjtéshez tartozó feltáró kutatás tanulságai szerint egyik bevásárlóközpont sem mondható city logisztikai szempontból nagyon fejlettnek, számos fejlesztési lehetőséget tártunk fel, a közepes, 50-60% körüli fejlettség festene reális képet mindhárom esetben, azonban az AHP sajátosságai miatt csak a közepesen fejlett zónák legjobbjához tudunk viszonyítani, így pedig a kapott eredmények felfelé torzulnak, azaz az egymáshoz képesti sorrendjük ugyan megfelelő a zónáknak, de a teljesítési értékek nem reálisak.



8. ábra: A minősítési modell tesztelése fiktív zóna nélkül

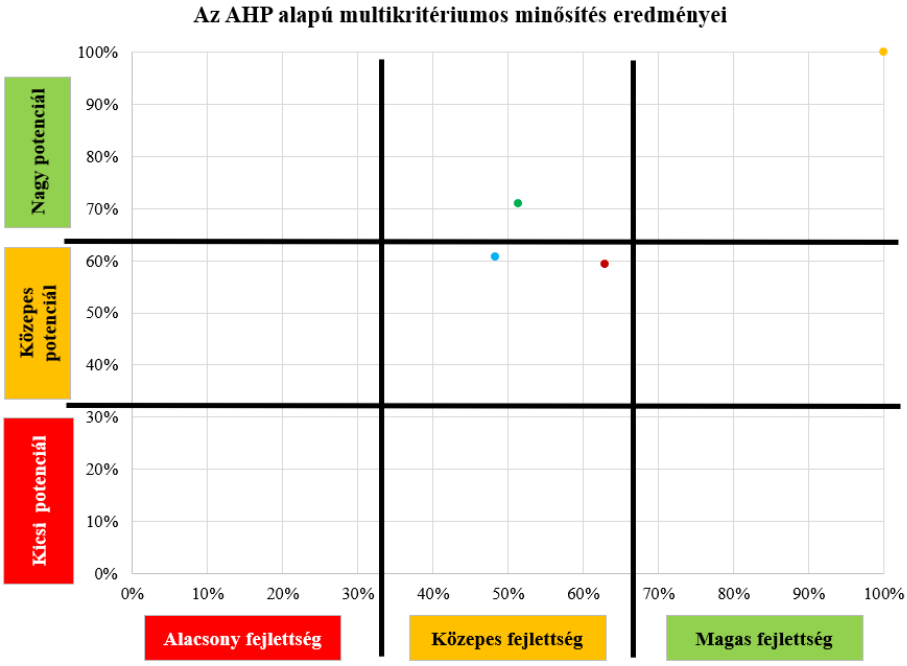
Ezen tapasztalataink miatt úgy döntöttünk, hogy felveszünk egy negyedik, úgynevezett fiktív zónát, és úgy is megvizsgáljuk ezt a három bevásárlóközpontot.

4.3 Minősítés fiktív zónával

A fiktív zónát azzal a céllal vettük fel, hogy elméleti, jó tulajdonságokkal (tehát magas fejlettséggel és nagy fejlesztési potenciállal rendelkező) zónához (a teszt esetén egy fiktív bevásárlóközponthoz) tudjuk viszonyítani a vizsgált zónákat. Az így felvett fiktív zóna tulajdonságai az alábbiak:

- skálán felvett értékeknél a legjobb (legkisebb vagy legnagyobb) értéket vettük fel
- százalékos, egyértelmű optimummal rendelkező értékeknél a legjobb (értelemszerűen 0%-os vagy 100%-os) értéket vettük fel
- egyértelmű optimummal nem rendelkező szempontoknál a vizsgált zónák közül a legjobb értékkel rendelkező zónánál 10%-kal jobb (kisebb vagy nagyobb) értéket vettünk fel.

A fiktív zóna felvétele után elvégeztük a minősítést négy zónára is, és az alábbi 9. ábrán látható eredményeket kaptuk.



9. ábra: A minősítési modell tesztelése fiktív zónával

Ezek az eredmények már jobban tükrözik a valóságot, a fiktív zóna minden szempontból a legjobban teljesített, egy zóna lett közepes fejlettségű és nagy fejlesztési potenciálú, két további zóna pedig közepes fejlettségű és közepes fejlesztési potenciálú lett. Az első és a második teszt eredményeinek összehasonlítását az alábbi 3. táblázat mutatja meg.

3. táblázat: A tesztelés során kapott eredmények összehasonlítása

	Jelenlegi logisztikai rendszer fejlettsége		**Jövőbeli fejlesztési potenciálok**	
Zóna	**Fiktív zóna nélkül**	**Fiktív zónával**	**Fiktív zóna nélkül**	**Fiktív zónával**
SM001	64,16%	51,41%	82,21%	70,97%
SM002	60,44%	48,30%	71,12%	60,66%
SM003	76,61%	62,86%	69,53%	59,25%

A kapott eredmények alapján úgy döntöttük, hogy a későbbiek során a fiktív zónát alkalmazó megoldást fogjuk alkalmazni, mivel ennek kapcsán realisztikusabb eredményeket kaptunk a zónák értékelése során.

5. További feladatok

Kutatásunk során elkészült egy AHP alapú, kétdimenziós minősítési modell városi övezetek jelenlegi city logisztikai fejlettségének, illetve jövőbeli city logisztikai szempontú fejlesztési potenciáljának értékelésére, azonban már most több feladatot megfogalmaztunk a kutatás következő fázisaira.

Szeretnénk az AHP modell alkalmazásába a beépíteni a súlyszámok meghatározásához használandó lineáris egyenletrendszer automatizált megoldását, mivel eddig csak egy közelítő megoldással tudtunk dolgozni, így még egzaktabbá tehetjük az értékelést a továbbiakban. Emellett szeretnénk még a budapesti Váci utca bevásárlóövezet értékelését is elvégezni, mivel ezzel kapcsolatosan is részletes adataink állnak rendelkezésre, azonban első lépésként erre is szükséges lesz felépíteni egy szimulációs modellt. Amennyiben ez a modell is el fog készülni, akkor már a 3 bevásárlóközpontra és a Váci utca bevásárlóövezet zónáira (tervezetten négy zónára) is el fogjuk tudni végezni a multikritériumos minősítést. Ezeken felül fontos lesz még érzékenységvizsgálatokat is végezni, azaz megvizsgálni azt, hogy a súlyszámok változtatása milyen hatással van a végeredményre.

Szintén fontos feladat lesz beépíteni a minősítési modellbe azokat a szempontokat, melyeket a szempontrendszer értékelését végző szakértők fogalmaztak meg az értékelés során. Ezek a szempontok az alábbiak:

- **Jelenlegi city logisztikai rendszer fejlettségének értékelése**
  - Autonóm tehergépjárművek, valamint áruszállító drónok előfordulása a zónán belül [%]
  - Autonóm tehergépjárművek, valamint áruszállító drónok alkalmazási lehetőségei a zónán belül, az infrastruktúra és a szabályozás alapján
  - Csomagpontok száma a zónában [db]
  - Csomagpontok sűrűsége a zónában [db/km^2]
  - A zónában érvényes szabályozás ellenőrzésének lehetőségei (pl. szabálytalan rakodással szembeni fellépés lehetősége)
- **Jövőbeli city logisztikai szempontú fejlesztési potenciál értékelése**
  - Autonóm tehergépjárművek, valamint áruszállító drónok alkalmazási lehetőségei a zónán belül, az infrastruktúra és a szabályozás alapján
  - Gyalogos futárok bevonásának lehetősége
  - Csomagpontok száma a zónában [db]
  - Csomagpontok sűrűsége a zónában [db/km^2]
  - A zónában érvényes szabályozás ellenőrzésének lehetőségei (pl. szabálytalan rakodással szembeni fellépés lehetősége)

Kutatásunk következő fázisában ezeket a szempontokat szeretnénk majd felülvizsgálni, és közülük néhányat beépíteni a minősítési modellbe, a kibővített szempontrendszerrel pedig újra el fogjuk végezni a tesztelés során vizsgált zónák, majd pedig a Váci utca bevásárlóövezet zónáinak értékelését.

Konklúzió

A célunk az volt, hogy a cikkünkben egy olyan, AHP alapú multikritériumos minősítési modellt mutassunk be, amellyel vizsgált városi övezeteket egy kétdimenziós szempontrendszerben tudunk city logisztikai

szempontok szerint értékelni. Ennek a minősítési modellnek az elsődleges célja az volt, hogy alkalmas legyen jövőbeli city logisztikai projektek során azon városi zónák kijelölésére, amelyeket lehet és érdemes fejleszteni. A minősítési modell kiválasztásához megvizsgáltuk a kapcsolódó szakirodalmat, és arra jutottunk, hogy az AHP módszer a legjobban elterjedt mind a city logisztikában, mind pedig más logisztikai részterületeken, így úgy döntöttünk, hogy mi is ezt fogjuk használni. Ezen felül az irodalomkutatás azt is megmutatta számunkra, hogy ilyen minősítési modellt még az általunk definiált city logisztikai célokra nem dolgoztak ki a korábbiakban.

A minősítési modell kidolgozása során a korábbi kutatásaink eredményeit vettük alapul, felhasználtuk mind a saját fejlesztésű adatgyűjtésű módszertanunkkal gyűjtött adatokat, mind pedig a mezoszkopikus szintű szimulációs modellünket, amellyel mind a jelenlegi rendszert, mind pedig új city logisztikai rendszerkoncepciókat meg tudtunk vizsgálni. Ennek megfelelően négy fő szempontcsoportot definiáltunk a minősítési modell kifejlesztése során: kérdőíves adatgyűjtésből származó adatokat, szimulációs modell kimeneteként kapott adatokat, koncentráltsági mutatókat, valamint a szabályozással és a logisztikai hálózattal kapcsolatosan ismérveket. Cikkünkben részletesen bemutattuk a minősítési modell matematikai úton történő leírását, valamint a szempontok súlyozásának menetét. A szempontok súlyozására 18 szakértőt kértünk fel, végül pedig 13 ember véleménye nyomán tudtuk meghatározni a végleges súlyokat. A súlyozás során az értékelést végző szakemberek tapasztalatát is figyelembe vettük.

Az így előállt súlyszámok, és a különböző forrásokból származó bemeneti adatok felhasználásával végül három budapesti zónára (három általunk korábban felmért bevásárlóközpontra) végeztük el a minősítési modell tesztelését. Az első vizsgálat során csak a három zónát vizsgáltuk, a kapott eredmények azonban nem bizonyultak megfelelőnek, mivel az AHP egymáshoz viszonyította a három zónát, így túl magas teljesítési értékeket kaptunk. Emiatt felvettünk egy úgynevezett fiktív zónát, ezzel kiegészítve a vizsgálatot pedig már valósághű eredményeket kaptunk, a minősítési modell megfelelően értékelte a vizsgált városi zónákat, megmutatta jelenlegi fejlettségüket és a bennük rejlő fejlesztési potenciálokat is. Cikkünk végén több feladatot is megfogalmaztunk kutatásunk folytatásához, azt azonban már most kijelenthetjük, hogy sikerült kidolgoznunk egy olyan multikritériumos minősítési modellt, amely a jövőben alkalmas lesz arra, hogy értékelje városi övezetek jelenlegi city logisztikai fejlettségét, valamint a bennük rejlő jövőbeli city logisztikai szempontú fejlesztési potenciált, így pedig ez a modell képes lesz arra is, hogy az adatgyűjtési módszertanunkat és a szimulációs modellünket kiegészítve támogasson különböző city logisztikai projekteket.

„AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTÉRIUM ÚNKP-19-3 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”

Irodalomjegyzék

[1] https://www.logisztika.bme.hu/citylog/ (2020.02.03.)
[2] Bóna K., Sárdi D.: Koncentrált városi igénypontok áruellátó logisztikai rendszereinek elemzése és mezoszkópikus szintű modellezése, Logisztikai Évkönyv 2019. pp. 121-130., DOI: 10.23717/LOGEVK.2019.11
[3] Bóna K., Sárdi D.: A városi koncentrált igénypont-halmazok áruellátási rendszerének új koncepciói a különböző közlekedési alágazatok lehetőségeinek kihasználásával, XIII. IFFK Konferencia, 2019, Budapest, ISBN: 978-963-88875-4-2
[4] Antún J., Alarcón R.: Ranking Projects of Logistics Platforms: A Methodology Based on the Electre Multicriteria Approach, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 160, pp. 5-14, DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.12.111.
[5] Patier D., Browne M.: A methodology for the evaluation of urban logistics innovations, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 2 (3), pp. 6229-6241, DOI: 10.1016/j.sbspro.2010.04.033.
[6] Teoh T., Kunze O., Teo C.: Methodology to Evaluate the Operational Suitability of Electromobility Systems for Urban Logistics Operations, Transportation Research Procedia, Volume 12, pp. 288-300, DOI: 10.1016/j.trpro.2016.02.066.
[7] Awasthi A., Chauhan S.: A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning, Applied Mathematical Modelling, Volume 36 (2), pp. 573-584, DOI: 10.1016/j.apm.2011.07.033.
[8] Tadić S., Zeevi S., Krstić M.: Sustainability of the city logistics initiatives, 3rd Logistics International Conference, LOGIC 2017, Belgrád, Szerbia.

[9] Tadic S., Zecevic S., Krstic M.: A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection, Expert Syst. Appl. 41, pp. 8112-8128. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.07.021
[10] Gogas M., Adamos G., Nathanail E.: Assessing the performance of intermodal city logistics terminals in Thessaloniki, Transportation Research Procedia, Volume 24, pp. 17-24, DOI: 10.1016/j.trpro.2017.05.061
[11] Kara Y.: Measuring the Sustainability of Cities in Turkey with the Analytic Hierarchy Process, Open Journal of Social Sciences, 7, 322-334. DOI: 10.4236/jss.2019.74025.
[12] Janjevic M., Knoppen D., Winkenbach M: Integrated decision-making framework for urban freight logistics policy-making, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 72, pp. 333-357, DOI: 10.1016/j.trd.2019.05.006.
[13] Wątróbski J., Małecki K., Kijewska K., Iwan S., Karczmarczyk A., Thompson R.: Multi-Criteria Analysis of Electric Vans for City Logistics, Sustainability, Vol. 9(8), pp. 1-34, DOI: 10.3390/su9081453
[14] Zhao L., Li H., Li M., Sun Y., Hu Q., Mao S., Li J., Xue J.: Location selection of intra-city distribution hubs in the metro-integrated logistics system, Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 80, pp. 246-256, DOI: 10.1016/j.tust.2018.06.024.
[15] Awasthi A., Chauhan S., Goyal S.: A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty, Mathematical and Computer Modelling, Volume 53 (1-2), pp. 98-109, DOI: 10.1016/j.mcm.2010.07.023
[16] Uysalh T., Kemal U.: Selection of Logistics Centre Location via ELECTRE Method: A Case Study in Turkey, International Journal of Business and Social Science Vol. 5 (9).
[17] Saaty R.: The Analytic Hierarchy Process – What It Is and How It Is Used, Mathematical Modelling 9(3-5) pp. 161-176, DOI: 10.1016/0270-0255(87)90473-8
[18] Mészáros B., Sárdi D., Bóna K.: Developing and testing a methodology for acquiring the logistical characteristics of shopping malls in Budapest, for city logistical solutions, 5th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport, Krakkó, Lengyelország, pp. 154-159., ISBN: 978-1-5090-2342-4
[19] Mészáros B., Sárdi D., Bóna K.: Monitoring, measurement and statistical analysis (MMSA) based methodology for improvement city logistics of shopping malls in Budapest, World Review of Intermodal Transportation Research, Vol. 6 (4), pp. 352-371., DOI: 10.1504/WRITR.2017.10009827
[20] Sárdi D., Bóna K.: Simulation modelling in the sizing of city logistics systems – a study for concentrated delivery points, International Journal of Engineering and Management Sciences (IJEMS) Vol. 4 (1), DOI: 10.21791/IJEMS.2019.1.1.
[21] Sárdi D., Bóna K.: Examination of the logistics systems of concentrated sets of urban delivery points by simulation, The 21th International Conference on Harbor, Maritime & Multimodal Logistics Modelling and Simulation, September 18 – 20, 2019, Lisszabon, Portugália, pp. 1-10., ISBN: 978-88-85741-28-7
[22] Sárdi D., Bóna K.: Developing a mesoscopic simulation model for the examination of shopping mall freight traffic in Budapest, Smart Cities Symposium 2017, Prága, Csehország, DOI: 10.1109/SCSP.2017.7973835
[23] Bóna K., Róka Á., Sárdi D.: Mathematical Modelling of the Cost Structure of the Logistics System of Shopping Malls in Budapest, Periodica Polytechnica Transportation Engineering 46(3), pp. 142-150., DOI: 10.3311/PPtr.12073
[24] Sárdi D., Bóna K.: Macroscopic simulation model of a multi-stage, dynamic cargo bike-based logistics system in the supply of shopping malls in Budapest, Smart Cities Symposium 2018, Prága, Csehország, DOI: 10.1109/SCSP.2018.8402680
[25] Sárdi D., Bóna K.: Cargo kerékpárok alkalmazási lehetőségeinek értékelése a bevásárlóközpontok logisztikai rendszerében a hálózat geometriai struktúrája alapján, Logisztikai Évkönyv 2020, pp. 163-173., DOI: 10.23717/LOGEVK.2020.16
[26] Bóna K., Róka Á., Sárdi D.: Városi koncentrált igénypont-halmazok áruforgalmi zsilipeinek méretezése Budapesten, XIII. IFFK Konferencia 2019, Budapest, ISBN: 978-963-88875-4-2
[27] Donegan H., Dodd F.: A note on saaty's random indexes, Mathematical and Computer Modelling, Volume 15, Issue 10, 1991, pp. 135-137, DOI: 10.1016/0895-7177(91)90098-R.

Általános iskolások ingázási jellemzői

Lieszkovszky József Pál – Dr. Munkácsy András

Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont, Közlekedésmenedzsment Osztály
e-mail: lieszkovszky.jozsef@kti.hu, munkacsy.andras@kti.hu

Kivonat: A (köz)szolgáltatások elérhetősége a mobilitási rendszer egyik kulcskérdése a vidéki térségekben. A 2018 novembere és 2019 májusa között az egészségügyi intézmények, közhivatalok, iskolák, munkahelyek elérhetőségének javítása érdekében az Ajkai járás településein végzett vizsgálat háztartáskikérdezés, offline és online kérdőívek, illetve fókuszcsoport segítségével feltárta az utazási szokásokat és a (köz)szolgáltatások, munkahelyek elérhetőségének problémáit. Jelen tanulmány e projekt egyik részterületére fókuszálva az általános iskolások ingázási jellemzőit mutatja be: honnan és hová járnak iskolába, milyen utazási szokásaik azonosíthatók, milyen eltérések jellemzik őket a módválasztásban jó és rossz időben, melyek a településen belüli és a települések közötti utazások közötti különbségek. E statisztikai elemzés alapját a járás általános iskolásainak mintegy háromnegyedére (2473 főre) kiterjedő kérdőíves felmérés jelenti. Az Ajkai járás esetében a projekt végeredménye egyes autóbuszjáratok átszervezésére, újragondolására vonatkozó javaslatok kidolgozása volt. Az általános iskolások utazásaival kapcsolatos megállapítások más térségekben is alkalmasak lehetnek az e korosztály utazási szokásainak befolyásolását célzó vizsgálatok megalapozására.

Kulcsszavak: tömegközlekedés, ingázás, általános iskola

Bevezetés

Napjainkban a városok szerepének felértékelődésével kiemelt figyelmet kap a központi szerepű települések és vonzáskörzetük közlekedési kapcsolatának fejlesztése. Így van ez Ajka és az Ajkai járás esetében is, ahol a járásközpont közigazgatási, egészségügyi, foglalkoztatási és oktatási szerepe nagy vonzást gyakorol a járási települések lakosságára. A tömegközlekedés azonban nem tudott lépést tartani a változó mobilitási igényekkel, ami hátrányos következményekkel jár a járáson belüli elérhetőség, például a munkahelyek vagy a közszolgáltatások hozzáférhetősége kapcsán. Ennek elkerülésére, egyúttal a járási közlekedés fejlesztésére Ajka Város Önkormányzata (mint az EFOP-1.5.2-16-2017-00007 „Humán közszolgáltatások fejlesztése Ajka térségében" projekt kedvezményezettje) kezdeményezte a szolgáltatások elérhetővé tételét, ezen keresztül a munkavállalás elősegítése érdekében a tömegközlekedés szervezését fejlesztő javaslatok kidolgozását. A feladat[1] kidolgozása a 2018. október és 2019. május közötti időszakot ölelte fel.

Ennek keretében vizsgálat készült a járás iskolásainak utazási szokásairól, amelyet az alábbi rövid áttekintés mutat be, hogy feltárja a módválasztás indokait, valamint a tömegközlekedés és a kerékpározás vonzerejét növelő lehetőségeket a különböző korcsoportokban (az alsó és felső tagozatosok körében). A cikk egyszerű statisztikai leírások, összehasonlítások alapján képet kíván alkotni az iskolába járást (mint utazást) meghatározó tényezőkről, a vizsgált vidéki térségen túlmutató következtetések levonásával.

Az előbbiekkel összefüggésben a kutatási kérdéseink az alábbiak: (1) Milyen arányban használják az általános iskolások a különböző közlekedési módokat az iskolába való eljutás során? (2) Egyes közlekedési módok használatában tapasztalhatunk-e különbségeket jó és rossz időben (lényegében tavasztól őszig és ősztől tavaszig)?

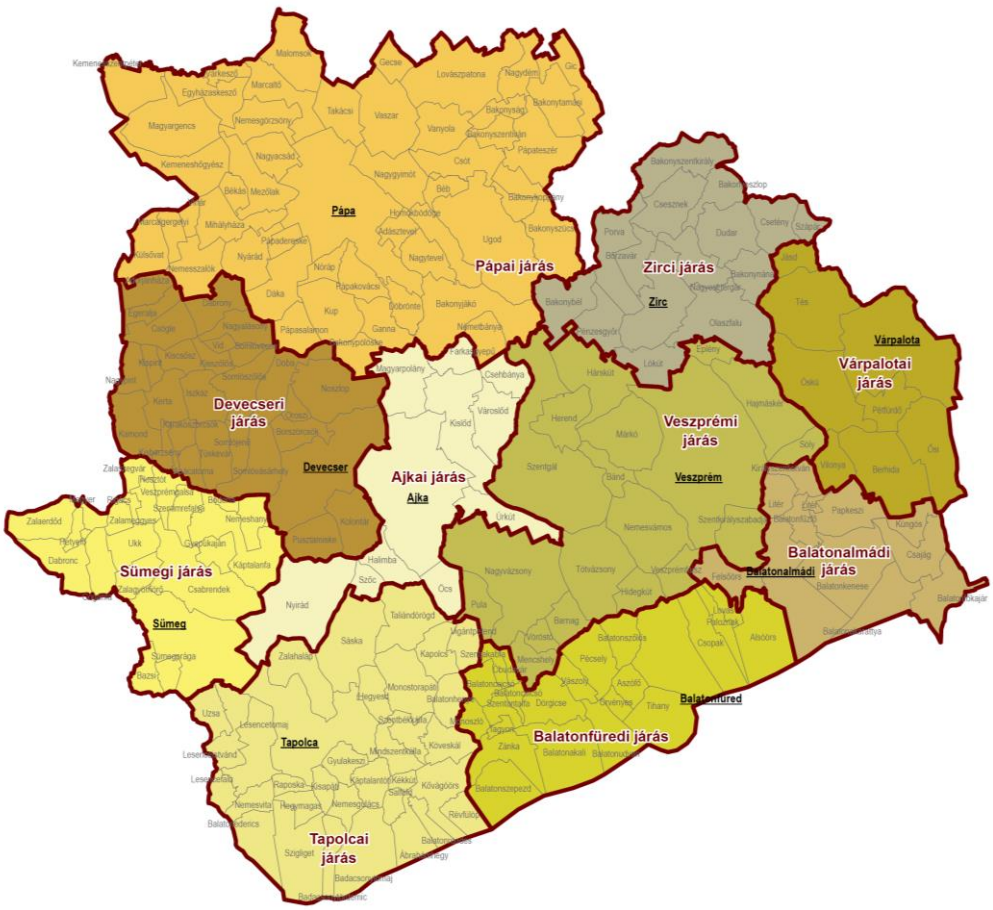
A témakör – az iskolába járással kapcsolatos módválasztás, a gyermekek utazási szokásai – gyakori témája a mobilitási vizsgálatoknak. Az elmúlt évek cikkeit áttekintve Huertas-Delgado és mtsai. például az aktív módok használatának szülők által észlelt akadályait mutatja be egy spanyolországi esettanulmányban [1]; Helbich a városszerkezet és a módválasztás összefüggéseit vizsgálja Hollandiában [2]; Queiroz és mtsai. a tömegközlekedés használatát befolyásoló tényezőket elemzik egy portugáliai háztartáskikérdezés alapján [3]; Noonan és mtsai. az aktív és passzív módok használóinak eltérő egészségi állapotát tanulmányozzák Liverpoolban [4]. Bár az iskolások utazásával, utaztatásával

[1] Járási Közlekedési Tanulmány. Készítette: Ajkai Járási Közlekedési Tanulmány Konzorcium (konzorciumvezető: Közlekedéstudományi Intézet), 2019. május. Témafelelős: Munkácsy András. Megrendelő: Ajka Város Önkormányzata. Konzulens: Tóth Gergely.

kapcsolatban az elmúlt években közlekedéspolitikai célok fogalmazódtak meg, hazánkban a kifejezetten a gyermekek, iskolások utazási szokásaival kapcsolatban kevés a közelmúltbeli előzmény (a turizmus kapcsán több tanulmányt is találunk, pl. [5-6]). Cikkünk az első lépést jelentheti a témakör alaposabb feltárásában.

1. A vizsgált terület

Az Ajkai járás Veszprém megye harmadik legkisebb területű járása (320,71 km²), székhelye a 28 ezer lakosú Ajka. A járás tizenegy településből áll, s ezek közül csak Ajka rendelkezik városi ranggal. A járás lakosságának háromnegyede él a járásszékhelyen, a többi lakos a járás további tíz településén, azaz Csehbánya, Farkasgyepű, Halimba, Kislőd, Magyarpolány, Nyirád, Öcs, Szőc, Úrkút és Városlőd községben (1. ábra).



1. ábra: Ajka és az Ajkai járás elhelyezkedése Veszprém megye területén

Forrás: www.terport.hu

A járást kelet–nyugati irányban keresztülszeli a 8. sz. számú főút, északról határolva a járásközpontot. A 20. számú Székesfehérvár–Szombathely villamosított vasútvonal érinti Ajkát, így az országos vasúti és autóbusz-hálózathoz is közvetlenül kapcsolódik. Ezzel szemben az észak–dél irányú közlekedési kapcsolatai viszonylag gyengék: vasútvonal ebben az irányban nem keresztezi a járás területét, s a 83. sz. számú másodrendű főút járásbeli fejlesztése is várat magára.

Ajka térségi szolgáltatási szerepe megkérdőjelezhetetlen, a járásban az egyetlen jelentős forgalomvonzó központ. A munkavállalók napi ingázási szokásai is azt mutatják, hogy a járáson belül Ajka kínálja a munkalehetőségek döntő többségét. Az előbbiek alapján kiemelten fontos, hogy a járásközpont tömegközlekedési eszközökkel a járás minden településéről színvonalas és megbízható módon elérhető legyen, annak érdekében, hogy a járás lakói zavartalanul igénybe tudják venni a járásközpont nyújtotta (köz)szolgáltatásokat.

A járás jelenlegi tömegközlekedési hálózatát elemezve azonban megállapíthatjuk, hogy az nem teljesen homogén: a járás 10 települése közül csak 8 vonzódik egyértelműen Ajkához; Csehbánya Veszprém,

Farkasgyepű pedig Veszprém és (a 83. sz. út révén) Pápa vonzáskörzetéhez *is* tartozik. Ugyanakkor egyes más járásbeli (szomszédos) települések nem a saját járásközpontjukhoz vonzódnak, hanem Ajkához; többek között ide sorolható a Devecseri járásból Noszlop és Oroszi, valamint részben Kolontár és Somlóvecse; míg a pápai járásból Németbánya. Korábbi vizsgálataink alapján Bakonypölöske, Pusztamiske és Herend azok a – nem az Ajkai járásban található – további települések, amelyek Ajka másodlagos vonzáskörzetéhez tartoznak. A szomszédos Devecseri járás névadó székhelye esetében is jelentős a közúton alig több mint 10 km-re fekvő Ajka vonzása.

2. Adatok és módszerek

A járási közlekedési tanulmány elkészítését adatfelvétel és információgyűjtés alapozta meg, annak érdekében, hogy feltárjuk az utazási szokásokat. Az adatfelvétel egy háztartáskikérdezésből (401 háztartásból összesen 743 fő számolt be 1328 előző munkanapi helyváltoztatásáról) és egy kérdőíves felmérésből állt. A kérdőíves felmérés részei a következők voltak: általános, online formában elérhető kérdőív; humán közszolgáltatások elérhetőségének vizsgálata; munkavállalók utazási szokásainak felmérése; óvodások, általános- és középiskolai diákok utazási szokásainak felmérése (online és papír alapon).

Az alapfokú oktatási intézmények számára eljuttatott kérdőívek a következő témákat tartalmazták:

- Demográfiai adatok (lakhely utcanévvel, aktuális osztály);
- Leggyakrabban használt közlekedési eszköz az iskolába, ennek az okai;
- Kerékpározás és gyaloglás különbségei jó és rossz időben;
- Egyes közlekedési eszközök (autóbusz, vonat, kerékpár) vonzóvá tételének lehetőségei;
- Javaslatok a közlekedési problémák megelőzése, javítása, megoldása érdekében.

A járás alapfokú oktatást biztosító közoktatási intézményei közül – a beérkezett kérdőívek száma alapján – 10 általános iskola lett bevonva a kutatásba. (A kutatás módszertanát lásd a következő fejezetben.) Ezen intézmények közül öt Ajkán található, a továbbiak pedig Halimbán, Magyarpolányon, Nyirádon, Úrkúton és Városlődön. Az ajkai általános iskolák közül kettő Ajka városában, a továbbiak pedig Ajka csatolt városrészeiben találhatók meg: Ajkarendeken, Csingeren és Tósokberénden.

Az oktatási intézményekben az előzetes kapcsolatfelvétel az adatgyűjtés céljainak és módszereinek az ismertetésére terjedt ki. Ezt a tanulói létszám egyeztetése, szükség esetén az adatkezelési tájékoztató előzetes megküldése követte. Végül a felmérőlapok helyszíni átadása és az online kérdőívhez tartozó – iskolánként különböző – link megküldése, és kb. egy hét elteltével a papír alapú űrlapok összegyűjtése történt meg. Ezeket az űrlapokat az alsó tagozatos tanulók hazavihették, és szüleikkel együtt tölthették ki. Az online felmérésben a felső tagozatos diákok tanóra keretében, tanári felügyelet mellett vehettek részt. A felmérés az oktatási intézményekben 2018. december elején zajlott. A válaszokból – az alsó tagozatosok esetében értelemszerűen – látható volt, hogy azok felnőtt segítségével lettek megadva, ami – főképp a javaslattételi kérdések esetén – egyértelműen a felnőttek álláspontját tükrözi.

Az iskolai kérdőíveket kitöltők jelentették kutatásunk legbővebb csoportját, a kérdőívet összesen 2478 alap- és középfokú oktatásban részt vevő diák töltötte ki Ajkáról és az Ajkai járás településeinek iskoláiból, s ebből 2473 volt érvényes kitöltés (1. táblázat). A kitöltők 46%-a (1138 fő) alsó tagozatos általános iskolai oktatásban, 36%-a (902 fő) felső tagozatos általános iskolai oktatásban, 18%-a (433 fő) pedig középfokú oktatásban (gimnázium, szakgimnázium, szakközépiskola) vett részt a kitöltés időszakában.

1. táblázat: Az iskolai kérdőíveket kitöltő diákok, valamint az Ajkai járás alap- és középfokú oktatásban részt vevő tanulók létszáma
Forrás: saját szerkesztés

	Kitöltött kérdőív (db)	Teljes létszám, 2017 (fő)	Kitöltési arány (%)
Általános iskolások	2040	2754	74
Középiskolások	433	1837	24

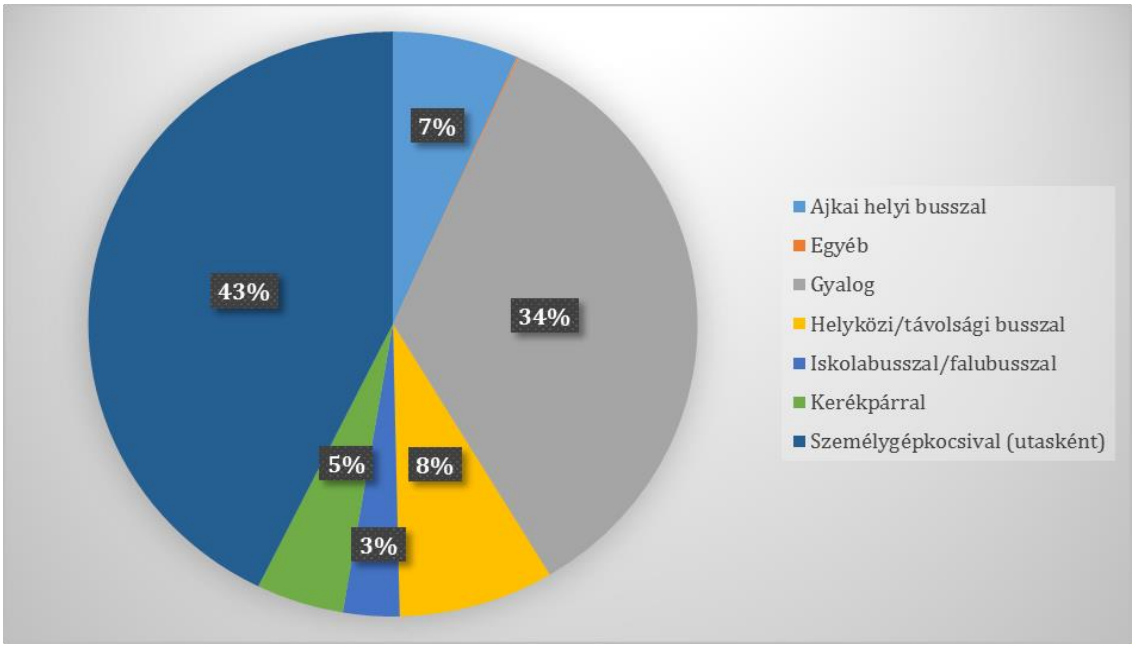
A kutatás során külön kezeltük Ajka város csatolt, illetve saját névvel rendelkező városrészeit (Ajka-Ajkarendek, Ajka-Bakonygyepes, Ajka-Csinger, Ajka-Padragkút és Ajka-Tósokberénd), mivel ez szükséges volt a lakóhely–iskola közötti utazások egyértelmű feltárásához.

3. Eredmények

A feljebb ismertetett kutatási kérdések megválaszolása érdekében az eredmények bemutatása során külön elemezzük az alsó és a felső tagozatos diákok ingázási jellemzőit, utazási szokásait..

3.1 Alsó tagozat

Az alsó tagozatos válaszadók (1138 diák) 43%-át személygépkocsival viszik az általános iskolába. Tömegközlekedést csak 15%-uk vesz igénybe, s kifejezetten magas közöttük a gyalog járók aránya (34%). Kerékpárral viszont csak 5%-uk közlekedik az iskolába (2- ábra).



2. ábra: Az alsó tagozatos diákok leggyakoribb eljutási módja az iskolába
Forrás: saját szerkesztés

A válaszadók 28 különböző településről, illetve ajkai városrészből származnak, az egyszerűbb bemutatás érdekében viszont csak a 10 legfontosabb kibocsátó településhez ill. településrészhez kapcsolódóan elemezzük a lakóhely – iskola relációt, mely összesen így 1000 választ tartalmaz. A 10 legfontosabb település / településrész válaszadói – mivel alsó tagozatos gyerekekről van szó – jellemzően a helyi iskolába járnak (pl. a nyirádi és úrkúti alsó tagozatosak kizárólag oda), néhány kivétellel (pl. Ajka-Tósokberénd, Halimba, Magyarpolány). A legheterogénebb Ajka-Padragkút, mivel innen 7 különböző iskolába is járnak az alsó tagozatos gyerekek. (Ajkán, mivel értelemszerűen több általános iskola van, az egy település-egy iskola elv nem is érvényesülhet).

Az iskolába való eljutás esetében két közlekedési mód dominál: a személygépkocsi utasként (43%) valamint a gyaloglás (34%). A személygépkocsival történő iskolába szállítás kifejezetten magas Ajkarendek és Bakonygyepes településrészekről, ezekről a helyekről főként Ajkára viszik a gyerekeket; a gyaloglás pedig a járás minden településén jellemző, ahol helyben járnak az alsó tagozatba. Autóbusszal (helyközi vagy ajkai helyi járattal) csak a megkérdezettek 5-5%-a utazik rendszeresen iskolába. A helyközi járat használata főként Devecser és Kolontár települések esetében jellemző. Nyirádon az alsó tagozatosok közel kétharmada kerékpárral jár iskolába. Az ajkai csatolt településrészekről (Ajkarendek, Bakonygyepes, Padragkút és Tósokberénd) ugyanakkor nem jellemző a kerékpározás, részben amiatt, mert ezekről a településrészekről a diákok sok esetben Ajkára járnak iskolába, illetve ha mégis helyben tanulnak, akkor vagy gyalog, vagy szüleikkel (személygépkocsival) járnak.

A teljes alsó tagozatos válaszadói kört (1138 diák) tekintve, ha az iskolába járáshoz kapcsolódó közlekedési módválasztást tekintjük, az alábbiakat állapíthatjuk meg:

- napi rendszerességgel ajkai helyi járattal mindössze 8%, helyközi járattal 7%, vonattal pedig alig néhányuk (0,6%) utazik;
- a tömegközlekedés nem napi szintű (hetente többszöri, heti egyszeri, havonta többszöri, havi egyszeri) használata 1,5% esetében fordul elő;
- összességében a tömegközlekedést több mint 84%-uk sohasem használja;

- személygépkocsival utasként napi szinten 39%, hetente többször 9% utazik, míg soha 28%.

Két eljutási mód – a kerékpározás és a gyaloglás – esetében azt is vizsgáltuk, hogy jó időben (tavasztól őszig), illetve rossz időben (ősztől tavaszig) milyen rendszerességgel választják ezeket vagy más lehetőségeket.

- amíg jó időben napi rendszerességgel a válaszadóknak 6%-a kerékpározik, rossz időben ez mindössze 1,5%; a gyaloglást választók esetében viszont ilyen nagyarányú különbséget nem tapasztalhatunk, sőt csekély különbséggel (1,2 százalékponttal) magasabb a gyaloglók aránya rossz időben (28%, ill. 29,2%, ami jórészt a kerékpárról gyaloglásra váltóknak köszönhető);
- ugyanakkor a hetente többször kerékpározó és gyalogló alsó tagozatosok közül 5-5 százalékponttal kevesebben teszik meg az adott módon az utat az iskolába és vissza rossz időben, mint jó időben;
- egyáltalán nem kerékpározik (még jó időben sem) az alsó tagozatosok esetében 69%, rossz időben pedig 88%; a gyaloglást pedig jó időben sem választja 47%, rossz időben pedig 53%, azaz ebben az esetben is látható – ahogy az nyilván várható is volt –, hogy az évszakos eltérések sokkal jellemzőbbek a kerékpározás esetében.

Összességében megállapíthatjuk, hogy akik jó időben kerékpároznak és rossz időben nem, az esetek többségében személygépkocsival közlekednek a kerékpározás helyett. Akik rossz időben inkább nem gyalogolnak, jórészt szintén személygépkocsival közlekednek helyette, az ajkai lakosok közül pedig egyesek a helyi közlekedést választják.

Az alsó tagozatosok esetében az előbbieken túl rákérdeztünk, hogy miért épp a megjelölt közlekedési módot választották eljutáshoz az iskolába (pontosabban miért ezt választották helyettük a szüleik, akik a kérdőívet kitöltötték, ld. 2. táblázat). A válaszadók több indokot is megjelölhettek, így összesen 2012 válaszlehetőség lett megjelölve:

- a tömegközlekedéssel utazók azért, mert az iskola távol van, vagy nincs más lehetőség (ez egyébként hasonló a foglalkoztatottak körében is);
- a személygépkocsival utasként közlekedők azért, mert a szüleik ezen a módon juttatják el őket az iskolába, illetve mert gyors;
- a kerékpárral és gyalog közlekedők pedig az iskola közelsége miatt.

2. táblázat: Az iskolába való eljutás három legfőbb indoka az alsós válaszadók által használt közlekedési eszközök vonatkozásában (zárójelben az adott közlekedési módhoz tartozó indok aránya)
Forrás: saját szerkesztés

Közlekedési mód	1. indok	2. indok	3. indok
Ajkai helyi busszal	mert az iskola távol van (32%)	mert a megállóhely közel van (17%)	mert nincs más lehetőség (16%)
Helyközi/ távolsági busszal	mert az iskola távol van (30%)	mert nincs más lehetőség (21%)	mert a szüleim így visznek/kísérnek az iskolába (18%)
Iskolabusszal/ falubusszal	mert az iskola távol van (40%)	mert biztonságos (14%)	mert kényelmes (13%)
Személygépkocsival (utasként)	mert a szüleim így visznek/kísérnek az iskolába (50%)	mert gyors (15%)	mert az iskola távol van (12%)
Kerékpárral	mert az iskola közel van (29%)	mert gyors (28%)	mert kényelmes (19%)
Gyalog	mert az iskola közel van (54%)	mert a szüleim így kísérnek az iskolába (19%)	mert kényelmes (6%)

A fentiek alapján elmondható, hogy az alsó tagozatosok közlekedési módválasztásában első helyen az iskola közelsége/távolsága szerepel, illetve az, hogy a szüleik milyen módon viszik el őket az iskolába.

A kérdőívben rákérdeztünk továbbá, hogy mi tenné vonzóvá vagy a jelenleginél vonzóbbá a tömegközlekedés használatát az iskolába való eljutáshoz, melyre 1179 válasz érkezett (több választ is meg lehetett jelölni, ld. 3. táblázat).

3. táblázat: A tömegközlekedési eszközök vonzerejét növelő tényezők az iskolába való eljutás vonatkozásában az alsó tagozatos válaszadók által használt közlekedési eszközök szerint (zárójelben az indok aránya valamely közlekedési mód használói körében)
Forrás: saját szerkesztés

Közlekedési mód	1. indok	2. indok	3. indok
Ajkai helyi busszal	ha kevésbé lennének zsúfoltak a járatok (21%)	ha olcsóbb lenne a jegy/bérlet (20%)	ha sűrűbben közlekednének a buszok (18%)
Helyközi/ távolsági busszal	ha sűrűbben közlekednének a buszok/vonatok (30%)	ha kevésbé lennének zsúfoltak a járatok (15%)	ha kényelmesebbek lennének a járművek (13%)
Iskolabusszal/ falubusszal	ha gyorsabban eljutnék vele az iskolába (24%)	ha kényelmesebbek lennének a járművek (21%)	ha olcsóbb lenne a jegy/bérlet (13%)
Személygépkocsival (utasként)	semmilyen esetben sem használnám (24%)	ha sűrűbben közlekednének a buszok/vonatok (14%)	ha gyorsabban eljutnék vele az iskolába (13%)
Kerékpárral	semmilyen esetben sem használnám (58%)	ha olcsóbb lenne a jegy/bérlet (15%)	ha kényelmesebbek lennének a járművek (12%)
Gyalog	semmilyen esetben sem használnám (46%)	ha kényelmesebbek lennének a járművek (10%)	ha olcsóbb lenne a jegy/bérlet (10%)

Megállapítható, hogy személygépkocsival utasként, kerékpárral, illetve gyalog közlekedő alsó tagozatosok – illetve a válaszadó felnőtt hozzátartozóik – semmiképpen sem vennék igénybe a tömegközlekedést. Az árérzékenység (olcsóbb lenne a jegy/bérlet) csak másod-, illetve harmadlagos helyen szerepel, a járművek kényelmi fokozatához hasonlóan.

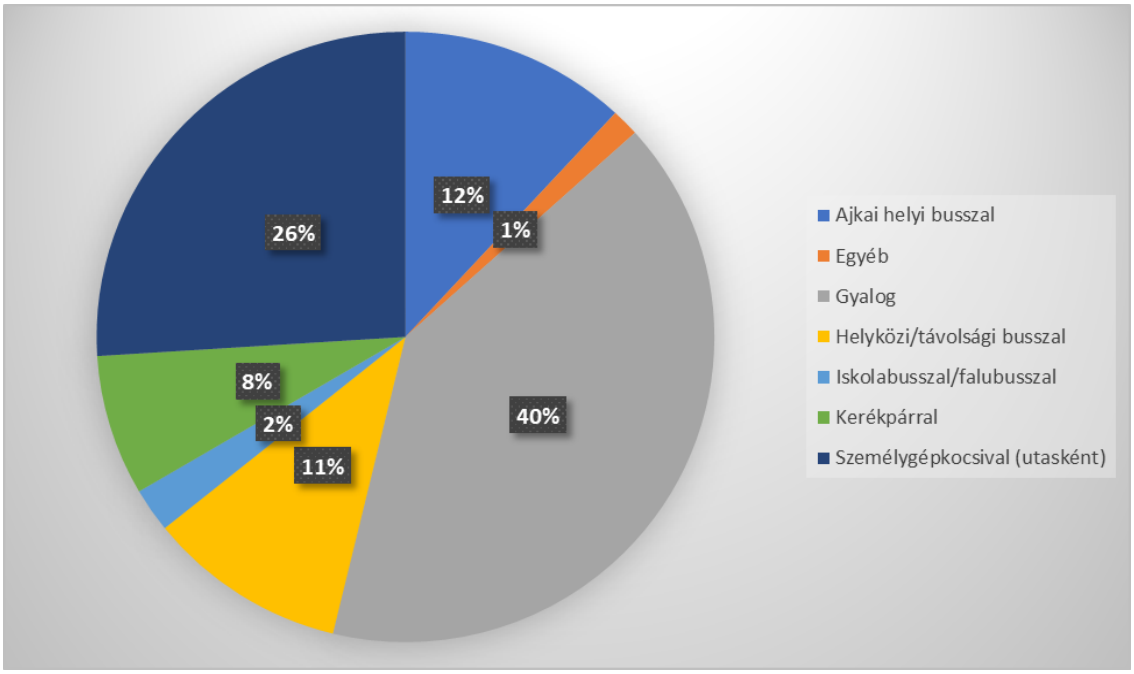
A kerékpárhasználat a megkérdezett ajkai helyi busszal, személygépkocsival (utasként) vagy gyalog közlekedő alsó tagozatosok szerint akkor válna vonzóbbá, ha a használata biztonságosabbá válna; a helyközi járattal vagy falugondnoki busszal – tehát jórészt más településre – utazók számára pedig akkor, ha az iskola közelebb lenne. A kerékpárutak kiépítettsége a második jellemző indok, ami az infrastruktúra fejlesztését sürgeti (4. táblázat).

4. táblázat: A kerékpárhasználat vonzóbbá tételének három legfontosabb indoka az iskolába való eljutás vonatkozásában az alsó tagozatos válaszadók által használt közlekedési eszközök szerint (zárójelben az indok aránya valamely közlekedési mód használói körében)
Forrás: saját szerkesztés

Közlekedési mód	1. indok	2. indok	3. indok
Ajkai helyi busszal	ha biztonságosabban lehetne kerékpárral közlekedni (28%)	ha az iskola közelebb lenne (25%)	ha lenne kiépített kerékpárút (23%)
Helyközi/távolsági busszal	ha az iskola közelebb lenne (41%)	ha lenne kiépített kerékpárút (26%)	ha biztonságosabban lehetne kerékpárral közlekedni (19%)
Iskolabusszal/ falubusszal	ha az iskola közelebb lenne (36%)	ha lenne kiépített kerékpárút (24%)	ha biztonságosabban lehetne kerékpárral közlekedni (18%)
Személygépkocsival (utasként)	ha biztonságosabban lehetne kerékpárral közlekedni (33%)	ha lenne kiépített kerékpárút (30%)	ha az iskola közelebb lenne (16%)
Gyalog	ha biztonságosabban lehetne kerékpárral közlekedni (44%)	ha lenne kiépített kerékpárút (28%)	ha lenne megfelelő kerékpártárolási lehetőség (17%)

Felső tagozat

A felső tagozatos válaszadóknak (902 diáknak) „csak” a 26%-át viszik személygépkocsival az iskolába (ellentétben az alsó tagozatosokkal, ahol ez 43%), tömegközlekedést 22% vesz igénybe (alsó tagozaton ez 15%), s kifejezetten magas a gyalog járók aránya (40%, az alsósok esetében ez 34%). Kerékpárral 8% közlekedik rendszeresen az iskolába (az alsósoknál 5%) (3. ábra).



3. ábra: A felső tagozatos diákoknak leggyakoribb eljutási módja az iskolába
Forrás: saját szerkesztés

Az alsó tagozatos elemzéshez hasonlóan jelen esetben is csak a 10 legfontosabb kibocsátó településhez, illetve ajkai településrészhez kapcsolódó folyamatokat elemezzük a lakóhely–iskola relációjában, 786 válasz alapján. Az alsó tagozatos elemzéshez képest egy további település került a vizsgálatba (Kolontár), egy település(rész) pedig kikerült (Ajka-Bakonygyepes). A felső tagozatos válaszadók – az alsó tagozatosokhoz hasonlóan – jobbára a helyi iskolába járnak (pl. az úrkúti felső tagozatosak kizárólagosan; a nyirádiaknak és városlődieknek pedig döntő többsége). Érdemes megemlíteni, hogy a felső tagozatosok Halimbáról és Magyarpolányról nagyobb arányban járnak a helyi általános iskolába, mint e két település alsó tagozatos diákjai. Ajkai településrészekről (pl. Ajka-Ajkarendek, Ajka-Tósokberénd) más irányok is feltűnnek, de a felső tagozatosak jórészt a helyi általános iskolába járnak. A legheterogénebb esetükben is Ajka-Padragkút, mivel innen 7 különböző iskolába is járnak a felső tagozatos gyerekek.

Az iskolába jutás módja első helyen a gyaloglás (46%), azt követi a személygépkocsi utasként (26%). Az alsó tagozatosok esetében ez utóbbi 43% volt, míg a gyaloglás 39%. A felső tagozatosok kerékpárral jóval magasabb arányban járnak (9%, alsóban 5%), valamint Ajkán helyi közlekedéssel is (11%, alsóban 5%), a helyközi autóbuszjáratok használatának aránya pedig megegyezik a két tagozaton (5-5%). Összességében elmondható, hogy a felső tagozatosok (már) jóval kevésbé veszik igénybe a szülői segítséget az iskolába való eljutáshoz, s így bizonyos közlekedési módok, mint pl. a gyaloglás, kerékpározás, illetve a helyi közlekedés igénybevétele megnő.

Település(rész)i bontásban különbségeket tapasztalhatunk a felső tagozatosok utazási szokásai kapcsán több helyen is, többek között:

- az ajkai, úrkúti és városlődi felsősöök inkább gyalogolnak, mivel többségük a közeli (helyi) általános iskolába jár;
- az ajkarendekiek jóval nagyobb arányban használják a helyi közlekedés szolgáltatásait (aminek az az oka, hogy helyi közlekedéssel jól megközelíthető az általános iskola), illetve gyalogolnak és kerékpároznak, mint az átlag;
- a halimbaiak többet gyalogolnak és kerékpároznak, mint az átlag,
- a magyarpolányiak pedig inkább kerékpárral, mintsem személygépkocsival utasként közlekednek.

A teljes felső tagozatos válaszadói kört tekintve (902 diák), ha a közlekedési módválasztásukat az egyes lehetőségek használatának rendszeressége szempontjából tekintjük, az alábbiak állapíthatók meg a lakóhely–iskola relációjában:

- napi rendszerességgel kétszer annyian járnak autóbuszjáratokkal, mint az alsó tagozatosok: ajkai helyi autóbuszjárattal 17% (az alsó tagozatosok esetében 8%), helyközi járatokkal 14% (az alsó tagozatosok esetében 7%). Ugyanolyan – alacsony – arányok figyelhetők meg az iskolabusz (3-3%) és a vasút használata kapcsán (0,6-0,6%).
- az ajkai helyi járatokat 70%, a helyközi járatokat 74% soha nem veszi igénybe, ami a helyi közlekedés esetében 15, a helyközi esetében 14 százalékponttal alacsonyabb, mint az alsósoknál.
- személygépkocsival utasként napi szinten 21% utazik (ez 18 százalékponttal alacsonyabb, mint az alsó tagozatosoké), hetente többször 10%, soha pedig 28% (ez egyébként ugyanannyi, mint az alsó tagozatosok esetében). Ritkábban, mint havonta viszont több mint egynegyedük (27%) utazik (ez az alsó tagozatosoknál jóval alacsonyabb volt, 14%).

Ha az eljutási módokat az utazás gyakorisága szempontjából tekintjük, akkor pl. a napi rendszerű utazásoknak csak 38%-a zajlik személygépkocsival (ellentétben az alsó tagozatosok 67%-ával), helyi autóbuszjárattal 30%, míg helyközi járattal 26%, ami majdnem kétszerese az alsó tagozatosok értékeinek.

A kerékpározás és gyaloglás esetében a felső tagozatosok körében is vizsgáltuk az évszak szerinti különbségeket:

- jó időben napi rendszerességgel a 902 diák 11%-a, rossz időben 4%-a kerékpározik; a gyaloglásnál ilyen nagy arányú eltérés esetükben sem figyelhető meg (38%, ill. 35%): rossz időben nem nő meg a gyaloglók aránya a jó időben kerékpározók révén (mint az alsó tagozatosoknál), mivel ez a korosztály rossz időben inkább a tömegközlekedést használja.
- még jó időben sem kerékpározik a felső tagozatosok 60%-a, rossz időben pedig 79%-a; a gyaloglást pedig jó időben sem választja a 35%, rossz időben pedig 41%. Ebben a vonatkozásban a felső tagozatosok részaránya a kerékpározás esetében 10-10, a gyaloglás esetében 13-13 százalékponttal alacsonyabb, mint az alsósoké.

A felső tagozatosak is nyilatkoztak, hogy miért választották valamely közlekedési módot az iskolába való eljutáshoz (5. táblázat). A válaszadók több indokot is megjelölhettek, összesen 1578 válasz érkezett.

5. táblázat: Az iskolába való eljutás három legfőbb indoka a felsős válaszadók által használt közlekedési eszközök vonatkozásában (zárójelben az adott közlekedési módhoz tartozó indok aránya)
Forrás: saját szerkesztés

Közlekedési mód	1. indok	2. indok	3. indok
Ajkai helyi busszal	mert az iskola távol van (32%)	mert a megállóhely közel van (21%)	mert nincs más lehetőség (14%)
Helyközi/távolsági busszal	mert az iskola távol van (42%)	mert nincs más lehetőség (17%)	mert a megállóhely közel van (11%)
Iskolabusszal/ falubusszal	mert az iskola távol van (33%)	mert gyors (18%)	mert a megállóhely közel van (16%)
Személygépkocsival (utasként)	mert a szüleim így visznek/kísérnek az iskolába (27%)	mert gyors (21%)	mert az iskola távol van (20%)
Kerékpárral	mert gyors (32%)	mert az iskola közel van (21%)	mert kényelmes (15%)
Gyalog	mert az iskola közel van (52%)	mert gyors (12%)	mert kényelmes (10%)

Bizonyos esetekben az alsó tagozatosokhoz hasonló válaszok érkeztek, többek között:

- a tömegközlekedéssel utazók azért, mert az iskola távol van, vagy nincs más lehetőség;
- a személygépkocsival utasként utazók pedig azért, mert a szüleik ezen a módon juttatják el őket az iskolába, illetve mert gyors.

Viszont további esetekben eltérő válaszokat adtak:

- a kerékpárral közlekedők esetében – ellentétben az alsó tagozatosokkal – már fontosabb a gyorsaság, mint az iskola közelsége;
- a gyaloglás esetében a második helyre már a gyorsaság került, nem pedig a szülői kísérés.

A fentebbiek alapján elmondható, hogy a felső tagozatosok közlekedési módválasztásában az iskola közelsége/távolsága mellett csökken a szülői szerep jelentősége, s nő a gyorsaság fontossága.

A felső tagozatosok is kinyilvánították, hogy mi tenné vonzóvá vagy a jelenleginél vonzóbbá a tömegközlekedési eszközök (azaz ajkai helyi autóbuszjárat, helyközi járat) használatát az iskolába való eljutáshoz. A kérdésre 1851 válasz érkezett, ld. 6. táblázat.

6. táblázat: A tömegközlekedési eszközök vonzóbbá tételének három legfontosabb indoka az iskolába való eljutás tekintetében a felső tagozatos válaszadók által használt közlekedési eszközök szerint (zárójelben az adott közlekedési módhoz tartozó indok aránya)
Forrás: saját szerkesztés

Közlekedési mód	1. indok	2. indok	3. indok
Ajkai helyi busszal	ha kényelmesebbek lennének a járművek (22%)	ha gyorsabban eljutnék vele az iskolába (15%)	ha kevésbé lennének zsúfoltak a járatok (15%)
Helyközi/távolsági busszal	ha sűrűbben közlekednének a buszok (19%)	ha kényelmesebbek lennének a járművek (18%)	ha kevésbé lennének zsúfoltak a járatok (17%)
Iskolabusszal/ falubusszal	ha kényelmesebbek lennének a járművek (17%)	ha gyorsabban eljutnék vele az iskolába (17%)	ha kevésbé lennének zsúfoltak a járatok (17%)
Személygépkocsival (utasként)	ha kényelmesebbek lennének a járművek (16%)	ha kevésbé lennének zsúfoltak a járatok (14%)	ha gyorsabban eljutnék vele az iskolába (13%)
Kerékpárral	semmilyen esetben sem használnám (30%)	ha kényelmesebbek lennének a járművek (19%)	ha gyorsabban eljutnék vele az iskolába (14%)
Gyalog	semmilyen esetben sem használnám (25%)	ha kényelmesebbek lennének a járművek (13%)	ha olcsóbb lenne a jegy/bérlet (11%)

Az alsó tagozatosok válaszaival ellentétben csak a kerékpárral és gyalog közlekedők nem vennék igénybe a tömegközlekedési eszközöket; a személygépkocsival utasként közlekedő felső tagozatosok már használnák – ha kényelmesebbek lennének. A kényelem iránti igény egyértelmű az ajkai helyi járatokat már használó felső tagozatosok körében. Ugyanakkor az ár szinte fel sem merül indokként (ez esetben nyilván azért, mert a kérdőíveket maguk a diákok – és nem a szüleik – töltötték ki); ezt a gyorsaság, a kisebb zsúfoltság és a kényelem is megelőzi.

A kerékpárhasználat a megkérdezett ajkai helyi járatokkal és gyalog közlekedő felső tagozatosok szerint akkor válna vonzóbbá, ha a használata biztonságosabbá válna. A személygépkocsival utazók esetében ehhez – az indokok között első helyen – a kiépített kerékpárút igénye is csatlakozik. Érdemes megemlíteni, hogy a gyaloglók esetében jelentős azok aránya, akik semmi esetben sem használnának kerékpárt (7. táblázat).

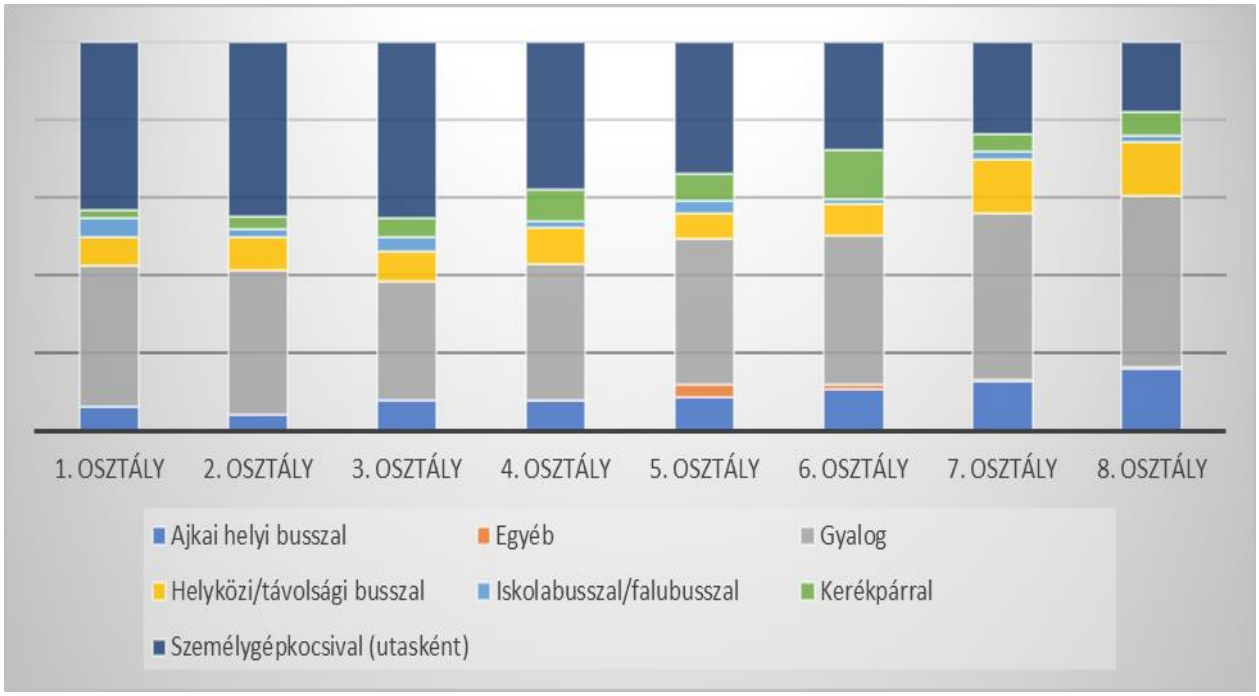
7. táblázat: A kerékpárhasználat vonzóbbá tételének három legfőbb indoka az iskolába való eljutás tekintetében a felső tagozatos válaszadók által használt közlekedési eszközök szerint (zárójelben az adott közlekedési módhoz tartozó indok aránya)
Forrás: saját szerkesztés

Közlekedési mód	1. indok	2. indok	3. indok
Ajkai helyi busszal	ha biztonságosabban lehetne kerékpárral közlekedni (26%)	ha az iskola közelebb lenne (21%)	ha lenne kiépített kerékpárút (20%)
Helyközi/távolsági busszal	ha az iskola közelebb lenne (31%)	semmilyen esetben sem használnám (23%)	ha lenne kiépített kerékpárút (22%)
Iskolabusszal/ falubusszal	ha az iskola közelebb lenne (32%)	ha lenne kiépített kerékpárút (20%)	semmilyen esetben sem használnám (20%)

Közlekedési mód	1. indok	2. indok	3. indok
Személygépkocsival (utasként)	ha lenne kiépített kerékpárút (27%)	ha biztonságosabban lehetne kerékpárral közlekedni (25%)	ha az iskola közelebb lenne (21%)
Gyalog	ha biztonságosabban lehetne kerékpárral közlekedni (29%)	semmilyen esetben sem használnám (27%)	ha lenne kiépített kerékpárút (24%)

Konklúzió

A cikkben egy járási (tömeg)közlekedésfejlesztési tanulmányban készült adatfelvétel részleteit mutattuk be, amely az alapfokú oktatásban részt vevő diákok iskolába járási (utazási) szokásait tárta fel. A kérdőíveket kitöltők 56%-a alsó tagozatos általános iskolai oktatásban, 44%-a pedig felső tagozatos általános iskolai oktatásban vett részt a kitöltés időszakában. Az alsó tagozatos válaszadók 43 százalékát viszik személygépkocsival az általános iskolába, a felső tagozaton ez már csak 26%, viszont a tömegközlekedést az alsó tagozatosoknak 15%-a, míg a felsősöknek már 22%-a veszi igénybe. Az alsósoknak 34%-a gyalogol, s 5%-a kerékpározik, míg a felsősöknek 40%-a gyalogol, s 8%-a jár kerékpárral iskolába. Az e két csoport és általában az évfolyamok közötti különbségek (4. ábra) nagyrészt arra vezethetőek vissza, hogy az alsó tagozatosok jelentős hányadát még szülei kísérik vagy szállítják iskolába, a felső tagozatosok esetében ezért bizonyos közlekedési módok (gyaloglás, kerékpározás, illetve a helyi közlekedés igénybevétele) nagyobb. A Járási Közlekedési Tanulmányban szereplő iskolabusz-hálózat létrehozása esetében a tömegközlekedés ill. akár a szülők terhei is enyhíthetők (pl. Kislődön és Halimbán).



4. ábra: Az általános iskolás diákoknak az iskolához való leggyakoribb eljutási módja
Forrás: saját szerkesztés

Az egyes közlekedési módok évszakos módválasztása tekintetében a felső tagozatosok mind rossz és mind jó időben nagyobb arányban használják a kerékpárt, mint az alsósok. Összességében mindkét korosztályra vonatkozóan megállapíthatjuk, hogy akik jó időben kerékpároznak és rossz időben nem, azokat az esetek többségében személygépkocsival viszik a kerékpározás helyett, ami kényelmi okokra, illetve a szülői gondoskodásra vezethető vissza. Az alsósok jó és rossz időben hasonló arányban gyalogolnak, a felső tagozatosok ugyanakkor rossz időben kevésbé – e korosztály ez esetben inkább a tömegközlekedést használja. Azok a diákok, akik rossz időben inkább nem gyalogolnak, jórészt szintén személygépkocsival közlekednek helyette, az ajkai diákok közül pedig egyesek a helyi közlekedést választják.

A tömegközlekedés előnyben részesítése kapcsán megállapítható, hogy a személygépkocsival utasként, kerékpárral, illetve gyalog közlekedő alsó tagozatosok – pontosabban a válaszadó felnőtt hozzátartozóik – semmiképpen sem vennék igénybe a tömegközlekedést. Az árérzékenység (olcsóbb lenne a jegy/bérlet) csak másod-, illetve harmadlagos fontosságú, a járművek kényelmi szintjéhez hasonlóan. Az alsó tagozatosok válaszaival ellentétben a felső tagozatosok közül csak a kerékpárral és gyalog közlekedők nem vennék igénybe a tömegközlekedési eszközöket; a személygépkocsival utasként közlekedők már használnák – ha kényelmesebbek lennének. A kényelem iránti igény egyértelmű az ajkai helyi járatokat már használó felső tagozatosok körében. Ugyanakkor az ár szinte fel sem vetődik indokként; ezt a gyorsaság, a kisebb zsúfoltság és a kényelem is megelőzi.

A kitöltött kérdőívek mennyiségéből látható, hogy a kutatás reprezentatív volt az Ajkai járás általános iskolás diákjaira nézve, ugyanakkor a kutatás zárt kérdőíves jellegéből adódóan egyes témák tekintetében (pl. a gyaloglás vagy kerékpározás részletesebb indokai) nem lehetett részletesebb következtetéseket levonni, amit a kutatás korlátainak is nevezhetünk.

Irodalomjegyzék

[1] Huertas-Delgado, F.J. és mtsai.: Parental perceptions of barriers to active commuting to school in Spanish children and adolescents, European Journal of Public Health 27:3 (2017): 416–421

[2] Helbich, M.: Children's school commuting in the Netherlands: does it matter how urban form is incorporated in mode choice models?. International Journal of Sustainable Transportation 11:7 (2017), 507–517

[3] Queiroz, M. és mtsai.: School commuting: the influence of soft and hard factors to shift to public transport,
22nd EURO Working Group on Transportation Meeting, EWGT 2019, Barcelona, 2019. szeptember 18–20.

[4] Noonan, R.J. és mtsai.: Fitness, fatness and active school commuting among Liverpool schoolchildren, International Journal of Environmental Research and Public Health 14:9 (2017), 995.

[5] Simándi Sz.: Intergenerációs tanulás a turizmus kontextusában, Új Pedagógiai Szemle 2010/1-2., 224–234

[6] Ásványi K. és mtsai.: Családok utazási preferenciái, In: Józsa L. és mtsai. (szerk.): A hatékony marketing – EMOK 2018 Nemzetközi Tudományos Konferencia konferenciakötete. Selye János Egyetem: Komárom, 2018. augusztus 26-27.

Analysis of Driver Behavior in Amman Using Manchester Driver Behavior Questionnaire

Prof. Khair Jadaan[1] - Noor Albeetar[2] - Dania Abuhalimeh[3] - Yara Naji[4]

[1]**University of Jordan, Department of Civil Engineering**
telephone: +962-79 6222868
e-mail: kjadaan@gmail.com

[2]**Bitar Consultants**
telephone: +962-79 5536367
e-mail: bitarnoor96@gmail.com

[3]**Collaboration Management & Control Solutions**
telephone: +962-78 9083083
e-mail: danyajamalabuhalimeh@gmail.com

[4]**BAHA Consultant Engineering**
telephone: +962-79 5086941
e-mail: najiyara@gmail.com

Abstract: A key component in combating traffic accidents is to study the contributory factors behind them, among these factors, the driver behavior stands out as the main causative factor. Manchester Driver Behavior Questionnaire (DBQ) is one of the most widely used tools for measuring self-reported driving style [1] and investigating the relationship between driving behavior and accident involvement through analysing the socio-demographic characteristics of drivers, the violations, errors and lapses they practice while driving.

The present study investigates the factor structure of the DBQ and examines the relationships between the driver behavior factors and accident involvement. A survey questionnaire including the DBQ and background information was filled by a randomly selected sample of drivers in Amman, the capital of Jordan and the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software was used for data analysis.

Driver behavior differed according to the gender, educational level and driving experience of the respondents. The results reflected that the lifestyle, way of thinking and the general attitude of the driver and its relationship with traffic safety.

Keywords: Driver behavior, Manchester Driver Behavior Questionnaire, traffic safety, Jordan

Introduction

Road Traffic Accidents (RTA) may cause severe physical losses and disabilities, hold back economic growth especially in developing countries and affect the country's Gross Domestic Product (GDP) negatively. RTAs cost most countries about 2-3% of their GDP. Driver behavior is regarded by researchers as the main contributor to RTAs. Furthermore, the effect of specific aspects of driver characteristics and behavior on accident occurrence were investigated [2,3].

In Jordan, RTA are considered as a serious problem with an estimated yearly cost of about $500 million (about 2.5% of the country's GDP). This cost has increased 7.4% in the past five years[4]. According to the Jordan Traffic Institute (JTI), RTAs resulted in 571 deaths and 16203 injuries in 2018, and driver is the main contributor to the causation of RTAs (about 98% of total contributors) [4]. As such, a recommended road safety startegy was developed that focused on the role of driver characteristics and behavior [5]. A most recent study investigated the effect of aggressive driver behavior, violation and error on traffic accident involvement in Jordan [6].

Manchester Driver Behavior Questionnaire (DBQ) is one of the commonly used tools in traffic psychology for measuring self-reported driving style and investigating the relationship between driving behavior and accident involvement. [7]

DBQ contains three subscales to capture different aspects of driver behavior; violations, errors and lapses [8]. Violations are defined as the behaviors which endanger traffic safety [9], such as driving under the

influence of alcohol or drugs and tailgating the car in front. Errors are breaches of the rules, such as not noticing pedestrians on road and braking too hard, and lapses are a set of problems related to the lack of attention and memory defects that cause embarrassment[9], lapses of concentration, for example; forgetting where you parked the car and switching on the wipers when you meant to switch on the lights.

The current study aims to explore specific aspects of driving behavior in Jordan and to investigate the relationship between violations, errors, and lapses of DBQ and accident involvement. The results could be used as a reference in further studies to develop a country specific "Jordanian DBQ" which will help in controlling the driver aberrant behaviors that lead to accidents.

1. Methodology

1.1 The sample

A survey was conducted in Amman city, the capital of Jordan, through direct interviews with a total of randomly selected 200 drivers aged 22 years and above. Only 134 drivers (94 males and 40 females) agreed to participate in the survey and were asked to fill the DBQ.

1.2 Measures

The DBQ contains three subscales to capture different aspects of driver behavior; violations, errors and lapses. DBQ with extended violations was used to measure aberrant driver behaviors. The DBQ includes 10 items of ordinary violations, 8 items of lapses, and 8 items of errors It has 26 behaviors on a six-point scale (0 = never, 1= hardly ever, 2 = occasionally, 3 = quite often, 4 = frequently, and 5 = nearly all the time) The research assistants asked the participants to indicate how often they have committed every behavior.

1.3 Demographic variables

The participants were also asked to indicate their demographic information, age, gender, marital status, educational level, occupation, place of living, housing conditions, and other data related to their driving experience, such as the type of car, whether or not they use the seatbelt and why, their usual driving speed, number of miles their cars recorded and the history of accidents and injuries.

1.4 Statistical analysis

The Statistical Package for Social Sciences "IBM SPS" was used to analyze the collected data. Descriptive statistics tools and central tendency measures, mean, median, mode and distribution measures (standard deviation) were also used to get further useful information.

2. Results

2.1 Socio-demographic characteristics and accidents involvement

Analysis of the socio-demographic characteristics of the participants showed that their age distribution ranged between 22 and 74 years with a mean age of 27.5 years. Most of the participants were males aged between 22-29 years (69 of the respondants). Regarding driving experience, 49% of participants had 2-5 years of experience, with a mean mileage of 45,678.65 km.

Seat belt usage spots light on the driving attitude; 55% of drivers admitted that they don't use seatbelt, and 79.5% of them reported that it causes discomfort and restricts their movement.

Table 1 shows age groups of the participants, and whether or not they had an accident. 51% of the participants below 30 years of age were involved in an accident, while the percentages of drivers who experienced a car accident in the age groups 30-39 years, 40-49 years, and above 50 years were 60%, 83%, and 100% respectively. These results indicate that accident involvement increases with age of drivers.

Table 1. Age group and accident involvement

Age group	Accident involvement	Not involved
<30 years	51% (52)	49% (51)
30-39	60% (12)	40% (8)
40-49	83% (5)	17% (1)
>=50	100% (5)	0% (0)

Table 2 shows that 47% of female drivers were involved in traffic accidents, whereas the corresponding percentage of males was 56%.

Table 2. Gender and accident involvement

Gender	Accident involvement	Not involved
Female	47% (19)	53% (21)
Male	56% (52)	46% (42)

Table 3 shows the relationship between the educational level of participating drivers and accident involvement. Surprisingly,the highest group involved in accidents was the one of drivers holding university degree (most educated, 54%) comared with 46% of people with secondary school qualification and 50% with intermediate school. These results show that educational level is not related to the skills the driver needs to avoid being involved in an accident.

Table 3. Educational level and accident involvement

Educational level	Accident involvement	Not involved
University	54% (64)	46% (55)
Secondary	46% (6)	54% (7)
Intermediate	50% (1)	50% (1)

The effect of driving experience on accident involvement is represented in Table 4.These values indicate that drivers who have been driving for a long time may become over-confident and misuse their experience, yet turn to be careless and commit accidents in a higher rate compared to people who recently got their license.

Table 4. Driving experience and Accident involvement

Driving experience	Accident involvement	Not involved
Below 2 years	20%(3)	80%(12)
2-5 years	53%(35)	47%(31)
5-10 years	54%(19)	46%(16)
More than 10 years	74%(14)	26%(5)

The results that link seatbelt usage and accident involvement aren't directly correlated, due to the fact that seatbelt usage reduces traffic fatalities and serious injuries, yet it doesn't prevent the accident from happening. As shown in table 5. 22% of drivers who don't use seatbelt were seriously injured compared to 9% of those who use it.

Table 5. Seat belt usage and injuries

	Seatbelt use	Accident involvement	Were injured
Yes	45%	Yes (55%)	9%
		No (45%)	-
No	55%	Yes (51%)	22%
		No (49%)	-

2.2 Causes of accidents

The main contributing cause of accidents reported by drivers who were previously involved in an accident is careless driving (46.5%), followed by excessive speeding (19.7 %), alcohol and drugs (7%). Furthermore, 25.4% of the participants reported their involvement in traffic violations as an accident cause (fig.1).

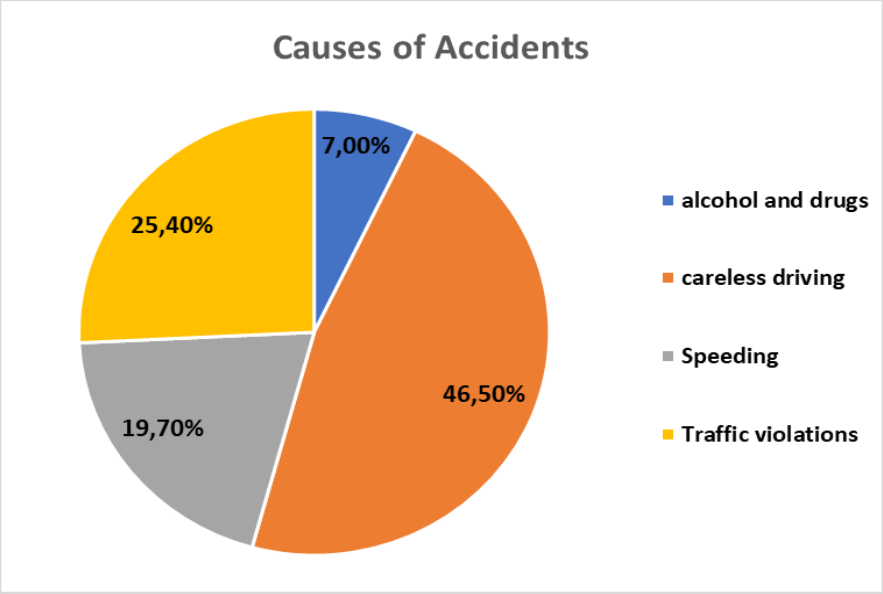


Figure 1. Causes of crashes among the surveyed drivers in Jordan

2.3 Violations, errors and lapses

Traffic violations occur when drivers violate laws that regulate vehicle operation on streets and highways. These may vary depending on the country and area.

In Jordan the most common traffic violation is speeding, most drivers disregard the speed limits late night at night and early in the morning, and they disregard speed limits on the main roads. Moreover, some drivers become impatient with slow drivers in the outer lane and overtake on the inside lane (right lane). Where 34%, 30% and 29% respectively of Jordanian drivers tend to practice these violations. On the other hand, running a red light and getting involved in unofficial races with other drivers are the least violations committed, with the percentage of 7% and 11% respectively of the recorded sample.

The errors, are typically misjudgments and failures of observation that may be hazardous to others. Such as attempting to overtake someone that you hadn't noticed to be signaling a left turn, failing to check the rear mirror before pulling out or changing lanes and under estimating the speed of an oncoming vehicle when overtaking, these errors were found to be the most common in Jordan.

By the descriptive analysis of the collected data about lapses in driving, and calculating the measures of central tendency, the most common answer for the frequency of people realizing that they have no clear recollection of the road they have been travelling along was that they occasionally realized that, which shows that this is not a very common lapse. Also, drivers said that they occasionally forget the place they have parked their car in due to lack of concentration.

Table 6 shows the DBQ mean scores and standard deviations for each of the individual items related to violations, errors and lapses among Jordanian drivers.

Table 6. Means and Standard deviations of items of Driver Behavior Questionnaire (DBQ)

Variables	Mean	Standard deviation
Violations		
1) Drive especially close to the car in front as a signal to its driver to go faster or get out of the way	1.91	1.69
2) Crossing a red light	0.75	0.99
3) Disregard the speed limits late at night or early in the morning	2.18	1.76
4) Disregard the speed limits on a motorway	2.13	1.67
5) Have an aversion to a particular class of road user and indicate your hostility by whatever means you can	1.59	1.48
6) Become impatient with a slow driver in the outer lane and overtake on the inside (right) lane	2.13	1.50
7) Get involved with unofficial 'races' with other drivers	0.86	1.13
8) Angered by another driver's behavior, you give chase with the intention of giving him/her a piece of your mind	1.13	1.17
9) Sound your horn to indicate your annoyance to another road user	2.02	1.45
10) Stay in a motorway lane that you know will be closed ahead until the last minute before forcing your way into the other lane	1.94	1.67

Errors		
1) Attempt to overtake someone that you hadn't noticed to be signaling a left turn	1.40	1.32
2) Miss 'Give Way' signs and narrowly avoid colliding with traffic having right of way	1.06	1.13
3) Fail to notice that pedestrians are crossing when turning into a side street from a main road	0.79	0.94
4) Queuing to turn right onto a main road, you pay close attention to the mainstream of traffic that you nearly hit the car in front	0.92	1.14
5) On turning right nearly hit a two-wheeler who has come up on your inside	0.69	0.88
6) Fail to check your rear-view mirror before pulling out or changing lanes, etc.	1.22	1.34
7) Underestimate the speed of an oncoming vehicle when overtaking	1.14	0.98
8) Apply sudden brakes on a slippery road, or steer wrong way in a skid	0.96	0.87
Lapses		
1) Get into the wrong lane when approaching a roundabout or a junction	1.43	1.09
2) Misread the signs and exit from the roundabout on the wrong road	1.10	0.99
3) Forget where you left your car in the car park	1.50	1.31
4) Hit something when reversing that you had not previously seen	1.31	0.99
5)Attempt to drive away from the traffic lights	3.47	1.47
6) Switch on one thing, such as headlights, when you meant to switch on something else, such as wipers	1.21	1.10
7) Intending to drive to destination A and, you 'wake up' to find yourself in destination B, because the latter is your more usual destination	1.43	1.15
8) Realize you have no clear recollection of the road along which you have been travelling	1.75	1.34

(0 = never, 1= hardly ever, 2 = occasionally, 3 = quite often, 4 = frequently, and 5 = nearly all the time)

2.4 Strong and weak driving components

The participants were asked to describe the strength of the components of their driving style. Table 7 shows the results where 77.6% of drivers claim that they are careful drivers, while 81.3% of them can react fast in critical situations, and 79.1% show consideration for other road users, 87.4% have full control over the vehicle in normal conditions.

Secondly, when it came to the weak components, it was found that 42.6 % of the reponents lose their patience when driving behind a slow car, and 29.1% of the recorded sample can't tolerate other driver

errors calmly. This indicates that drivers are usually short-tempered. Yet 22.4% of drivers face difficulties in driving within the speed limits.

Moreover, controlling the car through a skid, fluent lane changing in heavy traffic, and reverse parking in narrow gap scored a weak performance, with a percentage of 20.2% of the recorded sample.

Table 7. Strong and weak components in driving style:

	Definitely Strong	**Strong**	**Neither weak nor strong**	**Weak**	**Definitely Weak**
Performance in a critical situation	21.6%	41%	26.1%	7.5%	3.7%
Driving behind a slow car without getting impatient	6%	25.4%	26.1%	23.9%	18.7%
managing the car through a skid	11.2%	38.1%	30.6%	14.9%	5.2%
predicting traffic situations ahead	16.4%	53%	19.4%	8.2%	3%
driving carefully	24.6%	53%	14.9%	6%	1.5%
knowing how to act in particular traffic situations	14.9%	53%	24.6%	7.5%	0%
fluent lane changing in heavy traffic	14.9%	44%	20.8%	16.4%	3.7%
fast reactions	23.1%	58.2%	14.9%	3%	0.7%
showing consideration for other road users	25.4%	53.7%	12.7%	6%	2.2%
staying calm in irritating situations	7.5	23.9	33.6	20.9	14.2
controlling the vehicle	29.9	57.5	9.7	2.2	0.7
avoiding competition in traffic	35.8	34.3	11.9	7.5	10.4
keeping a sufficient following distance	20.9	38.1	23.8	10.4	6.7
Overtaking	23.9	39.6	23.9	9	3.7
relinquishing legitimate rights when necessary	12.7	41.8	25.4	16.4	3.7
confronting to the speed limits	15.7	37.3	24.6	18.7	3.7
avoiding unnecessary risks	27.6	44	14.1	9.7	4.5
tolerating other drivers' errors calmly	6.7	32.8	31.4	20.1	9
reverse parking in a narrow gap	27.6	37.3	14.9	7.5	12.7

3. Road safety campaigns in Jordan

People awareness of road safety campaigns in Jordan was investigated during the data collection phase. Analysis of the responses revealed the followings:

1) People who are aware of road safety campaigns constitute only 14.9% of drivers with only 12.7% of them believe that the campaigns are effective .
2) The most popular mediums for road safety campaigns are the internet and radio as reported by 23.9% of the responses followed by internet and TV (17.9%).
3) The most effective traffic enforcement tools are(fig.2):
   - Speed cameras (as reported by 36%)
   - Police presence (25%)
   - Traffic light cameras (21%)
   - Others (18%)

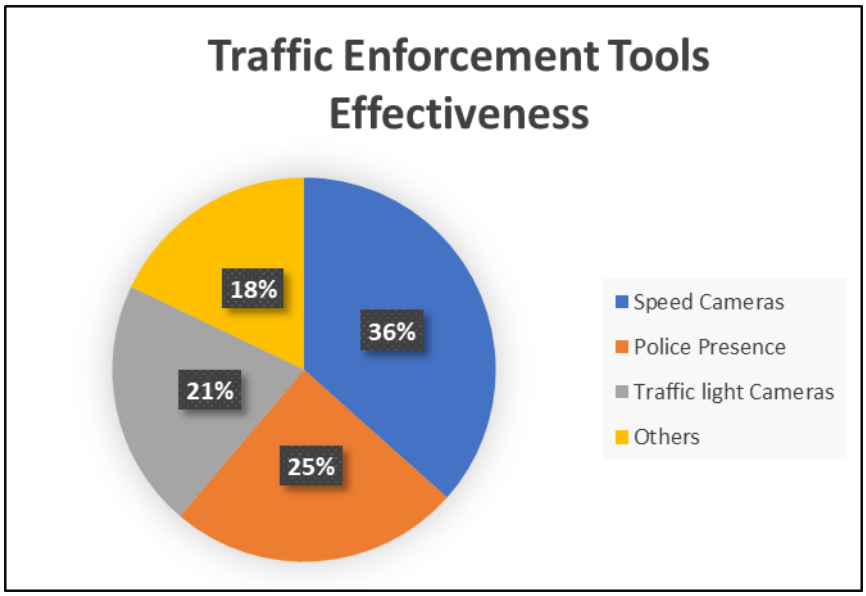


Figure 2 . Traffic Enforcement Tools Effectiveness

4) Drivers who think that speeding fines must be raised constitute 29.9% of the total participants whereas 70.1% think that speeding fines are high enough.
5) Drivers who think that there should be an increased police presence at main junctions constitute 56%)
6) Drivers who think that more road safety strategies should be implemented (85.8%).
7) Drivers who think that high powered cars should have speed restricting devices (71.6%).
8) Drivers who think that should be a special hotline to report aggressive drivers (90.3%).
9) Drivers who think that mobile radars should be used during peak volume traffic (58.2%).
10) Drivers who think all high peak roundabouts should be equipped with traffic lights (55.2%). A remarkable decrease in traffic congestion at two of the high peak roundabouts in Amman city was detected after this solution was implemented in 2019

4. Drivers' suggestions

The participants reported some suggestions that they perceive effective in reducing the magnitude of road safety problem in Jordan. These include: regular maintenance of roads, filling holes in streets and regularly renewing street markings, and providing proper street lighting.

Another field that the drivers feel requires improvement is the use of traffic calming techniques. They suggested that more humps should be installed to reduce drivers' speed, while providing road signs and adding more posted speed signs will force drivers to abide with traffic laws and regulations. Effective enforcement of traffic law was also perceived as another intervention with potential for accident reduction in Jordan.

5. Methodological Limitations

Although several studies have reported that self-reports of driving may correspond well to actual driving behavior, the collected data used for the purpose of this study were based mostly on drivers' self- reported behavior and no observations were made. It is also possible that some respondents could mislead their answers about positive and aggressive driving. Furthermore, the measurements of accidents and injuries involvement were based on a self-report of all accidents. Therefore, some respondents may have underestimated the number of accidents in which they had been involved.

Conclusion

The following conclusions were drawn based on the results of data analysis and evaluation conducted in this study:

- Jordanian drivers who have longer driving experience tend to be involved in more traffic accidents; the reason behind this is being overconfident while driving.
- It was proven that careless driving is the most common self-reported reason behind traffic accidents with 46.5% of the participating drivers supporting this view.
- The most common traffic violation practiced is speeding, 34% of drivers disregard the speed limits especially late at night and early in the morning. (hence that there are no motorways in Amman).
- The most common errors reported by drivers were found to be; failing to check rear mirror before pulling out or changing lanes, and under-estimating the speed of an oncoming vehicle in overtaking.
- Regarding lapses, 27.6% of drivers showed that they have no clear recollection of the road they have been travelling along, and this is not a highly common lapse. However, 26.1% usually forget where they parked their car in due to lack of concentration.
- The strong components of the driving style of Jordanian drivers were found to be their claim being careful drivers (77.60%), while 81.30% of them reported that they can react fast in critical situations.
- Internet and radio media forms are the most effective in delivering traffic awareness campaigns to drivers.
- Traffic enforcement tools such as speed cameras and police presence, are the most effective in regulating driver's aberrant behavior.

References

[1] Bener, A. – Yildirim, E. – Bolat, E. – Ozkan, T. – Lanjunen, T.: The Driver Behavior Questionnaire as an accident predictor in Cross-cultural Countries in Qatar and Turkey: Global Public Health Problem, British Journal of Medicine and Medical Research 2016 15(7): 1-9,2016.

[2] Bener, Abdulbari & Crundall, David. (2008). Role of gender and driver behaviour in road traffic crashes. International Journal of Crashworthiness 13. 331-336.

[3] Bener A, Lajunen T Özkan T Yildirim E Jadaan K The Impact of Aggressive Behaviour, Sleeping, and Fatigue on Road Traffic Crashes as Comparison between Minibus/Van/Pick-up and Commercial Taxi Drivers, Journal of Traffic and Transportation Engineering 5, 21-31, 2017.

[4] Jordan Traffic Institute (JTI), Annual Report 2018, Public Security Directorate, Amman, Jordan.

[5] Jadaan K, Bener A, Braizat, E. Formulation of road safety strategy for developing countries with special reference to Jordan, Advances in Transportation Studies an International Journal B 40, 101-111. , 2016.

[6] Bener, A, Jadaan K, Crundall D, Calvi A. The effect of aggressive driver behavior, violation and error on vehicle crashes involvement in Jordan. International Journal of Crashworthiness 2019.

[7] De Winter JC, Dodou D. The driver behaviour questionnaire as a predictor of accidents: A meta-analysis. Journal Safety Research. 2010;41(6):463-70.

[8] Zhao, N. – Mehler, B. – Reimer, B.: An investigation of the relationship between the driving behavior questionnaire and objective measures of highway driving, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, November 2012; Volume 15, Issue 6.

[9] Kashani, A. – Ravasani, M. – Ayazi, E.: Analysis of Drivers' Behavior using Manchester Driver Behavior Questionnaire Based on Roadside Interview in Iran, International Journal of transportation Engineering. Summer 2016 Vol.4. No.1.

Analysis of public transport services with several criteria

Braniš Marek[1] – Šulík Matej[2]

[1]**Slovak University of Technology Bratislava, Department of Transportation Engineering**
phone: +421 902 154 536,
e-mail: marek.branis@stuba.sk

[2]**Slovak University of Technology Bratislava, Department of Transportation Engineering**
phone: +421 918 499 822,
e-mail: matejsulik@gmail.com

Abstract: With the current worldwide trend of increasing individual car traffic in the urban road network, public transport has become one of the key issues for the sustainable future of transport in cities. Especially when the level of automobilization is growing rapidly and many cities are already at the capacity limit of an existing road network. Therefore many cities are trying to solve the question, how to improve the existing systems of public transport, to become more attractive for citizens. The quality of the public transport service from the passenger's point of view is not only about the number of links and their occupancy, but also about the time and distance availability of stops and stations. When we were creating the general master plan of one small Slovak town, we tried to take into account several criteria. Of course, it was also necessary to carry out traffic surveys to determine the occupancy of public transport systems, but equally important was to determine the isochrones and isodistances of passengers. The experience and complications from the preparation and realization of the actual analysis of the results in the creation of the general master plan are written in the contribution.

Keywords: Mobility,public transport, occupancy, traffic survey, bus stops accessibility

Introduction

With the current worldwide trend of increasing individual car traffic in the urban road network, public transport has become one of the key issues for the sustainable future of transport in cities. The base problems of the city street networks were published in [1]. The set of activities for define the purpose of public transport within the city is applied in the land-use planning documentation, specifically in the transport master plan of a city [2,3,4]. Special details about the public transport surveys are known in [5]. Especially the problems of small cities in Slovakia with the problem of creating traffic planning scenarios are in [6]. And to complex solution as a sustainable mobility for urban areas were shown in [7]. This trend did not avoid Slovak city Šala and its districts. On the roads is visible the unsustainable growth of individual car traffic, while occupancy of public transport does not reach the expected potential for passenger transport within the city of Sala [8]. For elaborating the principles of city transport policy we could not omit the issue of public transport [9,10,11]. The aim was to analyze the data obtained from real traffic in a qualified way and to propose specific solutions in the area of transport infrastructure and transport services. Based on consideration of favorable development tendencies of city, every general master plan defines the direction of development of transport infrascructure. For purpose of general master plan of city Šala, we devided city to 7 zones and analyses their functions – Figure 1.

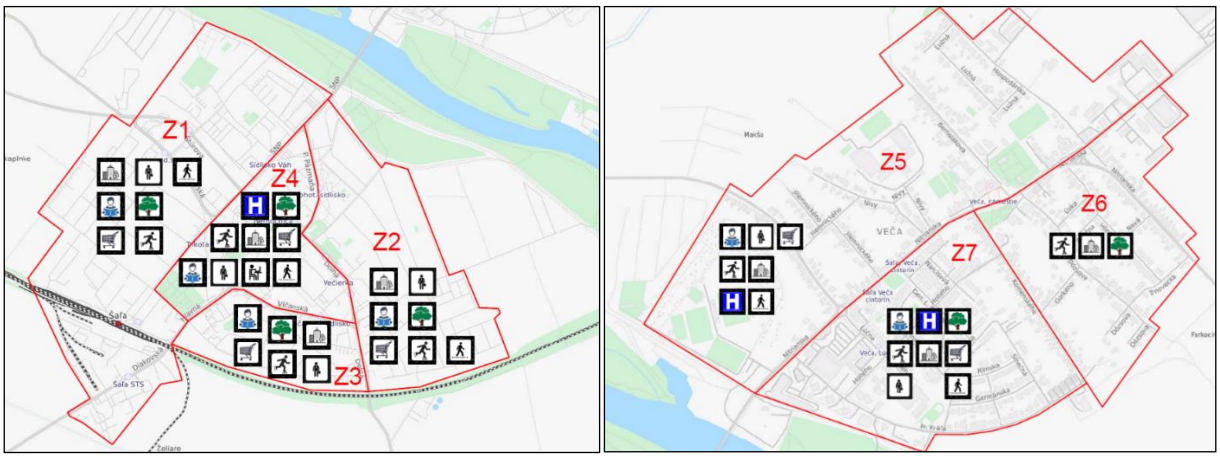


Figure 1. Division of the city into zones with their functions

1. Public transport in city of Šala and its districts

To analyze the current state of public transport, we wanted to use a real data from a daily operation, collected during the average weekday. The public transport providers operating in the city of Šala gave us just a limited set of data from the real operation of transport. In the case of rail transport, we received a set of train movements within the railway station of the town of Šaľa. In the case of regional bus lines, given data concerned entry and exit stops and the number of passengers on the lines beginning, ending or passing through the city of Šaľa. There is also a city bus line in the city of Šala, which operates between city district Šala, Veča and Railway station in both directions. During the working day, the line is operated by one bus all day and by the second bus during peak times. In total there are 26 bus links in both directions. In the case city bus lines in the city of Šala, is provided just one single line, with a uniform tariff applies along the route. Therefore was not possible to determine the occupancy of links according to sales of bus tickets. That was the main reason why we had to carry out as part of the Mobility Survey [12.], also a manual survey which includes counting of the passengers on the city bus line buses. The one and only city bus line connect city district Veča with the railway station, and it has two main alternatives. Primarily it is operated by a newly purchased electric bus – Fig. 2. It is a 12 meters length vehicle, with normal capacity 80 passengers. During the charging and during traffic peaks, is the city bus line operated by classic diesel bus, transfer from regional bus lines.

Figure 2. Bus which operates the city bus line in city of Šala

2. Analysis of collecting data from public transport operation

For the traffic survey, we set the average working day during the week. It was carried out on Wednesday, 13.11.2019. During the survey, 3159 passengers were counted.

In analyzing the occupancy rate, we considered normal capacity as a reference value of the maximum capacity rate of the vehicle [5.]. It means the occupancy with a density of 5 passengers / m², for each type of vehicle, which was operated the current link of the city bus line. According to operating vehicles, we set the average value of normal capacity, which presents 80 passengers per one city bus line link. Subsequently, we determined from this value the maximum utilization of each city bus line link in percentage. Based on the capacity analyzes of each link, we can see during the time of morning rush hours, the highest occupancy rate of the public transport vehicle was approximately 40% of its capacity. This occupancy was reached in link no. 10 with departure at 6:05 from Šala, Veča to the Railway Station – fig. 3.

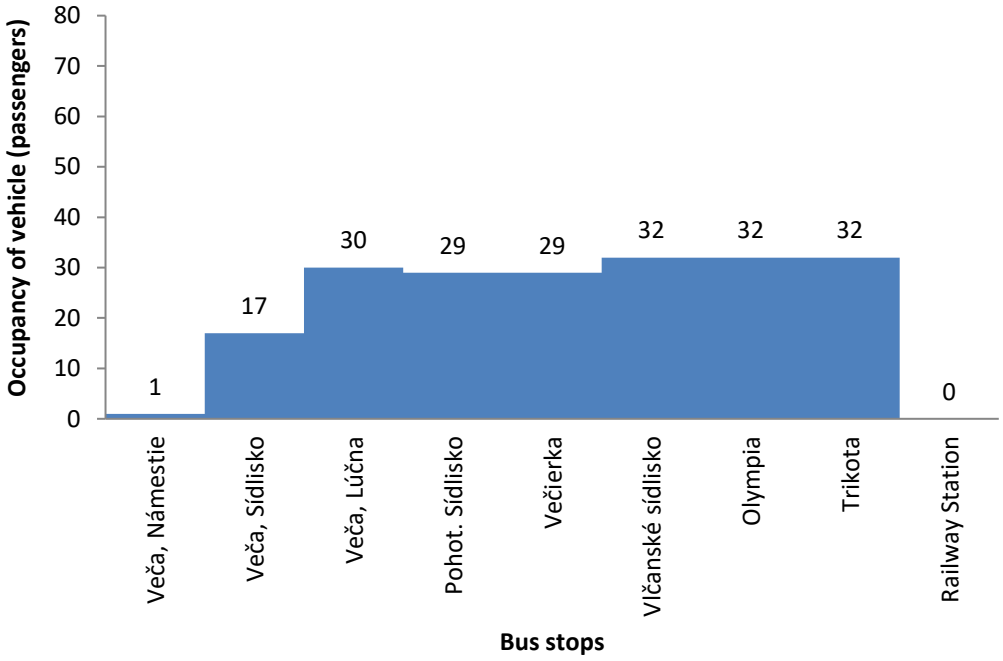


Figure 3. The link of a city bus line with the highest occupancy

On the most bus links, bus occupancy was lower than 30% of vehicle capacity, and there were also bus links that were completely empty. In this case is necessary to state, these cases were just bus links in the early morning and in a late evening. The diagram of the average occupancy of the vehicle is visible in fig. 4. The reference value on Y- axle represents the normal capacity of the vehicle – 80 passengers. According to this diagram, the 12-meters long bus tends to be oversized.

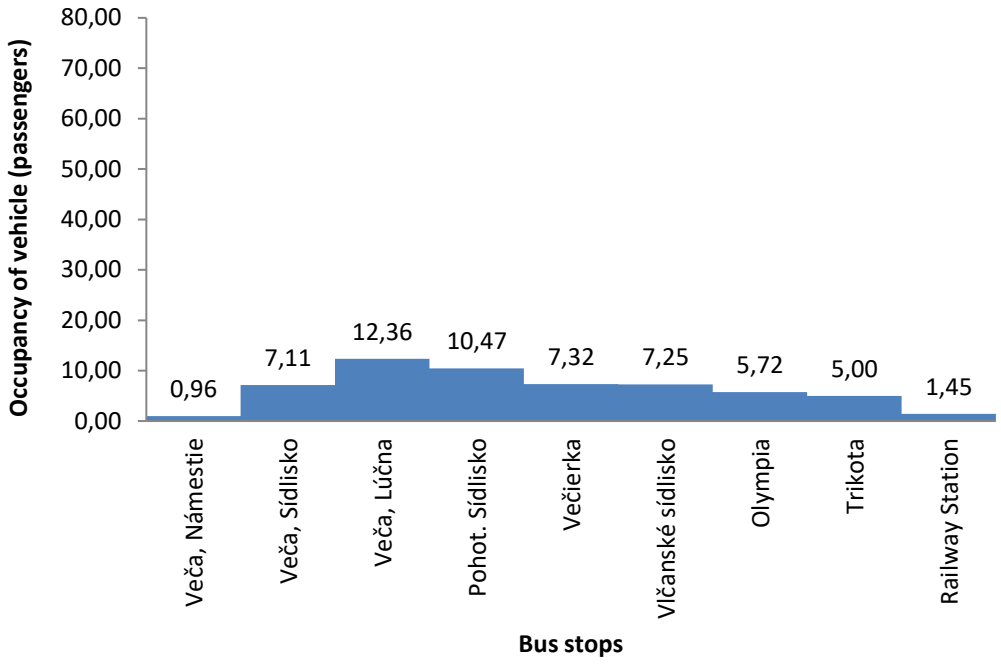


Figure 4. Average occupancy of a city bus line along its route

The total daily ocupancy of a city bus line is visible from figure 5, where is visible the occupancy for each direction of a line, for all 26 links together, for both directions. The reference value on Y- axle represents the total capacity of 26 bus links, which is 2080 passengers. The busiest section between two stops was between stops Veča, Lúčna and Pohot. Sidlisko, in a direction to Railway station, with a maximum occupancy of 483 passengers, which represents less than 24% of normal vehicle capacity.

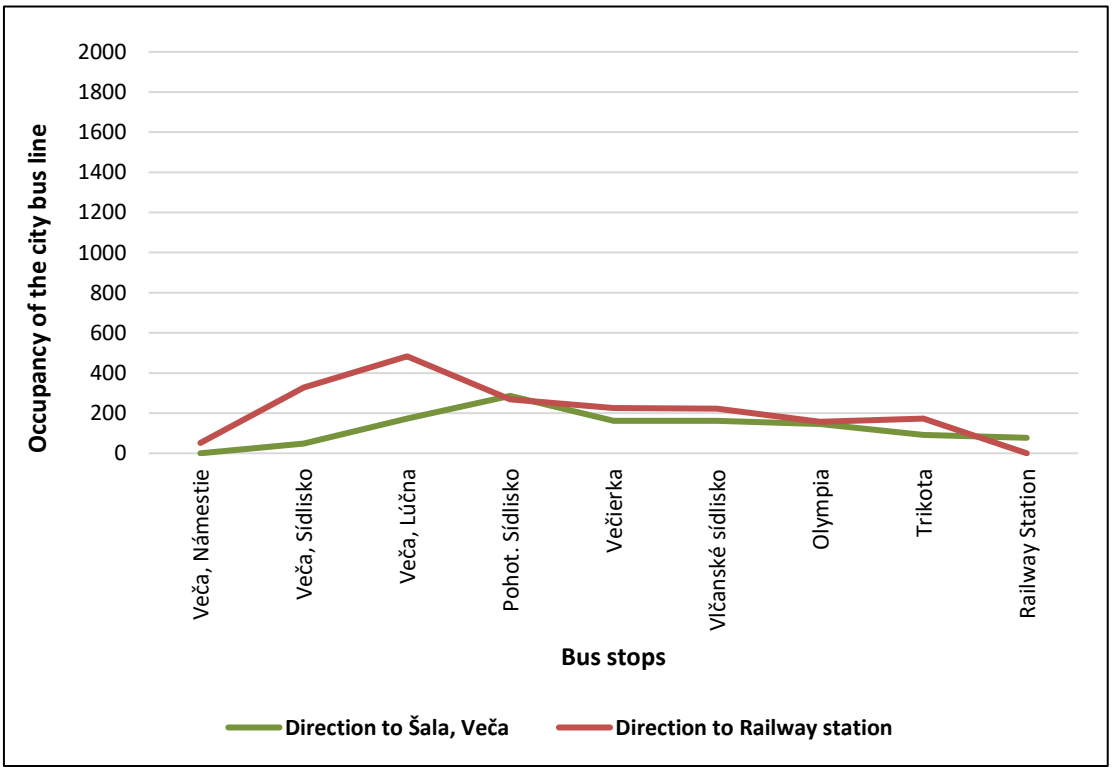


Figure 5. Occupancy of a city bus line for each direction

Although the city bus line starts, respectively. ends at the railway station, it is definitely not possible to talk about the ideal connection for passengers using trains. Due to the interval of the city bus line, the ideal transfer is ensured primarily for express trains in the direction to and from the capital Bratislava. In case of a train delay in the direction from Bratislava, the city bus waits for departure at most 5 minutes.

Compared to the insufficient utilization of city bus line, when we were analyzing the regional bus lines according to ticket sales, we noticed a significant number of passengers traveling within the city of Šaľa a using the regional bus lines. It was 198 passengers between the railway station and districts of a city, during one average working day.

Due to the finding of insufficient utilization of the city bus line, despite significant investment in the renewal of vehicles, we proceeded to the analysis of the route of the line and its stops through the accessibility by residents and potential passengers.

3. Analysis of stop accessibility

Based on observation in city, field measurment and function analyses we determin average speed of pedestrian. Average speed of pedestrian is important indicator to determine accessibility by walking. We used average speed of pedestrian to analyze mutual distances between bus stops. As tools for analysation we chose isochrones and isodistances – Fig. 6. Isodistances, like isochrone, connect various points in terrain which have equal value of physical unit. Our source location was bus stops of city bus line as well as the stops of regional bus lines. In a detailed analysis we did isochrones for 2,3,5 and 10 minutes. We also did isodistances for 200 and 300 m. In reverse calculations it means:

- 300 m represents 4 minutes and 23 seconds of walking, 200 m represents 2 m and 55;
- 3 min. represents 205 m, 5min. represents 342m and 10 min. represents 684 m.

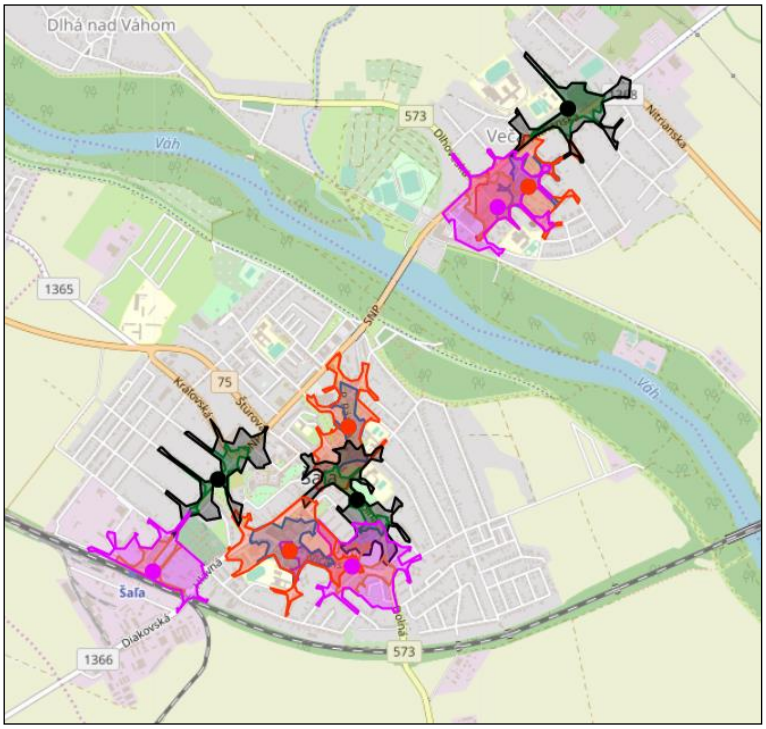


Figure 6. Isochrones for 3 and 5 minutes

We consider the average speed of pedestrians 4,1 km.h-1. This speed was calculated for 4 categories – tab. 1.

Type of pedestrian	Speed, km/h
Children up to 7 years	3,4
Young people under 30 years	5,4
People in middle age between 30 a 50 years	4,3
Older people up to 60 years	3,2

Tab 1. Pedestrian walking speed category

The speed of pedestrians for each category was set from various available studies. Speed of pedestrians in the category under 30 years we achieved from terrain measurements directly in the city of Šaľa on sections between existing bus stops. Speed was measured by a mobile application called Endomondo – Fig. 7

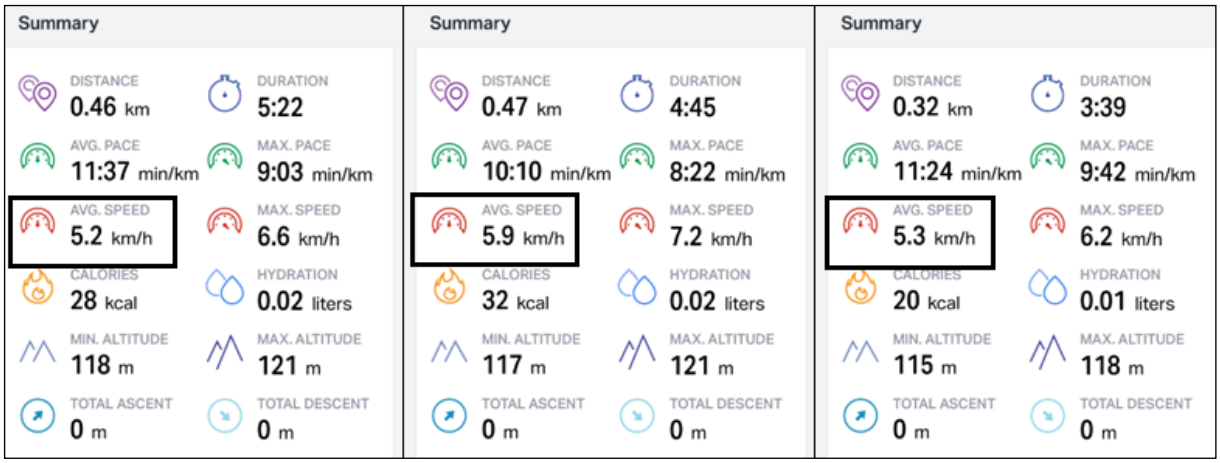


Figure 7. Output from Endomondo mobile application

We chose four categories because operated area by city bus line consists mainly of polyfunctional zones, where are combined functional sections of the city – living, work, services, and others. Because of that combined functions, we decided to proceed with the analysis with an average of four categories of walking speed.

The principle of drawing isolines in our investigated area, which consists of the built-up land of the city Šaľa is based on the background map. In our calculations was used OpenStreetMap. Background map reflects the transport network with crossroads, public spaces, pavements, and others. Moving pedestrians from starting point to the destination have to overcome obstacles. Route of the pedestrians is affected by these obstacles, and in final the route is not straight but curved. Usually is the accessibility described in a circular shape but it is inexact in a built-up land. The much better supposition for walking accessibility represents isolines. Isolines- isochrone or isodistance help consider the geography of land – crossroads, construction sites, buildings, roads, obstacles, which do not allow directly walkthrough route. Each possible route traveled for a specific time or distance from a certain point were calculated by Dijkstras algorithm. The connection of points with equal time value creates isochrone. Similarly, connection od points with equal distance value create isodistances. Dijkstras algorithm need background map, where are defined obstacles, so isoline could be drawn. The precision of drawing isoline is based on the precision of the background map. For example area around street Smetanova is formed of family houses. However, family houses with front yard/ back yard are paled private property which is defined in the background map as obstacle for pedestrians. Because of that isoline will not overrun family houses.

A similar case could happen if in area of interest is a present construction site, which is inaccessible for public. The situation could change in the future after completion of the building when it needs to be redefined in the background map. If exterior, interior or parterre will be opened for the public, the shape of isoline will have been changed.

From drawn isochrones is obvious the location of a bus stop with accessibility from surrounding streets. On one hand, in some parts of the city, the location of stops is undeniable, with no other possible changes. On the other hand, there is a spacious part of a city, which has accessibility more than 5 minutes of walking. Especially the yellow mark area – Fig. 8 is quite big district with blocks of flats with the bus stop distant from 5 to 12 minutes.

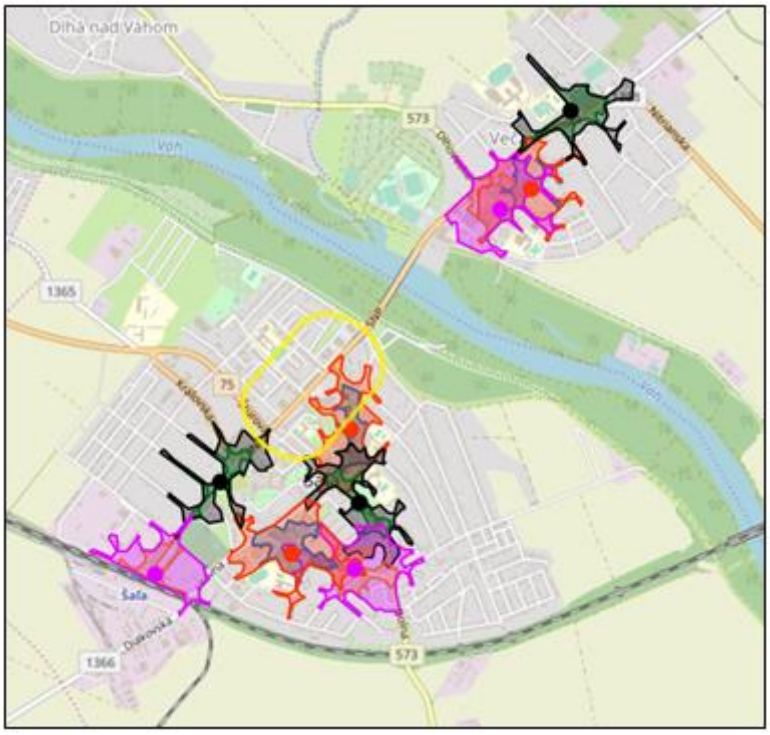


Figure 8. Isochrones for 3 and 5 minutes- optimalization possibilities

4. Conclusion

After analyzing public transport in the city of Šaľa, we came to the conclusion that even though the city of Šaľa has one of the most modern public transport in Slovakia in terms of the vehicle fleet, its potential could be significantly greater than the existing range of public transport connections. The occupancy of public transport rarely exceeds 40% during the average working day. However, this low occupancy is not due to a lack of passengers' interest, but rather to an unattractive interval of operation. This low interest is confirmed by the number of passengers who use regional bus lines to travel across the city area of Šaľa, or prefer a car, despite the good accessibility of public transport stops, which is evident from the created isochrons.

Similarly, the function of connecting the city bus line to the railway station often becomes irrelevant, because the bus line can provide a suitable transfer only for some train connections, and despite train delays not very reliably. As a result, many residents prefer a car for their transport from their place of living in Šaľa to the railway station. It is therefore not surprising that the parking lot in front of the railway station has insufficient capacity.

For improving the city public transport in the city of Sala, it would be more appropriate to use vehicles of smaller capacity, but with a shorter frequency between connections. Thus it would be possible to establish transfers to, respectively. from more passenger trains in the direction of Bratislava and from Bratislava, which operated all day in regular intervals. For increasing usage of the city bus line there is a possibility to create more bus routes alternatives, using also the existing regional bus stops. With creating more routes alternatives the area of the served public transport territory will be increased, thus making the public transport more accessible and more attractive for more residents.

References

[1] SCHLOSSER, T. - SCHLOSSER, P. *Traffic engineering analysis in the preparation and reconstruction of urban roads*. Slovak Journal of Civil Engineering. Vol. 26, no. 2018/2, s. 35-39. ISSN 1210-3896

[2] SCHLOSSER, T. – HODÁKOVÁ, D. – SCHLOSSER, M. a kol.: Dopravný prieskum smerovania dopravy na území mesta Šaľa, Katedra dopravných stavieb SvF STU Bratislava – DOTIS Consult, s.r.o., 2018

[3] SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, P. a kol.: Dopravný prieskum parkovania na území mesta Šaľa - Dopravná štúdia, DOTIS Consult, s.r.o. - Katedra dopravných stavieb SvF STU Bratislava, 2018

[4] SCHLOSSER, T.: *Dopravno-kapacitné posúdenia v projektovej dokumentácii cestného a mestského* inžinierstva, In: Cestná konferencia 2018

[5] BRANIŠ, M. - SCHLOSSER, T. - CÁPAYOVÁ, S. - ZUZULOVÁ, A. - HODÁKOVÁ, D.: Methodology of collecting data for evaluating public transport services. In *WMCAUS 2019 [elektronický zdroj] : abstract collection book of the World Multidisciplinary Civil Engineering - Architecture - Urban Planning Symposium. Prague*, 2019

[6] SCHLOSSER, T. - HODÁKOVÁ, D. - ZUZULOVÁ, A. - BRANIŠ, M. - SCHLOSSER, P.: Impact of transport analysis on urbanization development in small towns of Slovakia. In *SGEM 2019. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 19. Nano, Bio and Green - Technologies for a Sustainable Future : conference proceedings. Albena, Bulgaria*, 2019, p. 479-486. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-89-8

[7] SCHLOSSER, T.– CÁPAYOVÁ, S. – HODÁKOVÁ, D. – SCHLOSSER, P: *Evaluation of Sustainable Mobility for Urban Development Projects with Traffic Engineering Tools – Example From Bratislava*, In SGEM 2018, 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Research Area: Green Design and Sustainable Architecture, Albena, Bulgaria, 02-08 July, 2018, Volume 18, Book 6.3, p. 549-556, ISBN 978-619-7408-52-2, ISSN 1314-2704

[8] HEGYI, S. – SCHLOSSER, P. – SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, M.: Analýza dopravnej situácie na príjazdových komunikáciách mesta Šaľa, profilový dopravný prieskum, Dopravná štúdia, DOTIS, s.r.o. – HELDIS, s.r.o., 2018

[9] SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, P. – KORFANT, M.: *Dopravno-urbanistické zásady električkových tratí v novom centre Bratislavy*, Medzinárodná konferencia Verejná osobná doprava, 2019, Kongres Studio, Bratislava

[10] SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, P. – KORFANT, M. a kol.: Električkové trate v novom centre mesta Bratislavy – Dopravné modelovanie a zmena deľby prepravnej práce, Stavebná fakulta STU Bratislava a DOTIS Consult, s.r.o., 2019

[11] SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, P. – SCHLOSSER, M.: *Traffic model as a tool for changing of modal split in Bratislava new city centre*, In Conference of Transport Science - Technology in Service of Sustainable Transport, publisher Universitas-Győr Nonprofit Kft., Hungary, Szécsényi University Győr 2018

[12] SCHLOSSER, T. – TAKÁCS, J. – BRANIŠ M. – SCHLOSSER, Mi. a kol.: Anketový dopravný prieskum na území mesta Šaľa - Dopravný prieskum domácností a verejnej dopravy, Katedra dopravných stavieb, SvF STU Bratislava – DOTIS Consult, s.r.o., 2019

Az alternatív hajtású autóbuszok jelene és jövője magyarországi városok helyi közlekedésében, a kecskeméti szolgáltatóváltás tükrében

Hegedűs László Dávid

Debreceni Egyetem Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék
telefon: +3630/ 937-3397
e-mail: laccyrac16@gmail.com

Kivonat: Napjainkban egyaránt népszerűek az alternatív hajtású járművek mind az egyéni, mind a közforgalmú közlekedésben. A földgáz, hibrid vagy teljesen elektromos meghajtású autóbuszok Magyarországon is egyre inkább elterjedőben vannak, egyes városoknak azonban már több évtizedre visszamenő tapasztalatai vannak ezen a területen.

Jelen írásban annak jártam utána önkormányzatok, szolgáltatók, hírportálok és szakmai oldalak cikkein és dokumentumain keresztül, hogy az utóbbi években beszerzett járművek hol, hogyan és milyen módon határozzák meg a zöldebb, fenntarthatóbb városi autóbusz-közlekedés jelenét, és milyen hatásai lehetnek a jövőre nézve, mindezt területfejlesztő geográfus szemmel.

Tíz magyarországi város alapvető áttekintése mellett a cikk fókuszában Kecskemét áll, ahol a januári szolgáltatóváltás új koncepciót is hoz magával az alternatív hajtású járművek terén. Kérdés, hogy a 2010-es évek elején alaposan megtervezett és publikált, hibrid autóbuszokra épülő koncepcióból mennyi valósult meg és hogyan, illetve mely elemek maradtak – és maradnak ezután is – tervek szintjén.

Az eredmények alapján a vizsgált magyarországi városok autóbusz-állományában egyre nagyobb részt tesznek ki az alternatív hajtású példányok, a kecskeméti változás pedig ebben a tendenciában jelenthet majd visszalépést a hibrid-éra végével.

Kulcsszavak: *alternatív erőforrások és hajtásmódok, helyi járműállomány, emisszió, közép-és nagyvárosok*

Bevezetés

A XXI. század egyik legfontosabb közlekedési kérdése, hogy hogyan lehetne a környezetszennyező és nem megújuló kőolaj alapú üzemanyagokat fogyasztó járműveket fenntartható, környezetkímélő, tiszta meghajtásúra váltani.

Az alternatív hajtású autók évről évre egyre nagyobb mértékben határozzák meg az utcaképet, elsősorban a hibrid, plug-in hibrid, elektromos, valamint kisebb mértékben a gázüzemű meghajtás révén, az utóbbi tíz évben évről évre átlagosan másfélszeresére, akár kétszeresére emelkedett az ilyen hajtású személyautók eladása [1] [2].

Az elképzelés a közforgalmú közlekedést tekintve sem új, hiszen már az 1900-as évek elején épültek elektromos autóbuszok, és egy ideig úgy tűnt, hogy az elektromos technológia válik uralkodóvá [3]. A belső égésű motorok térhódítása mellett kísérleti jelleggel ugyan készültek más meghajtással is prototípus vagy kisszériás járművek, manapság azonban a legtöbb gyártó már sorozatgyártásban állítja elő ezen járműveit [4] [5]. A teljesen elektromos autóbuszok piacát vezető vállalatok viszonylag újak, melyek – aktuális adatok alapján megítélve – jól alkalmazkodtak az autóbusz-gyártás változó piacán. 2018-ban az elektromos autóbuszok eladását Európában 25%-os részesedéssel a BYD nyerte, a Solaris 17%-ot, A VDL 13%-ot ért el, a Yutong pedig 9%-át adta az eladott elektromos autóbuszoknak [4].

1. Módszertan és vizsgálat

Jelen írásban azok a települések kerültek általános vizsgálat alá, melyek helyi autóbusz-állományában állandó jelleggel található valamilyen alternatív meghajtású jármű. Az alternatíva tulajdonképp bármi, ami különbözik a normál dízel-meghajtású járműtől, tehát hibrid, elektromos, sűrített földgáz vagy üzemanyag-cellás (Magyarországon nincs állományban ilyen autóbusz) egyaránt lehet.
Az egyes meghajtások részletes technikai hátterébe nem kívánok belemenni, mivel nem rendelkezem azzal a mélységű járműmérnöki tudással, hogy ezt teljes szélességében ismerjem és annak megfelelően össze is tudjam hasonlítani ezeket a technológiákat.
Jelen cikkben a kecskeméti esettanulmányon kívül olyan magyar városok helyi autóbusz-állománya kerül rövid bemutatásra, ahol valamilyen alternatív hajtású jármű közlekedik. Ez a kitekintés abból a szempontból hasznos, hogy a kecskeméti esettanulmányt közvetlenebbül, belföldről összehasonlítható kontextusba helyezi, függetlenül a nyugat-európai trendektől.

2. A vizsgált települések járműállománya

Budapest

Budapest helyi autóbusz-közlekedését a BKK irányítása alatt több alvállalkozó végzi [6]. A főváros helyi autóbusz közlekedésében többféle típusú és többféle meghajtású járművek vesznek részt, mivel a hagyományosnak tekinthető dízel mellett sűrített földgáz, hibrid és elektromos buszok is megtalálhatóak. A CNG hajtást Van Hool New A330 CNG és Mercedes-Benz Citaro CNG képviseli [7] [8], hibrid autóbuszok a Volvo 7700 és 7900-as típuscsaládjából találhatók meg, az elektromos járművek pedig Modulo c68e típusú midibuszok [9]. Ezek jelentős része 2012 óta érkezett Budapestre használtan, kivétel ez alól 28 darab Volvo 7700A Hybrid [10] [11] (mely azóta volt már a Volánbusz állományában is), valamint az Ikarus Egyedi / MABI-Bus által készített 20 darab elektromos Modulo [2].

Zalaegerszeg

Zalaegerszegen a helyi autóbusz-közlekedést a Volánbusz Zrt. (korábban ÉNYKK, Zala Volán) látja el, mely helyi flottában korábban Debrecenben használt, sűrített földgázüzemű MAN NG 232 CNG (egy darab) és három darab Jelcz M120I típusú buszok szolgálnak alternatív hajtásúként normál dízeles társaik mellett. A járművek beszerzését a város Ökováros Projektje juttatja érvényre, ugyanakkor ezek az állomány töredékét adják [12] [13] [14] [15].

Szeged

Szeged helyi közforgalmú közlekedését két vállalat látja el; a kötöttpályás közlekedésért (villamos, trolibusz) a Szegedi Közlekedési Társaság, az autóbusz-közlekedésért a Volánbusz Zrt (előtte DAKK, illetve Tisza Volán) felel. Az autóbuszflottában találhatóak Ikarus 260G, Ikarus 280G és Mercedes-Benz Citaro G CNG típusú buszok, melyek sűrített földgáz hajtással közlekednek [16] [17] [18]. A gázmotoros Ikarusok a szegedi Közszolgáltatási Szerződés értelmében már csak 2022-ig maradhatnak (az Ikarus 260G és 280G példányok gyártása 2002-ig tartott), a típusok ugyanis ekkor töltik be 20. évüket, amely a helyi autóbuszok életkorának maximumát jelenti. A jelenlegi helyzet szerint tehát csak a Mercedes-Benz Citaro-k maradnak alternatív hajtással, mivel az újabb Scania Citywide 12 LF és Mercedes-Benz Conecto Next Generation típusú autóbuszok egyszerű dízelmotorral rendelkeznek [16].

Miskolc

Miskolc helyi közforgalmú közlekedését a Miskolci Városi Közlekedési Zrt. látja el villamosokkal és autóbuszokkal. Az autóbuszok száma a nosztalgia-járműveket leszámítva 156 darab, ebből 40 darab szóló MAN Lion's City A21 CNG és 35 darab csuklós MAN Lion's City A40 CNG sűrített földgáz (CNG) hajtással üzemel, mely az állomány 48%-a [19]. Ezeket 2016-ban helyezték üzembe, a 9,2 milliárd forintos beszerzésből 1,8 milliárd forint volt állami támogatás, a maradék 7,4 milliárd forintot pedig lízingkonstrukció keretein belül állta a város [20].

Nyíregyháza

Nyíregyháza helyi közforgalmú közlekedését a Volánbusz Zrt. (elődei ÉMKK, Szabolcs Volán) látja el autóbuszokkal. Az önkormányzat 2015-ben írt ki pályázatot sűrített földgáz (CNG) hajtású autóbuszokra, mely alapján az MAN szállított 36 darab szóló Lion's City A21 CNG és 5 darab csuklós Lion's City A40 CNG típusú járművet 5 milliárd forintos Európai Uniós támogatásból fizetve [21]. A gyártó azonban

hiába szállította le a kért buszokat 2016 végére, azok mindössze 2018. februárjában lettek átadva az utasközönségnek, addig a gyártó tiszaújvárosi telephelyén álltak. A hivatalos információk szerint egyrészt az új járművek tankolására nem állt rendelkezésre töltőállomás, másrészt az ÉMKK sem kívánt CNG hajtású buszokat üzemeltetni [22]. Az új MAN-ek mellett Solaris márkájú autóbuszok közlekednek (Urbino 10, Urbino 12 és Urbino 15), összesen 80 darab jármű, melynek így 51%-a alternatív hajtású, valamint a projekt keretein belül új autóbusz-telephely létesült [23] [24].

Ezen kívül az Önkormányzat pályázatot írt ki 6 darab elektromos midibusz beszerzésére is, plusz 2 milliárd forint értékben, azonban ezek a buszok a MABI-Bus Kft. / Ikarus Egyedi csődje miatt már nem kerültek leszállításra [25].

Kaposvár

Kaposváron a Kaposvári Tömegközlekedési Kft. látja el a helyi autóbusz-közlekedést, 2015 óta kizárólag alternatív hajtású MAN Lion's City A21 CNG (25 darab) és A40 CNG (15 darab) típusú járművekkel. Az autóbuszok 4,2 milliárd forintos teljes vételárának 97,5%-át az Európai Unió finanszírozta [26] [27]. A korábban közlekedő, elöregedett és heterogén járműpark (elsősorban Ikarus 200-as és 400-as sorozat darabjai) helyére érkezett buszok tankolása és tárolása is megoldott, töltőállomás és új telephely által [28]. Ezen kívül 2019-ben írtak ki tendert egy darab elektromos midibuszra is [29], a járműparkot illetően tehát Kaposvár igyekszik a lehető legteljesebben kihasználni az ebben rejlő lehetőségeket, ügyesen felhasználva EU forrásokat is.

Salgótarján

A – sok városhoz hasonlóan – Volánbusz által ellátott Salgótarjánban egyetlen 12 méteres szóló BYD márkájú elektromos autóbusz közlekedik 2019. tavasza óta munkanapokon, meghatározott vonalakon. A 24 darabos helyi flottának alig több, mint 4%-át teszi ki [30].

Pécs

Pécs helyi közforgalmú közlekedését a Tüke Busz Közösségi Közlekedési Zrt. látja el kizárólag autóbuszokkal. A város önkormányzata 2019-ben írt ki pályázatot tíz darab elektromos autóbuszra. A nyertes a BYD lett, a járműveken kívül nyolc töltőállomás kiépítése és a sofőrök képzése is feladat, a finanszírozás a Modern Városok program keretein belül állami támogatásból valósul meg [31] [32]. Több városhoz hasonlóan a pécsi elektromos autóbuszok is csak egy kis részét fogják adni egyelőre a flottának. A Tüke Busz Zrt 2019. július 3-i dátumú gépjárműállomány-táblázata alapján a szóló és csuklós autóbuszok száma összesen 199, az érkező tíz jármű tehát nagyjából 5%-ot tenne ki a teljes flottát illetően [33].

Paks

Paks Önkormányzata 2019-ben írt ki pályázatot nyolc darab elektromos autóbuszra. A nyertes a Solaris lett, 5 szóló (Urbino 12 electric) és 3 midi (Urbino 8,9 electric) által, melyekre 1-1 darab opcióként hívható le, tíz darabosra bővítve az állományt [34].

Tatabánya

Tatabánya a korábbi példákhoz képest annyiban más, hogy a korábbi terv végül nem valósult meg. A város közlekedését az önkormányzati tulajdonú T-Busz Kft. látja el 2018 óta szóló és csuklós járművekkel, előbbi Credo Econell City 12 és Credo Econell City 13, utóbbi MAN Lion's City. A járművek beszerzéséhez kapcsolódó közbeszerzés tartalmazott négy elektromos midibuszt is, melyet a MABI-Bus nyert meg a Modulo c68e típussal. A MABI-Bus / Ikarus Egyedi csődje miatt azonban a járművek nem kerültek leszállításra, ugyanakkor kiírásra került új tender szintén négy darab elektromos midibuszra vonatkozóan [35]. A teljes járműállományt tekintve a 23 szóló és 15 csuklós autóbusz mellé került volna (illetve az új tenderkiírás miatt kerülhet) a négy elektromos busz, amely arányait tekintve 10% alatti, tehát az állomány csak kis részét tenné ki az alternatív hajtású jármű [36].

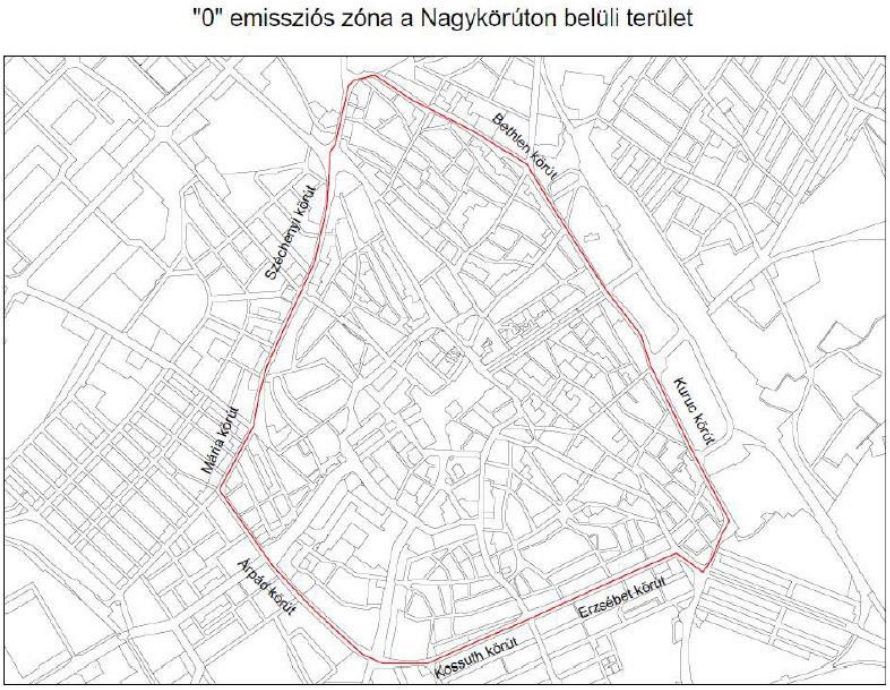
3. A kecskeméti esettanulmány

Kecskemét Megyei Jogú Város Önkormányzata a „Kecskemét város közösségi közlekedés fejlesztése, átalakítása- zéró emissziós zóna, megteremtése, soros hibridhajtású alacsonypadlós autóbuszok beszerzésével" címet viselő projekt keretein belül két fő, közlekedés-szervezésre és a járműflottára

vonatkozó intézkedést határozott meg; zéró emissziós zóna kijelölését, és hozzá kapcsolódóan zéró emissziós üzemre képes autóbuszok beszerzését. Ezek alakulását a következőkben mutatom be.

3.1 Zéró emissziós zóna

A projekt keretein belül az Önkormányzat Közgyűlése 2013-ban döntést hozott ún. zéró emissziós zóna kijelöléséről és annak feladatáról. A kijelölt terület a stratégiai zajtérkép és zajcsökkentési intézkedési terv alapján Kecskemét belvárosának az ún. Nagykörút (1. ábra) által határolt területen belüli része esett (Bethlen krt., Széchenyi krt., Mária krt., Árpád krt., Kossuth krt., Erzsébet krt., Kurucz krt.) [37].



1. ábra: A kijelölt zéró emissziós zóna (a vonallal körbezárt terület). Forrás: [37]

A terv szerint a vásárolni kívánt hibrid autóbuszok ezen területen belül kizárólag a hibrid hajtást használva közlekedhetnek, e területen kívül pedig használhatnák a belső égésű motort is. Előzetes megvalósíthatósági tanulmány ugyan foglalkozott dízel, CNG, biogáz, valamint soros és párhuzamos hajtású hibrid járművekkel is, végül a soros hibrid mellett döntött az Önkormányzat. 2014. márciusában 25 darab Mercedes-Benz Citaro G BlueHybrid típusú autóbusz állt forgalomba, melyek darabonkénti 170 millió forintos költségének 95%-át Európai Uniós forrásból sikerült állni [38].

A járművek megérkeztek, mellyel frissült a helyi autóbuszflotta, azonban maga a zéró emissziós zóna még mindig csak tervek és kommunikáció szintjén létezett. Egyrészt a 25 darab csuklós jármű csak egy része a helyi flottának, azaz normál hajtású járművek továbbra is szükségesek, szóló járművek szintjén pedig kizárólag normál dízel buszok közlekednek. Másik problémát pedig az okozza, hogy tervek szintjén ugyan megvalósíthatónak tűnt volna a zéró emissziós zóna, azonban jelenleg is aktuális probléma, hogy a belső égésű motort e zónahatáron belül is használják a buszvezetők (részben az akkumulátorok töltése miatt), tehát a zóna terveiből egy térképi rajzon kívül semmi sem valósult meg.

3.2 Jelenlegi állomány és a szolgáltatóváltás

Kecskemét helyi autóbusz-közlekedését 2019. december 31-ig a Volánbusz Zrt. és annak elődei (Dél-alföldi Közlekedési Központ, Kunság Volán) látták el. Az önkormányzat azonban a romló színvonalra és az emelkedő költségekre hivatkozva arról hozott döntést, hogy a helyi autóbusz-közlekedést „saját kézbe veszi”. 2019-ben megalakult a Kecskeméti Közlekedési Központ Kft., mely szervező-koordináló szereppel bír, a menetrend kialakítása és a díjszabás megállapítása a legfőbb szerepkörei.

A város közgyűlésének 2019. november 12-i ülésén került kihirdetésre [39], hogy a Kecskeméti Közlekedési Központ által koordinált helyi autóbusz-közlekedés ellátására az Inter Tan-Ker Zrt. adott be pályázatot, melyet érvényesnek tekintve 2020. január 1-től e vállalat szolgáltatja a járműveket és az autóbusz-vezetőket Kecskemét helyi közforgalmú közlekedésében. A Közszolgáltatási Szerződés (a

továbbiakban Szerződés) alapján a szolgáltatás 2020. január 1-től 2029. december 31-ig érvényes, azonban az 2034. december 31-ig meghosszabbítható [40].

Az új szolgáltató érkezésével a vonalhálózaton a legnagyobb változás a 18-as és 20-as autóbusz-vonalak nagy mértékű összevonása 20H viszonylatszám alatt, valamint számos megálló neve változott kisebb-nagyobb mértékben. Az Önkormányzat a Volánbusztól való egyértelmű leválási szándéka mellett azonban továbbra is vannak olyan viszonylatok, melyeket a Volánbusz Zrt. lát el, adott megállók között a helyi tarifa elfogadása mellett közlekednek, melyeket a Szerződés 17. melléklete tartalmaz. A tarifához kapcsolódó menetrendjük azonban egzakt formában sem a Közlekedési Központ, sem a Volánbusz internetes oldalán nem érhető el. A jelenlegi járműállomány az átmeneti jelzővel bír, ennek jövőjéről a következő alfejezetben értekezem. Az aktuális flotta két típusból áll; a már korábban említett, az Önkormányzat tulajdonában álló 25 darab Mercedes-Benz Citaro G BlueHybrid buszok alkotják a csuklós állományt (Szerződés 7. melléklete), a szóló buszokat pedig Hollandiából használtan beszerzett, az ITK járműparkját alkotó 40 darab MAN Lion's City adja [41].

3.3 Jövőbeli koncepció

A Közszolgáltatási Szerződés IV. fejezet 4. pontja alapján a jelenlegi állomány ideiglenesnek tekintendő a használt MAN buszok miatt, ugyanakkor a Szerződés további kikötéseket tesz, melyek a járműflotta frissítését, megújítását szorgalmazzák. 2020. május 1-től legalább 37 darab, maximum 1 éves szóló autóbuszt kell forgalomba állítani, melyek azonban lehetnek alacsonypadlós (LF) és alacsony belépésű (LE) járművek egyaránt. A buszok átlagéletkora május 1-jén az előző évi május 1-hez képest maximum 1 évvel lehet magasabb, amely értelemszerűen adott állományt tekintve 1 év alatt 1 évvel öregebb járműveket jelent [40].

Az állomány frissítését azonban más szabályok és tényezők indokolják. A Szerződés ezen pontjában ugyanis rögzítésre került, hogy 2029. január 1-jén az állomány átlagéletkora maximum 7,6 év lehet úgy, hogy az állományban lévő járműveket az előző (tehát a jelenleg aktuális) pályázatot megelőző 9 hónapot követően gyártották. A Szerződés kitér a 2013-as gyártású, korábban bemutatott hibrid Mercedes-Benz buszokra is, melyek ennek a feltételnek nem felelnek meg, így 2023-tól azok forgalomból történő kivonása szükséges [40]. Döntés született az érkező járművekről, 30 darab Mercedes-Benz alapokra Debrecenben épített szóló, alacsony belépésű Reform 500LE és 15 darab Törökországban gyártott, Mercedes-Benz Conecto G Next Generation típusú járművek érkezhetnek [41]. A szóló járművek esetében nagy kérdés lesz a megbízhatóság, hiszen ez a típus eddig csak egy darab, Debrecenben közlekedő prototípus szintjén létezett, így a típusról nincsenek széleskörű tapasztalatok, a Conecto típuscsalád azonban Kecskeméten is ismert típus.

Az új, dízel meghajtású autóbuszok érkezésével és a hibrid kocsik távozásával a korábbi elképzelés is megszűnik. Hibrid buszok hiányában a zéró emissziós zóna is értelmét veszíti, igaz valódi megvalósulás hiányában sajnos elmondható, hogy egy jónak tűnő hamvába holt ötlet tűnik el végképp a kecskeméti közlekedés-tervezés színteréről.

Ugyanakkor azt is érdemes hozzátenni, hogy a legújabb, Euro 6-os környezetvédelmi besorolású dízel autóbuszok hatékonyságban és kezelhetőségben is alternatívái többek között a magas bekerülési- és fenntartási költségű hibrid járműveknek [42].

Konklúzió

A közforgalmú közlekedés helyi ágazatának alternatív hajtásra való átállása, illetve ilyen részvétele Magyarországon is egyre inkább elterjedőben van, hiszen egyes városoknak már sokéves tapasztalata van (vagy volt) ilyen téren.

A sűrített földgáz-üzem mellett tette le voksát a helyi autóbuszok által Kaposvár, Miskolc és Nyíregyháza, elektromos jármű közlekedik Salgótarjánban és ilyen hajtással érkezhetnek buszok Pécsre, Paksra, valamint kellett volna érkezniük Tatabányára és Nyíregyházára is. Budapest összetettsége leképeződik a járműparkban is, a fővároson kívül azonban hibrid autóbuszokat csak a részletesebben bemutatott Kecskemét használ.

Az Európai Unió támogatásával beszerzésre került 25 darab csuklós járművet alkotó kecskeméti flotta azonban nem csak a járműpark részeként funkcionált volna. A Kecskeméten Nagykörútként nevezett körútrendszeren belül került kijelölésre ún. „Zéró emissziós zóna", amely keretén belül a hibrid járművek

elektromos üzemben lettek volna kötelesek közlekedni. Az emissziós zóna végül megmaradt tervek szintjén, a hibrid buszok vegyesen közlekedtek – és közlekednek jelenleg is – belső égésű motor igénybe vételével a zónaként kijelölt területen belül és azon kívül egyaránt. A 2020. januári szolgáltatóváltás során keletkező Közszolgáltatási Szerződés azonban rendelkezik e hibrid járművek leváltásáról, és dízel autóbuszok beszerzéséről egyaránt, mely tulajdonképp megpecsételi a jövőbe mutató emissziós zóna és a hozzá kapcsolódó alternatív hajtás szerepét az alföldi megyeszékhelyen.

Irodalomjegyzék

[1] http://cleantechnica.com/2018/08/27/european-electric-car-sales-increased-42-in-h1-2018-vs-h1-2017/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[2] http://iho.hu/hir/evopro-modulo-elonyben-az-e-buszok-160510 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[3] https://index.hu/tudomany/til/2019/08/11/hajszalon_mult_hogy_szaz_eve_nem_az_elektromos_meghajtas_valt_egyeduralkodova_elektromos_busz_auto_london/ (elérés dátuma: 2020.01.08.)

[4] https://www.electrive.com/2019/03/09/solaris-strategy-aligns-for-ramping-up-market-share/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[5] https://www.esmartcity.es/2015/02/25/volvo-y-siemens-implantaran-sistemas-de-autobus-electrico-en-ciudades (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[6] https://mobilissimus.hu/hirek/utkereses-eltero-megoldasok-varosok-kozossegi-kozlekedesenek-fejlesztesében-es-uzemelteteseben (elérés dátuma: 2020.01.28.)

[7] https://sony872.blog.hu/2016/02/20/gazbuszok_budapesten_vol (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[8] https://bkk.hu/2014/04/forgalomba-allnak-budapesten-az-elso-foldgazuzemu-buszok/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[9] http://iho.hu/hir/evopro-modulo-elonyben-az-e-buszok-160510 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[10] https://bkk.hu/2015/02/marciustol-budapesten-kozlekedik-europa-egyik-legnagyobb-csuklos-hibridbusz-flottaja/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[11] https://omnibusz.blog.hu/2015/07/24/bator_de_gyenge_kezdes (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[12] https://autopro.hu/szolgaltatok/Gazuzemu-buszok-alltak-szolgalatba-Zalaegerszegen-videoval/8090/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[13] https://sony872.blog.hu/2017/07/07/hajdu_volanos_buszok_orszagszerte (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[14] http://www.cngport.hu/hirek/ujabb-3-cng-s-busz-a-zala-volannal.html (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[15] http://iho.hu/hir/zoldbusz-zalaegerszegen-120316 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[16] http://szegeder.hu/itt-az-ideje-elbucsuzni-ettol-a-latvanytol/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[17] http://iho.hu/hir/a-szegediek-elso-gazbuszai-husz-evnyi-buszke-robot-170101 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[18] http://iho.hu/hir/gazos-citarok-szegeden-fellegvar-a-javabol-160217 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[19] http://mvkzrt.hu/jarmuallomany (elérés dátuma: 2019.12.20.)

[20] http://iho.hu/hir/miskolc-az-uj-cng-nagyhatalom-160304 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[21] https://www.nyiregyhaza.hu/ujbuszoknyiregyhazan (elérés dátuma: 2020.01.09.)

[22] https://omnibusz.blog.hu/2017/03/07/nyiregyhazi_abszurd_fel_eve_megerkeztek_az_uj_buszok_megsem_szallithatnak_utasokat (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[23] https://omnibusz.blog.hu/2018/01/27/rendezodik_a_helyzet_nyiregyhazan (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[24] http://adat.nyiregyhaza.hu/eloterjesztes/2018/0125/180124_kozgyi_eloterj_02.pdf (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[25] https://www.napi.hu/magyar_vallalatok/felszamolas-ikarus-egyedi-csod-buszgyarto.672179.html (elérés dátuma: 2020.01.28.)

[26] http://kaposvaribuszcsereprogram.hu/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[27] https://www.portfolio.hu/uzlet/20151110/ez-ma-a-masodik-legnagyobb-cng-hajtasu-buszflotta-222304 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[28] http://kaposbusztelephely.hu/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[29] https://www.vezess.hu/haszongepjarmu/2019/02/02/ujabb-magyar-varosok-vesznek-villanybuszokat/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[30] https://3100.hu/aprilis-kozepetol-kozlekedik-salgotarjan-uj-elektromos-autobusza/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[31] https://www.pecsma.hu/top/nemsokara-vilagszinvonalu-elektromos-buszokkal-utazhatunk-pecsen/?highlight=elektromos%20busz (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[32] https://www.vezess.hu/haszongepjarmu/2019/02/02/ujabb-magyar-varosok-vesznek-villanybuszokat/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[33] http://www.tukebusz.hu/letoltes/Allomanytabla_7_03.pdf (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[34] https://www.napi.hu/magyar_vallalatok/elektromos-busz-paks-lengyelorszag.696092.html (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[35] http://iho.hu/hir/ujra-nekiugrik-tatabanya-az-elektromos-buszok-vasarlasanak-190220 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[36] http://iho.hu/hir/adossagai-megteriteset-igeri-az-ikarus-egyedi-kft-180823 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[37] http://kecskemet.hu/doc/130214-100_0.pdf (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[38] https://kecskemetivarosfejleszto.hu/2014/03/22/0-forintba-kerultek-a-csucsminosegu-buszok-kecskemetnek/ (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[39] http://kecskemet.hu/?r=701&c=37178 (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[40] http://kecskemet.hu/?r=20104&c=37129&l=&fbclid=IwAR0Sg5FefBZF2DlrWTmYGm_veAIt9uRUJsye40DyRSNmO85rJpbb3pHNjfs (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[41] https://omnibusz.blog.hu/2019/11/26/leharcolt_buszokkal_es_joval_dragabban_kezdi_a_szolgaltatast_az_itk_kecskemeten (elérés dátuma: 2019.12.11.)

[42] http://civitas.eu/sites/default/files/civitas_policy_note_hun_v06_web.pdf (elérés dátuma: 2020.01.20.)

Az elsőbbségadási arányt befolyásoló, potenciális kockázati tényezők azonosítása

Berta Tamás[1] - Pauer Gábor[2] - Krizsik Nóra[3]

[1]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont
telefon: 30/9968819
e-mail: berta.tamas@kti.hu

[2]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont
telefon: 30/8214581
e-mail: pauer.gabor@kti.hu

[3]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont
telefon: 30/3101924
e-mail: krizsik.nora@kti.hu

Kivonat: Magyarországon az elmúlt 5 évben a gyalogos balesetek az országban történt összes személysérüléses közúti baleset 14%-át tették ki. Ez 2018-ban 2234 olyan balesetet jelentett, mely során gyalogos, vagy gyalogosok sérültek meg. A gyalogos balesetek jelentős hányada történt kijelölt gyalogos-átkelőhelyen. Ez 2018-ban a gyalogos elütéssel járó balesetek 43,8%-át jelentette. A kijelölt gyalogos-átkelőhelyen történt balesetek aránya a gyalogos elütéseken belül az elmúlt 5 évben növekvő tendenciát mutatott. A Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. a 2019-es évben kutatást végzett a gyalogos-átkelőhelyekre fókuszálva. A kutatás célja olyan befolyásoló, potenciális kockázati tényezők azonosítása és több szempontú rangsorolása volt, melyek a lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek közlekedésbiztonsági szintjét negatív irányba befolyásolhatják.

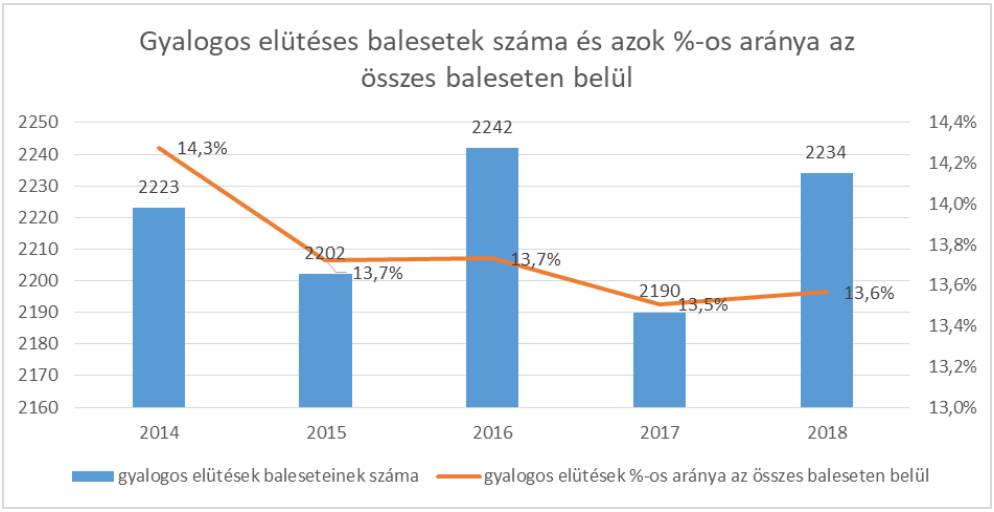
Kulcsszavak: közlekedésbiztonság, kijelölt gyalogos-átkelőhely, baleset-megelőzés, klaszterelemzés

Bevezetés

A gyalogos-átkelőhelyek biztonságával kapcsolatos kutatások indokoltságának alátámasztására elsőként a gyalogos balesetekkel kapcsolatos elemzéseket készítettük el.

Gyalogos balesetek helyzetképe

Magyarországon az elmúlt 5 évben a gyalogos balesetek az országban történt balesetek számának körülbelül 14%-át tették ki (1. ábra). [7],[8] Ez 2018-ban 2234 olyan balesetet jelentett, mely során gyalogos, vagy gyalogosok sérültek meg. A gyalogos balesetek részaránya az elmúlt 5 évben nem változott szignifikánsan.

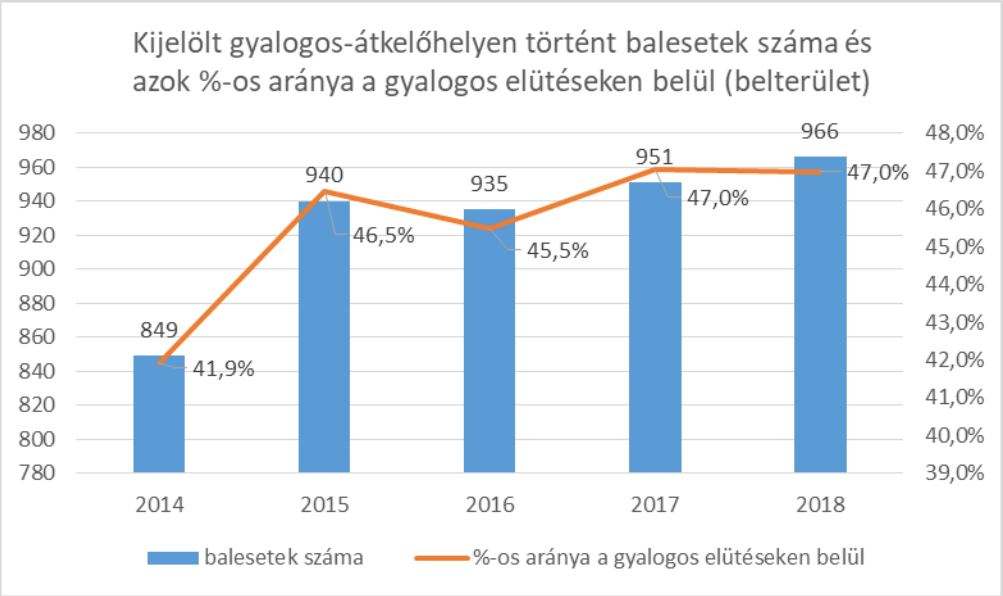


1. ábra: Gyalogos elütéses balesetek száma és azok %-os aránya az összes baleseten belül

A gyalogosok sérülésével járó baleseteket fő típusait vizsgálva az elmúlt 5 év adatai alapján (2014-2018) megállapítható, hogy legnagyobb arányban „gyalogos elütése útkereszteződésben kijelölt gyalogátkelőhelyen" fordult elő, ez az arány az elmúlt 5 évben szinte folyamatosan növekedett. 2018-ban a gyalogos balesetek 24,2%-a volt ilyen típusú baleset. Emellett 3 további baleseti típus aránya emelkedett ki számottevően: a gyalogosok elütése útkereszteződésen kívül (2018-ban a gyalogos balesetek 19,3%-a), gyalogos elütése nem útkereszteződésben kijelölt gyalogos-átkelőhelyen (2018-ban a gyalogos balesetek 17,8%-a), valamint az egyéb közlekedési baleset gyalogossal (2018-ban a gyalogos balesetek 18,8%-a). A leggyakoribb gyalogos baleseti típusok között tehát többször is előfordulnak a különböző gyalogos-átkelőhelyeken történt esetek.

Belterületen, kijelölt gyalogos-átkelőhelyeken történt balesetek elemzése

A belterületi gyalogos balesetek jelentős hányada történt kijelölt gyalogos-átkelőhelyen (2. ábra), ez 2018-ban például a gyalogos elütéssel járó balesetek 47%-át jelentette. Az ábrán látható továbbá az is, hogy a kijelölt gyalogos-átkelőhelyen történt balesetek aránya a gyalogos elütéseken belül az elmúlt 5 évben növekvő tendenciát mutatott.



2. ábra: Kijelölt gyalogos-átkelőhelyen történt balesetek száma és azok %-os aránya a gyalogos elütéseken belül, belterületen

2014 és 2018 között kijelölt gyalogos-átkelőhelyen történt balesetekben 140 fő vesztette életét, 1647 fő súlyos, 3238 fő könnyű sérülést szenvedett (1. táblázat). A személyes tragédiákon túl, a közúti baleseti veszteségértékeket figyelembe véve az 5 év alatt mindez 156 milliárd Ft nemzetgazdasági veszteséget okozott az országnak.

1. táblázat: Kijelölt gyalogos-átkelőhelyeken történt közúti balesetekben sérültek száma (2014-2018)

	meghalt	súlyosan sérült	könnyen sérült	összes sérült
Gyalogos elütése nem útkereszteződésben kijelölt gyalogos-átkelőhelyen	72	707	1264	2043
Gyalogos elütése nem útkereszteződésben kijelölt gyalogos-átkelőhelyen egy másik (álló) jármű mellett elhaladó járművel	1	40	106	147
Gyalogos elütése útkereszteződésben kijelölt gyalogos-átkelőhelyen	63	872	1775	2710
Gyalogos elütése útkereszteződésben kijelölt gyalogos-átkelőhelyen egy másik (álló) jármű mellett elhaladó járművel	4	28	93	125
Összesen	140	1647	3238	5025

1. Az elsőbbségadási arányt befolyásoló, potenciális kockázati tényezők azonosítása és szakértői értékelése

1.1 Potenciális kockázati tényezők azonosítása

Kutatásunk során a gyalogos-átkelőhelyekre fókuszálva olyan befolyásoló, potenciális kockázati tényezőket azonosítottunk és foglaltunk össze rendszerszemléletben, melyek a lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek közlekedésbiztonsági szintjét negatív irányban befolyásolhatják. Célunk ezek értékelése és több szempontú rangsorolása volt annak érdekében, hogy meghatározzuk a leginkább kockázatos paramétereket, melyek megszüntetésével a legnagyobb közlekedésbiztonsági előnyök érhetők el.

A tényezőket négy kategóriába sorolva, rendszerszemléletben határoztuk meg. Feltárásuk során támaszkodtunk az utak forgalomszabályozásának, és a közúti jelzések elhelyezésének alapelveit tartalmazó 20/1984. (XII.21.) KM rendeletre [1], a gyalogosközlekedés közforgalmi létesítményeinek tervezését előíró Útügyi Műszaki előírásra (ÚT 2-1.211) [6], a gyalogos-átkelőhelyek kockázatait értékelő nemzetközi tanulmányok eredményeire[2], [4], [9], [10], továbbá a közútkezelő kollégákkal folytatott egyeztetésekre.

A, a kijelölt gyalogos-átkelőhely műszaki kialakításával, szabályozásával kapcsolatos tényezők:

- A1: Lakott területen a gyalogosnak túl sok forgalmi sávot (három vagy több) kell kereszteznie jelzőlámpás forgalomirányítás, vagy közbenső biztonságos megállási lehetőség (pályaosztó sziget) nélkül
- A2: A kijelölt-gyalogosátkelőhely azonos irányú sávokat keresztez, melyen a párhuzamosan közlekedő járművek kitakarhatják egymás látómezejének egy részét
- A3: Nem biztosított a közúttól való megfelelő elválasztottság (pl. szegély), a kétoldali szilárd burkolatú járdakapcsolat, az akadálymentes gyalogos felállóhely, középsziget esetén a megfelelően széles felállási hely
- A4: A kijelölt gyalogos-átkelőhely szabályozása nincs összhangban a járműforgalom sebességével és nagyságával, illetve az átkelőhely egy jelzőlámpával szabályozott átkelőhelyhez képest 100m távolságon belül van, vagy összehangolt útvonalon található
- A5: Nem biztosított a kijelölt gyalogos-átkelőhely minimális szélessége (főútvonalon legalább 4,5 m, egyéb úton legalább 3m), vagy az úttengellyel bezárt szöge nem merőleges (nem biztosítja a legrövidebb áthaladást, nehezíti a láthatóságot)
- A6: Nincs közvilágítás, vagy nem megfelelő a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének megvilágítása (átmenet jellege, fénypontok színe, erőssége, környezeti térvilágítás zavaró hatása, stb.)

B, a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének építési kialakításával kapcsolatos tényezők:

- B1: A kijelölt gyalogos-átkelőhely nem, vagy csak nehezen felismerhető legalább 50 méteres távolságból (pl. útkanyarulat, bukkanó, stb.)
- B2: A gyalogosok és járművezetők egymást történő észlelése takaró elemek miatt akadályoztatott (pl. növényzet, építmény, parkoló járművek, autóbusz megállóhely, stb. zavarja)

C, a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének forgalomtechnikai kialakításával kapcsolatos tényezők:

- C1: A kijelölt gyalogos-átkelőhelyhez tartozó forgalomtechnikai eszközök (pl. útburkolati jelek, jelzőtábla) nem megfelelő állapotúak (pl. hiányos, rongált, kopott, stb.)
- C2: A kijelölt gyalogos-átkelőhely előjelzése indokolt lenne, azonban hiányzik
- C3: A kijelölt gyalogos-átkelőhelyet előjelző útburkolati jelek és jelzőtábla nem megfelelő állapotú, nehezen észlelhető (pl. hiányos, kopott, rongált, takart, túl korán/későn van kirakva, stb.)
- C4: A kijelölt gyalogos-átkelőhely előtt hiányzik/hiányos a záróvonallal is jelzett előzési tilalom elrendelése

D, figyelmet megosztó forgalmi jellemzők, szituációk és objektumok:

- D1: A kijelölt gyalogos-átkelőhelyhez közel, az átkelőhely előtt a járművezetők figyelmét megosztó szituáció van (pl. besorolás sávelfogyást követően, kihajtás körforgalomból, bonyolult irányválasztás, útbaigazító rendszer, elindulás lejtőn, stb.)

- D2: A kijelölt gyalogos-átkelőhelyhez közel, az átkelőhely után a járművezetők figyelmét megosztó szituáció van (pl. közvetlenül az átkelőhely után nyílik kanyarodósáv, behajtás körforgalomba, vasúti átjáróba, stb.)
- D3: A kijelölt gyalogos-átkelőhely környezetében a járművezető figyelmét megosztó közlekedési, vagy egyéb objektum található (pl. busz/villamos megálló, koncentrált rakodóhely, várakozást lehetővé tevő szabályozás, reklámtábla, elektronikus elemek, stb.)
- D4: A kijelölt gyalogos-átkelőhely környezetében jellemző nagy forgalom, és nagy tehergépjármű forgalom
- D5: A kijelölt gyalogos-átkelőhely környezetében jellemző túl magas sebesség (sebességkorlátozás hiánya, vagy a kialakítás által sugallt (pl. lejtő) túl magas sebesség választása jellemző)
- D6: A kijelölt gyalogos-átkelőhelynél fokozott kockázatot jelentő gyalogos forgalomnagyság/összetétel jellemző (pl. sok gyermek, idős, alacsony gyalogosforgalom, stb.)

Az azonosított tényezők a gyalogos-átkelőhelyek környezetében a forgalom alakulását és a járművezetők viselkedését több szempont szerint is befolyásolhatják: egyrészt hatnak a közlekedésbiztonságra, másrészt befolyásolhatják az elsőbbségadási hajlandóságot, illetve a járművezetők figyelmi beállítódását is.

1.2 Szakértői értékelés

A tényezőkhöz tartozó befolyásoló hatás értékelését közlekedésmérnökök, illetve forgalomtechnikai szakértők véleménye alapján végeztük el. A szakemberek a felsorolt tényezőket az alábbi szempontok szerint értékelték, 5-ös skálákon:

- I. Járművezetők hibájából adódó balesetek kockázatára gyakorolt hatás (1- egyáltalán nem növeli, 5- kiemelt mértékben növeli)
- II. Gyalogosok hibájából adódó balesetek kockázatára gyakorolt hatás (1- egyáltalán nem növeli, 5- kiemelt mértékben növeli)
- III. Elsőbbségadási arányra gyakorolt hatás (1- egyáltalán nem befolyásolja, 5- kiemelt mértékben befolyásolja (mindegy, hogy negatív, vagy pozitív irányba))
- IV. Előfordulási gyakoriság a hazai közúthálózaton (1- egyáltalán nem fordul elő, 5- kiemelten gyakran fordul elő)
- V. Fokozott figyelmi beállítódás elérésére gyakorolt hatás (1- egyáltalán nem gátolja, 5- kiemelt mértékben gátolja)

A szakértők minden egyes befolyásoló tényezőt értékeltek a megadott 5 szempont szerint: átlagos forgalmi összetételt, közepes jármű- és gyalogosforgalmat feltételezve azonosították, hogy milyen hatást gyakorolhatnak a felsorolt tényezők a járművezetők, illetve a gyalogosok hibájából adódó balesetek kockázatára, illetve az elsőbbségadási hajlandóságra. Továbbá meghatározták azt is, hogy a tényezők milyen gyakorisággal fordulnak elő Magyarország közúthálózatán (lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek környezetében), illetve hogyan hatnak az átkelőhelyek környezetében a járművezetőktől elvárt fokozott figyelmi beállítódás elérésére.

A szakértők által adott értékelő pontszámokat átlagoltuk. A terjedelmi korlátok miatt az összes tényezőre vonatkozóan az összes szempont szerint kapott átlagos pontszámok bemutatásától a cikkben eltekintünk. Érdekességképpen kiemeljük, hogy a legmagasabb átlagos pontszámokat (4,571) a közvilágítás hiányosságainak, illetve az átkelőhely környezetében jellemző túl magas járműsebességeknek tulajdonították a járművezető hibájából adódó balesetek kockázatára gyakorolt hatások szempontjából. A legalacsonyabb átlagos pontszámot (1,143) az előzési tilalom hiányának a gyalogos hibákból adódó balesetek kockázatára gyakorolt hatása kapta.

A szakértői vélemények alapján a tényezők értékelését az adatok rangsorolását lehetővé tévő KIPA módszerrel elemeztük, majd klaszteranalízis segítségével elvégeztük a tényezők különböző szempontok szerinti osztályozását is, azon csoportok keresésére fókuszálva, melyeket a szakemberek valamely szempont(ok) szerint kiemelten kockázatosnak ítéltek.

2. Elsőbbségadást befolyásoló potenciális kockázati tényezők rangsorolása KIPA-elemzés segítségével

A szakértői vélemények átlagos értéke alapján történő elemzések megfelelőségének vizsgálata érdekében első körben megvizsgáltuk a tényezőkre adott (összes szempont szerinti) átlagos pontszámok relatív szórásainak értékeit. A relatív szórások csak három esetben alakultak magasabb értéken az elvárt 0,2 küszöbértéknél, ekkor is csak igen kis mértékben, illetve kiugró érték sem volt tapasztalható, mely a pontozás heterogén szerkezetét mutatja. Így elsődleges vizsgálataink során a szórásokat elfogadva a mintát az átlagok segítségével jól jellemzettnek tekintettük, a KIPA-elemzést alkalmazhatónak találtuk.

2.1 KIPA-eljárás módszertana szerinti értékelés

A KIPA-eljárás komplex rendszerek összemérésére alkalmas, segítségével a meghatározott 18 potenciális kritikus tényező a vizsgált szempontok mindegyikének figyelembe vétele mellett rangsorolható.[5] Ezáltal megállapíthatjuk, hogy a szakértői becslés alapján melyek azok a tényezők, melyek a leginkább kritikusnak tekinthetők, a legnagyobb problémákat okozzák a kijelölt gyalogos-átkelőhelyek környezetében. Az alternatívák jellemzése az értékelő szempontok súlya alapján képzett skálákon történt, a páros összehasonlítás elve alapján.[3] Az alternatívák képzett skála szerinti minősítésének alapját a szakértői pontok átlagai képezték. Az eljárás fő lépései a következők:

1. az értékelési tényezők mérési skáláinak megszerkesztése (a súlyok figyelembe vételével);
2. a KIPA-módszer alaptáblázatának elkészítése (az alternatívák szakértői minősítésének az előző skálára való leképezésével);
3. a KIPA-mátrix elkészítése (páros összehasonlítás);
4. preferencia és diszkvalifikancia küszöbértékek megadása;
5. a preferencia sorrend meghatározása.

A KIPA-módszer lehetőséget nyújt az értékelési szempontok súlyainak figyelembe vételére is. Jelen esetben az 5 meghatározott értékelési szempontot azonos súllyal (1-es súlyszám) vettük figyelembe, mindegyiket ugyanolyan fontosnak ítélve. Így az értékelési tényezők szerinti mérési skálák megegyeztek az eredeti (1-től 5-ig terjedő) értékelési skálákkal, a KIPA-elemzés alaptáblázata pedig a szakértők által adott átlagos pontszámokat tartalmazta.

A KIPA-mátrix előállítása érdekében következő lépésként a c_{ij} preferencia (előny) és d_{ij} diszkvalifikancia (hátrány) mutatók számítását végeztük el, páros összehasonlítások alapján. Az előnymutató az i-edik alternatíva j-edikkel szembeni előnyéről szolgál információval, minden egyes viszonylatban számításra kerül. Értéke azon értékelési szempontok százalékban kifejezett súlyszámainak összegzésével áll elő, melyek tekintetében az adott alternatíva preferál, illetve indifferens (az alaptáblázatban hozzá rendelt érték nagyobb, vagy egyenlő) az összehasonlított alternatívával szemben.

A hátránymutatók szintén minden viszonylatban számításra kerültek, azonban meghatározásukhoz csak azt az értékelési szempontot kellett figyelembe venni, amelynek tekintetében a preferenciaintenzitás a legnagyobb. A hátránymutatók értékének előállításához első lépésben tehát kiválasztottuk azt az értékelési szempontot, mely eleget tesz a következő két feltételnek:

- az adott szempont szerint a j-edik alternatívához rendelt érték magasabb az i-edikhez rendeltnél,
- az i-edik és j-edik alternatívákhoz rendelt értékek különbségének abszolút értéke a legnagyobb.

Az ily módon kiválasztott szempont szerinti értékek különbségének abszolút értéke azon legnagyobb skálakülönbség, ahol a vizsgált i-edik alternatíva hátrányban van a j-edik alternatívához képest. A diszkvalifikancia mutatók számításához ezen értéket osztottuk el a legnagyobb skála terjedelmével (jelen esetben mindegyik skála egyforma méretű, hiszen a szempontok azonos súlyt kaptak), majd az eredményt a százalékos forma előállítása érdekében 100-zal szoroztuk.

A preferencia és diszkvalifikancia mutatók segítségével a KIPA-mátrix előállíthatóvá vált (a mátrix nagy mérete miatt a 2. táblázatban csak egy részletét közöljük szemléltetésképpen). A mátrix első sora és oszlopa az alternatívák (vagyis a vizsgált kockázati tényezők) azonosítóit tartalmazza, az i-edik sor és j-edik oszlop metszeteként előálló cella felső részében (félkövér számokkal) a c_{ij} előny-, alsó részébe (dőlt számokkal) pedig a d_{ij} hátránymutatókat tüntettük fel.

2. táblázat: Az előállított KIPA mátrix egy részlete

	A1	B1	C1	D1
A1		**0,400** *0,257*	**0,200** *0,086*	**0,200** *0,200*
B1	**0,800** *0,257*		**0,800** *0,086*	**0,400** *0,200*
C1	**0,800** *0,086*	**0,200** *0,086*		**0,000** *0,171*
D1	**0,800** *0,200*	**0,600** *0,200*	**1,000** *0,171*	

A preferencia sorrend meghatározását, a kockázati tényezők rangsorolását a mátrix adatai alapján végeztük el. A preferencia küszöbértéket 70%-os értéken (c_{ij} >0,7), a diszkvalifikancia küszöbértéket pedig 20%-os értéken (d_{ij}<0,2) vettük figyelembe. Mindkét elvárásnak együttesen összesen 66 páros összehasonlítás tett eleget.

2.2 A potenciális kockázati tényezők rangsora, az eredmény elemzése

A küszöbértékeknek megfelelő 66 páros összehasonlítás eredményei szerint asszortációs gráf rajzolható fel: a gráf csúcsait a vizsgált kockázati tényezők képezik, az összehasonlított elempárok közti élek irányítottak, a preferált alternatívából indulnak és a másik tag felé mutatnak. A gráf a változatok sorrendjének meghatározására és az eredmények szemléltetésére alkalmazható (az az alternatíva a legjobb, amelytől a legtöbb nyíl „elmutat”, és az a változat a legrosszabb, amely felé a legtöbb nyíl mutat).

A gráfot jelen esetben nagy mérete miatt (a csúcsok száma egyenlő az alternatívák számával) nem szemléltetjük, de felépítését (a csúcsokból induló, és oda érkező nyilak számával) a 3. táblázatban szemléltetjük. A táblázatban az alternatívák már a preferencia sorrendben szerepelnek.

3. táblázat: A vizsgált befolyásoló, potenciális kockázati tényezők rangsora

Rangsor	Befolyásoló tényező jelölése	A csúcsból induló élek száma	A csúcsba érkező élek száma
1.	A6	13	0
2.	A2	9	2
2.	B2	9	2
3.	D1	6	1
4.	D5	4	1
5.	B1	4	2
6.	A4	4	3
7.	A1	4	5
8.	D2	3	4
8.	D3	3	4
9.	C1	3	7
10.	C3	2	9
11.	A3	1	3
12.	D6	1	4
13.	C4	0	3
14.	D4	0	4
15.	A5	0	5
16.	C2	0	7

A rangsor alapján a szakértők véleménye szerint a vizsgált potenciális kockázati tényezők közül a közvilágítás hiánya, vagy nem megfelelősége tekinthető a legkritikusabb problémának a lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek esetén (együttesen figyelembe véve mind a közlekedésbiztonsági, mind az elsőbbségadási, gyakorisági, figyelmi beállítódással kapcsolatos szempontokat). A rangsorban ezt a gyalogosok és járművezetők egymást történő észlelésének nehézségei miatti tényezők követik (párhuzamosan közlekedő járművek, illetve útszéli elemek (pl. növényzet, építmény, parkoló járművek) takaró hatása miatti kockázatok). A három legkritikusabbnak ítélt tényező mindegyike tehát közvetlenül az átkelőhelyen való láthatóság kérdéskörével kapcsolatos.

A tényezők rangsorában aránylag elöl szerepelnek még a gyalogos-átkelőhely előtt végrehajtandó, figyelmet megosztó szituációk (pl. besorolás sávelfogyást követően, bonyolult irányválasztás); a járműforgalmat jellemző túl magas sebesség; a kijelölt gyalogos-átkelőhely felismerhetetlensége legalább 50 méteres távolságból; az útvonali szabályozási összhang hiánya; illetve a közbenső biztonságos megállási lehetőség nélküli túl sok forgalmi sáv keresztezése.

Érdekes megjegyezni, hogy a C csoportba sorolt befolyásoló tényezők mindegyike a rangsor hátsó felében szerepel, azaz a többi tényezőhöz viszonyítva a szakértők a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének forgalomtechnikai kialakításával kapcsolatos hatásokat ítélték a legkevésbé kritikusnak. Ez egyébként a kiosztott átlagos pontszámok alapján is megmutatkozott, a képzett 4 kategória átlagos pontszámai az alábbiak szerint alakultak:

- A, a kijelölt gyalogos-átkelőhely műszaki kialakításával, szabályozásával kapcsolatos tényezők átlagos pontszáma: 3,11 pont
- B, a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének építési kialakításával kapcsolatos tényezők átlagos pontszáma: 3,53 pont
- C, a kijelölt gyalogos-átkelőhely és környezetének forgalomtechnikai kialakításával kapcsolatos tényezők átlagos pontszáma: 2,64 pont
- D, figyelmet megosztó forgalmi jellemzők, szituációk és objektumok átlagos pontszáma: 3,34 pont

Azaz, csupán az átlagosan adott pontok átlagai alapján a gyalogos-átkelőhely és környezetének építési kialakításával kapcsolatos tényezőket értékelték a legkritikusabbnak.

A KIPA-elemzés alapján 4 olyan tényező adódott (a rangsor utolsó elemei), mely az adott küszöbértékek mellett egyik tényezővel szemben sem ”preferált”, azaz az értékelés alapján a legkevésbé kritikusnak tekinthető: a gyalogos-átkelőhely előtti előzési tilalom záróvonallal jelzett elrendelése; a nagy forgalom és tehergépjármű forgalom; a nem megfelelően széles, vagy nem úttengelyre merőleges átkelőhelyek; illetve a hiányzó előjelzés.

3. Elsőbbségadást befolyásoló potenciális kockázati tényezők csoportosítása klaszteranalízis segítségével

A rangsorolást követően a befolyásoló tényezőket csoportképzés módszertanával is vizsgálat alá vontuk. A szakértők által adott átlagos értékelés alapján az SPSS statisztikai programmal a tényezőket klaszterekbe soroltuk, majd vizsgáltuk az egyes csoportok jellemzőit.

A klaszterképzést a hierarchikus eljárások közé sorolt Ward-módszerrel végeztük. Ezen eljárás a gazdasági alkalmazásokban igen elterjedt, gyakorlati szempontból is jól értelmezhető és nagyjából egyforma nagyságú csoportokat eredményez [11]. A módszer összevonáson alapul, azaz a kezdő lépés során minden egyes elemet külön klaszterként tekint és kapcsol össze, egyre nagyobb csoportokat képezve. A Ward-féle eljárás esetében a klaszteren belüli pontokra kiszámítjuk az átlagot, illetve a pontok átlagtól való négyzetes eltéréseinek összegét, és azt a pontot vagy klasztert vonjuk be a nagyobb klaszterképzéshez, amely bevonásával az eltérés négyzetösszeg növekménye a legkisebb.

A klaszterezés során a vizsgált 18 tényezőt rendre 3-8 klaszterbe soroltuk. Az eredmények vizsgálata alapján a jellemzésre legalkalmasabbnak az 5 klaszteres megoldást találtuk, melynek eredményét a 4. táblázatban ismertetjük. A táblázatban feltüntettük az összes (18 db) tényezőre vonatkozó átlagos értékeket, melyhez képest a klaszterek jellemzőit viszonyítani lehet. Az átlagostól jelentős lefele történő eltérést zöld háttérszínekkel (10%-ot meghaladó eltérés esetén halvány, 15%-ot meghaladó eltérés esetén sötét zöld), a jelentős pozitív irányú eltérést pedig narancssárga háttérszínekkel emeltük ki (10%-ot meghaladó eltérés esetén halvány, 15%-ot meghaladó eltérés esetén sötét narancssárga). Az utolsó oszlopban jelöltük, hogy az egyes klaszterekbe mely tényezők kerültek.

4. táblázat: A vizsgált befolyásoló tényezők alapján képzett klaszterek jellemzői

Vizsgált csoport	Elem-szám	Átlagos pontszám és (szórás) Járművez. hibájából adódó balesetek kockázata	Átlagos pontszám és (szórás) Gyalogos hibájából adódó balesetek kockázata	Átlagos pontszám és (szórás) Elsőbbség-adási arány	Átlagos pontszám és (szórás) Gyakoriság	Átlagos pontszám és (szórás) Fokozott figyelmi beállítódás elérésének gátlása	Klaszter elemei
Összes tényező	18	3,65 (0,68)	2,55 (0,77)	3,27 (0,66)	2,96 (0,56)	3,21 (0,76)	
1. klaszter	3	3,52 (0,58)	3,05 (0,08)	3,10 (0,30)	2,76 (0,46)	3,43 (0,14)	A1; A4; D4
2. klaszter	6	4,33 (0,28)	2,86 (0,54)	3,93 (0,31)	3,26 (0,46)	3,79 (0,43)	A2; A6; B1; B2; D1; D5
3. klaszter	3	2,81 (0,58)	3,24 (0,33)	2,67 (0,54)	2,48 (0,36)	1,95 (0,22)	A3; A5; D6
4. klaszter	5	3,57 (0,32)	1,74 (0,33)	3,23 (0,33)	2,83 (0,57)	3,34 (0,39)	C1; C2; C3; D2; D3
5. klaszter	1	2,86 (-)	1,14 (-)	1,86 (-)	3,86 (-)	2,14 (-)	C4

A 2. klaszterbe sorolódtak a leginkább kritikus elemek, ezek pontszámai az átlagtól minden szempont szerint jelentősen eltérnek felfelé, azaz a kedvezőtlen irányba: nagyobb baleseti kockázatot és nagyobb figyelmi beállítódás gátló hatást társítottak melléjük a szakértők, és emellett gyakorinak, illetve az elsőbbségadást is jobban befolyásolónak tartották őket. Érdekes eredmény, hogy a rangsorolás és a klaszterképzés szerint is ugyanazon 6 tényező bizonyult a leginkább kockázatosnak az adott szempontok szerint.

A további klaszterek vizsgálata alapján a következő megállapítások tehetők. Az 1. klaszterbe került 3 olyan elem, melyet a szakértők legtöbb szempont szerint átlagosnak értékeltek, azonban a gyalogosok hibájából adódó balesetek kockázatát a meglátások szerint az átlagosnál jobban növelik. A szakértők meglátása szerint ezek olyan szituációk tehát, ahol a gyalogos az átlagosnál könnyebben hibázhat, kelhet át figyelmetlenül, míg a többi szempont szerint átlagos a kockázat.

A 3. klaszter ehhez hasonló elemeket tartalmaz, itt is a gyalogosok hibájából eredő balesetek kockázata tér el felfele az átlagtól, azonban e tényezőket a többi szempont szerint az átlagnál alacsonyabb kockázatokkal jellemezték. A szakértők meglátása szerint ezek olyan szituációk tehát, ahol a gyalogos az átlagosnál könnyebben hibázhat, kelhet át figyelmetlenül, míg a többi szempont szerint alacsony a kockázat, különösen alacsony az előfordulási gyakoriság, illetve a fokozott figyelmi beállítódás elérésének gátlása.

A 4. klaszter az 1. klaszterrel ”ellentétes”, olyan elemeket tartalmaz, ahol a gyalogosok hibájából adódó balesetek kockázatát az átlagnál alacsonyabbnak tartották, míg a többi szempont szerint átlagos a kockázat. Ezek a szituációk tehát abban tértek el az átlagtól, hogy a szakértők szerint kevésbé befolyásolják a gyalogosok hibázási gyakoriságát, ami érthető is, hiszen az ide sorolt tényezők gyakorlatilag a járművezetők észlelését nehezítő körülmények, figyelemelterelő hatások.

Egyetlen tényező önálló csoportot képez az eljárás alapján: „A kijelölt gyalogos-átkelőhely előtt hiányzik/hiányos a záróvonallal is jelzett előzési tilalom elrendelése”. Ezen tényező a szakértői megállapítások szerint közlekedésbiztonsági, figyelmi és az elsőbbségadás befolyásolás szempontjából nem annyira jelentős (átlag alatti pontszámok), azonban a felsoroltak közül a leggyakrabban előforduló tényezőnek minősítették.

Konklúzió

A gyalogos balesetek elemzése alapján a gyalogos baleseteken belül jelentős a kijelölt gyalogos-átkelőhelyeken történt esetek aránya, mely az átkelőhelyeken és környezetükben felmerülő kockázatok értékelését indokolta. Kutatásunk során olyan potenciális kockázati tényezőket azonosítottunk és foglaltunk össze rendszerszemléletben, melyek a lakott területen belül kijelölt gyalogos-átkelőhelyek közlekedésbiztonsági szintjét negatív irányban befolyásolhatják.

A tényezők értékelése szakértői vélemények alapján történt, az adatok több szempontú rangsorolását lehetővé tévő KIPA módszerrel, továbbá klaszteranalízis segítségével. Célunk a leginkább kockázatos paraméterek azonosítása volt, melyek felszámolásával a legnagyobb közlekedésbiztonsági előnyök érhetők el.

A rangsorolás és a klaszterezés eredményei azonos irányba mutattak, egyértelműen kijelölve a szakértők által leginkább kritikusnak ítélt tényezőket:

- az azonos irányú párhuzamos sávokat keresztező átkelőhelyek (A2),
- a közvilágítás hiánya, nem megfelelősége (A6),
- a kijelölt gyalogos-átkelőhely megfelelő távolságból történő nehéz felismerhetősége (B1),
- a gyalogosok és járművezetők észlelésének takaró elemek miatti akadályoztatottsága (B2),
- a gyalogos-átkelőhely előtti figyelem megosztó szituációk (D1),
- a gyalogos-átkelőhely környezetében jellemző túl magas sebesség (D5).

Ezen tényezők tehát azok, melyekhez a szakértők a többi paraméternél nagyobb baleseti kockázatot és nagyobb figyelmi beállítódás gátló hatást társítottak, és emellett relatíve gyakorinak, illetve az elsőbbségadást is jobban befolyásolónak tartották őket. Új gyalogos-átkelőhelyek kialakítása és a meglévők felülvizsgálata során a fenti jellemzők negatív hatásának megszüntetése, illetve mérséklése fontos a közlekedésbiztonság és a szolgáltatási szint növelése érdekében.

Irodalomjegyzék

[1] 20/1984. (XII. 21.) KM rendelet az utak forgalomszabályozásáról és a közúti jelzések elhelyezéséről. https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=98400020.KMB (2020.01.22.)

[2] Antov D., Rõivas T., Antso I., Sürje P.: A Method For Pedestrian Crossing Risk Assessment Urban Transport 2011/XVII. 116. 587-598. DOI: 10.2495/UT110501

[3] Gyarmati József: Többszempontos döntéselmélet alkalmazása a haditechnikai eszközök összehasonlításában. PhD értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Haditechnikai és Minőségügyi tanszék, Budapest, 2003

[4] Juhász János: A közúti közlekedés áramlásának és a gyalogos átkelés baleseti kockázatának vizsgálata gyalogátkelőhelyek környezetében. PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésüzemi Tanszék. Budapest, 2007

[5] Kindler J., Papp O.: Komplex rendszerek vizsgálata- Összemérési módszerek. Műszaki Könyvkiadó: Budapest, 1977 41. 151-175. ISBN: 963 10 1830 X

[6] Közlekedési, Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium Közlekedési Infrastruktúra Főosztálya: Útügyi Műszaki Előírás. e-ÚT 03.07.23. ÚT 2-1.211. A gyalogosközlekedés közforgalmi létesítményeinek tervezése (A KTSZ kiegészítése), Budapest, 2017

[7] Központi Statisztikai Hivatal: Közlekedési baleseti statisztikai évkönyv,2015, Budapest, 2016

[8] Központi Statisztikai Hivatal: Közlekedési baleseti statisztikai évkönyv,2014, Budapest, 2015

[9] Pashkevich A., Nowak M: Road safety risk assessment at pedestrian crossings: a case study from Sułkowice. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport.2017, 95. 159-170. DOI: 10.20858/sjsutst.2017.95.15.

[10] Pashkevich M., Krasilnikova A., Antov D.: Method for Pedestrian Crossing Risk Assessment and Safety Level Determination: the Case Study of Tallinn. CIT2016 – XII Congreso de Ingeniería del Transporte València, Universitat Politècnica de València, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.4995/CIT2016.2016.4124

[11] Simon Judit: A klaszterezés alkalmazási lehetőségei a marketingkutatásban. Statisztikai Szemle. 2006 84. évf. 7. sz. 627–651

Az emberi tényező közlekedésbiztonsági kihívásai

Berta Tamás[1] - Krizsik Nóra[2] - Pauer Gábor[3]

[1]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont
telefon: +36 30 9968819
e-mail: berta.tamas@kti.hu

[2]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont
telefon: +36 30 3101924
e-mail: krizsik.nora@kti.hu

[3]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont
telefon: +36 30 8214581
e-mail: pauer.gabor@kti.hu

Kivonat: A közlekedésbiztonság területén elsődleges cél a közúti balesetek megelőzése és azok kimenetelének enyhítése. Az infrastrukturális beavatkozások és a járműipari fejlesztések a pálya, valamint a jármű hibájából adódó balesetek csökkenését és az enyhébb kimenetelt segítik elő, azonban a balesetek többsége emberi hibára is visszavezethető. A közlekedésbiztonság területén a legnagyobb és fenntartható hatást azonban mégiscsak az emberi tényező fejlesztésének, azaz a közlekedő társadalom biztonságtudatosságának, szabálykövetési hajlandóságának, közlekedési magatartásának javítása hozhatja.

A Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. a 2019-es évben kiterjedt kutatást végzett a fiatal közlekedők, valamint a felnőtt lakosság körében, melynek célja a közlekedők aktuális ismeretszintjének, valamint a mindennapi közlekedésben tanúsított magatartásának, szabálykövetésének felmérése volt.

Kulcsszavak: Közlekedésbiztonság, baleset-megelőzés, szabálykövetés, magatartás, emberi tényező

Bevezetés

A közúti közlekedés biztonsága mind az egyén, mind a társadalom szempontjából kiemelt fontosságú. A közúti közlekedési balesetek a személyes tragédiákon túl jelentős nemzetgazdasági veszteséget is jelentenek (ennek értéke 2018-ban 639,8 milliárd Ft-ra becsülhető). [5] A közúti közlekedésbiztonsági folyamatok vizsgálatát érdemes a közúti közlekedési rendszerelemek (út, jármű, ember) oldaláról értékelni. Cikkünkben elsősorban az emberi tényező szerepét vizsgáljuk, a fiatal közlekedők ismeretszintjének, közlekedésben tanúsított magatartásának és szabálykövetési hajlandóságának felmérése révén.

Nemzetközi célkitűzések

Az Európai Unió 2021-2030 közötti időszakra vonatkozó közlekedésbiztonsági politikájának fő célkitűzése a halálos és súlyos sérültek számának 50%-os csökkentése. Ennek elérésére számos területen kell beavatkozásokat eszközölni [1]. Látnunk kell azonban, hogy a legnagyobb kihívást az emberi tényező fejlesztése jelenti, melyet az egyes teljesítménymutatók alakulása is jól szemléltet. A stratégia külön hangsúlyt fektet a gyermekek, fiatalok biztonságos, balesetmentes közlekedésének kialakítására.

Az Európai Uniós célokhoz illeszkedik a magyar közlekedéspolitika is [2],[7], melyben többek között szerepel a személyi tényező fejlesztése, az emberi hibából adódó balesetek megelőzése, kimeneteleinek enyhítése.

A kutatásunk célja

Ahhoz, hogy a fiatal közlekedők magatartását a közúthálózaton biztonságosnak, biztonságtudatosnak tekinthessük, bizonyos szintű - korosztályonként eltérő és egymásra épülő - közlekedési ismeretszint elérése várható el. Ennek tükrében kutatásunk célja a fiatal korosztály (5-18 évesek) elméleti és gyakorlati közlekedési ismeretszintjének, közlekedésben tanúsított magatartásának, valamint szabálykövetésének vizsgálata volt. Az eredmények alapot nyújtanak a közlekedésre nevelés fejlesztésére vonatkozó, célirányos beavatkozások kidolgozásához.

1. Fiatal korosztály közlekedési baleseti helyzetképe

A közúti balesetekben meghaltak száma világszerte növekszik. A WHO kutatása szerint 2016-ban 1,35 millió ember vesztette életét a közutakon, a közúti közlekedési balesetek a teljes népességet tekintve a 8. vezető haláloknak számítanak. A fiatalok (5-29 évesek) körében ugyanakkor a közúti közlekedési balesetek jelentik a leggyakoribb halálozási okot.[8]

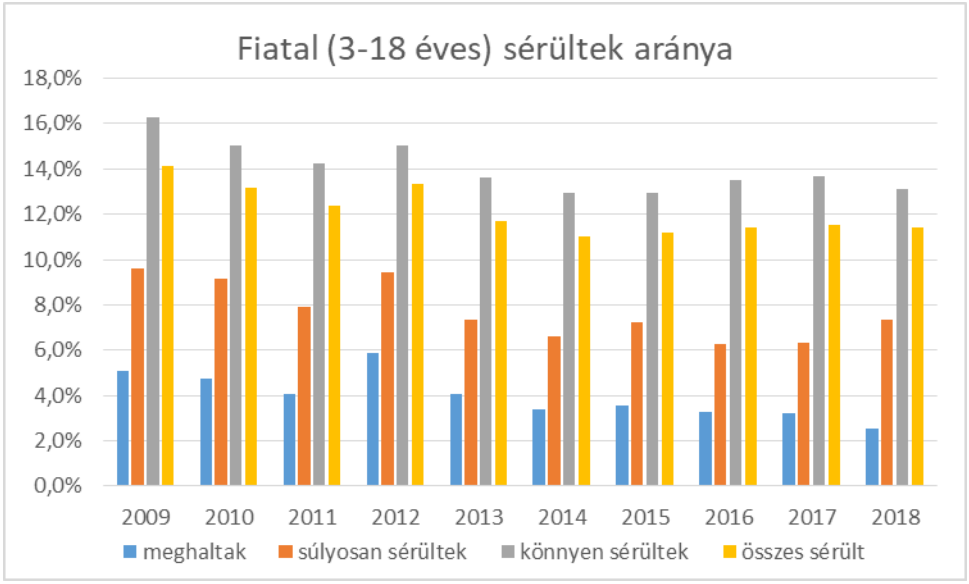
1.1 Életkor szerinti elemzés

A Központi Statisztikai Hivatal adatai szerint az utóbbi 10 évben (2009-2018 között) 26141 személy sérült meg az óvodások, általános iskolások, középiskolások közül közúti balesetek során (1. táblázat). Az óvodás korosztályból 24 fő, az iskolás korosztályból 85 fő, míg a középiskolás korosztályból 153 fő vesztette életét a közutakon. [3]

1. táblázat: Személysérüléses közúti balesetekben megsérült fiatalok száma (2009-2018)

sérülés kimenetele	meghaltak	súlyosan sérültek	könnyen sérültek	összes sérült
3-6 évesek (óvodások)	24	373	3082	3479
7-14 évesek (általános iskolások)	85	1709	9187	10981
15-18 évesek (középiskolások)	153	2183	9345	11681
összesen	262	4265	21614	26141

A fiatalok (3-18 évesek) részarányát vizsgálva (1. ábra) megállapítható, hogy arányuk a közlekedési sérültek körében 2009-től (14,1%) 2014-ig (11%) csökkenést mutat, 2015-től azonban további javulás már nem tapasztalható. 2015-ben a sérültek 11,2%-a, míg 2018-ban 11,4%-a volt 3 és 18 év közötti korú.



1. ábra: Fiatal sérültek részaránya a személysérüléses közúti balesetekben megsérültek között (2009-2018)

1.2 Közlekedési módok szerinti elemzés

Az utóbbi 5 év (2014-2018) személysérüléses közúti közlekedési baleseteinek adatai azt mutatják (*2. táblázat*), hogy a fiatal (3-18 éves) okozók részaránya olyan balesetekben magas, melynek okozói gyalogosok, kerékpárosok vagy segédmotoros kerékpárral közlekedők voltak. Az eredmény nem meglepő annak tükrében, hogy a fiatalok elsősorban ilyen módon vesznek részt a közlekedésben.

2. táblázat: Fiatal okozók részaránya az egyes járművek által okozott balesetekben (2014-2018)

Okozó / Év	2014	2015	2016	2017	2018
gyalogos	23,5%	22,6%	23,3%	24,8%	21,7%
motorkerékpár	2,7%	2,9%	4,1%	3,3%	3,9%
segédmotoros kerékpár	11,5%	11,7%	12,0%	12,7%	12,3%
kerékpár	17,9%	17,5%	15,0%	16,5%	15,1%
személygépkocsi	3,0%	2,9%	2,9%	3,1%	3,0%

Feltételezésünk szerint, amennyiben a fiatal közlekedők megfelelő közlekedési ismeretszinttel rendelkeznének, valamint megfelelően alkalmaznák a szabályokat, az általuk okozott balesetek jelentős hányada elkerülhetővé válna, ezáltal főleg a gyalogos, kerékpáros, illetve segédmotoros kerékpárok által okozott balesetek számossága lenne csökkenthető.

2. A közlekedésre felkészítés monitoringja

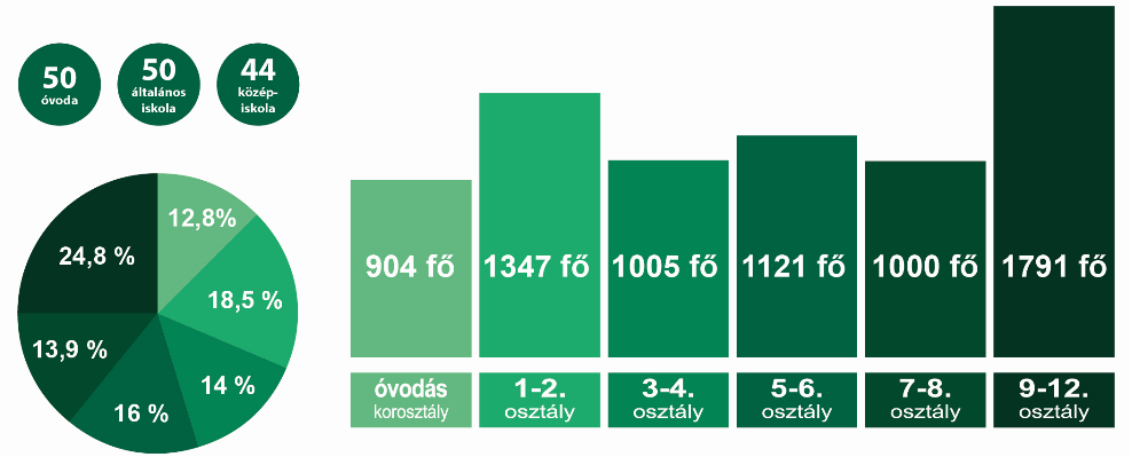
A Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. a 2019-es évben kutatást végzett a fiatal közlekedők, valamint a felnőtt lakosság körében [4], melynek célja a közlekedők aktuális ismeretszintjének valamint a mindennapi közlekedésben tanúsított magaratásának, szabálykövetésének felmérése volt. Az alábbiakban a fiatalokra vonatkozó eredményeket ismertetjük.

2.1 A felmérésben résztvevők körének bemutatása

A kutatás során a megkérdezett gyermekek számát a felmérés megvalósíthatóságát szem előtt tartva úgy határoztuk meg, hogy a kapott eredményeket általános érvényűnek tekinthessük. A mintavételi eljárás során kvótás mintavételt alkalmaztunk, figyelembe véve:

- az adatok elemezhetőségének regionalitását,
- a települések típusát,
- az oktatási intézmények típusát,
- valamint az oktatási intézményekben tanulók számát.

A mintavételi eljárás eredményeként 144 intézmény 7168 tanulóját kérdeztük meg (2. ábra). Az intézmények között 50 óvoda, 50 általános iskola és 44 középiskola szerepelt.



2. ábra: Kutatásban részt vett fiatalok száma

2.2 A mérési módszertan ismertetése

A gyermekektől elvárt közlekedési ismeretszintet az Élet Úton program alapján határoztuk meg [6], mely az elvárásokat a korosztályok tulajdonságait, közlekedési viselkedési jellemzőit figyelembe véve állapítja meg. Minden korosztályban kiemelten fontos témakör a gyalogos közlekedés, a kerékpárral való közlekedés (közlekedési eszköz vezető), valamint az utasként való közlekedés (utazás személygépjárműben, közforgalmú közlekedési eszközön) szabályainak ismerete. A korcsoportokat az eredmények változásának nyomon követése érdekében osztályok szerint bontottuk tovább (2. ábrán).

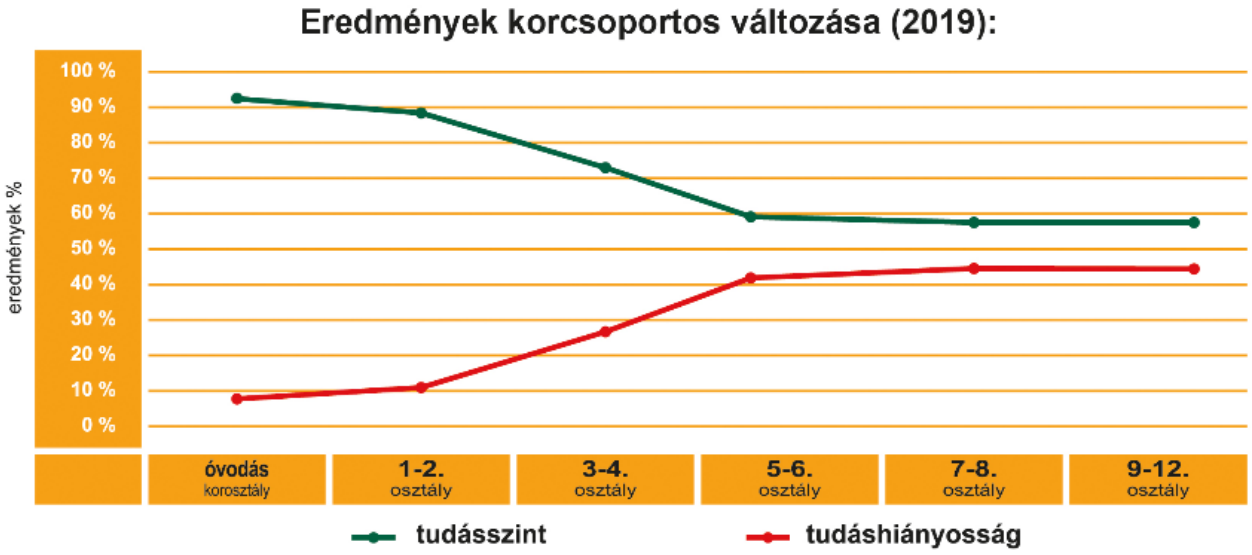
A felső tagozatosok és középiskolások esetében a közlekedési ismereteken túl közlekedési attitűd, magatartás vizsgálatot is végeztünk. Ennek fő témakörei a mobiltelefon használat, a láthatóság, a gyorshajtás és az ittas vezetés voltak.

3. Eredmények a közlekedési szabályismeret terén

A felmérés eredményei alapján a fiatalok ismeretének legnagyobb hiányosságai a gyalogos közlekedés területén az úttesten való szabályos átkeléssel, kerékpáros közlekedés esetében, a kötelező felszerelések és jelzőtábla ismeretével, míg utasként való közlekedés esetében a személygépjárművekben elöl utazás szabályaival kapcsolatosak.

3.1 A korcsoportos változás bemutatása

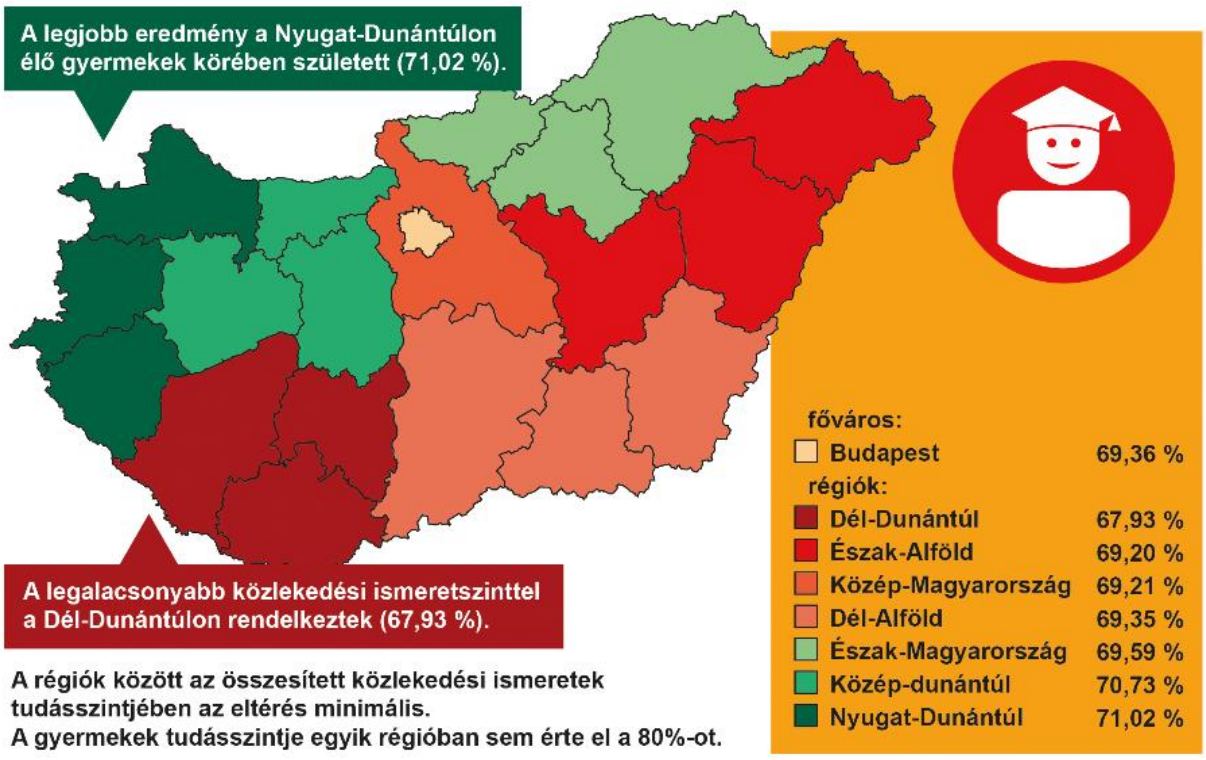
A közlekedési ismeretek szintjét a mért eredmények alapján százalékos skálákra képeztük le, az elvárt tudásanyagot 80%-ban határoztuk meg. A korosztályok közül a legjobb eredményt az óvodások, illetve az 1-2. osztályosok érték el. Az ő esetükben 80% feletti eredményeket kaptunk. A többi korcsoport esetében jóval alacsonyabb értékeket mértünk, 9-12. osztályban a tudásszint mindössze 57% volt. Az eredmények azt mutatták, hogy a gyermekek ismeretszintje a korral előrehaladva csökkenő tendenciát mutat (3. ábra). A kérdésekre adott válaszok elemzése alapján azt tapasztaltuk, hogy a gyermekek kisiskoláskorban megszerzett tudása megmarad ugyan, azonban ezt nem fejlesztik tovább.



3. ábra: Közlekedési ismeretszint változása az elvárt ismeretszinthez képest

3.2 Régiós eredmények összefoglalása

A közlekedési ismereteket régiós szinten is megvizsgáltuk és összehasonlítottuk (4. ábra). Az összesített eredmények alapján a régiók között a tudásszintbeli eltérés minimális volt. A legalacsonyabb közlekedési ismeretszinttel a Dél-Dunántúlon rendelkeztek a gyermekek. A régió fiatal korosztályának összesített tudásszintje 67,93% volt. A legjobb eredmény a Nyugat-Dunántúlon élő gyermekek körében született (71,02%).



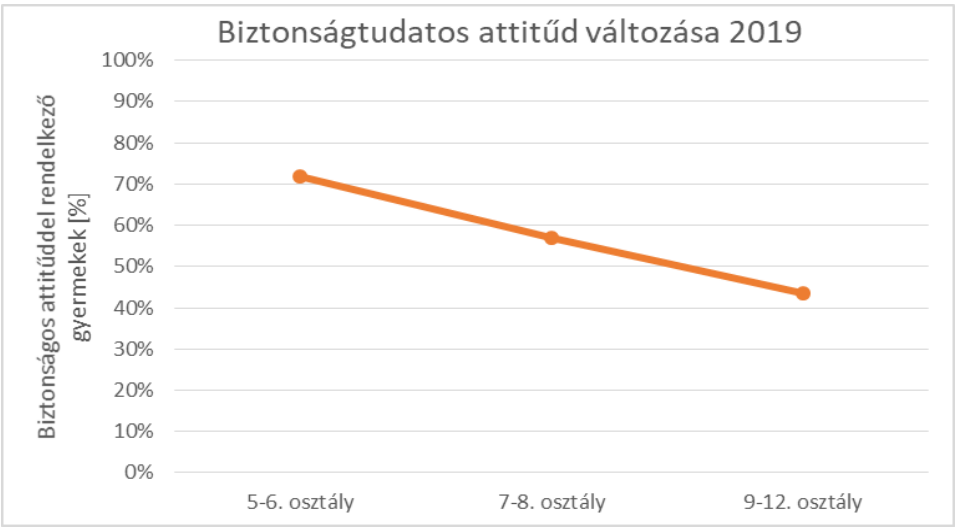
4. ábra: Átlagos közlekedési ismeretszint (óvodás kortól 12. osztályig)

4. A közlekedésben tanúsított magatartás vizsgálata

A felmérés eredményei alapján kiemelt problémaként azonosítható, hogy a fiatal közlekedők korosztálytól függetlenül a biztonságos magatartásformák közé sorolták a fejvédő sisak nélküli kerékpározást, a megfelelő láthatóság biztosítása nélküli éjszakai gyalogolást, kerékpározást, valamint a külterületi gyorshajtást.

4.1 A korcsoportos változás bemutatása

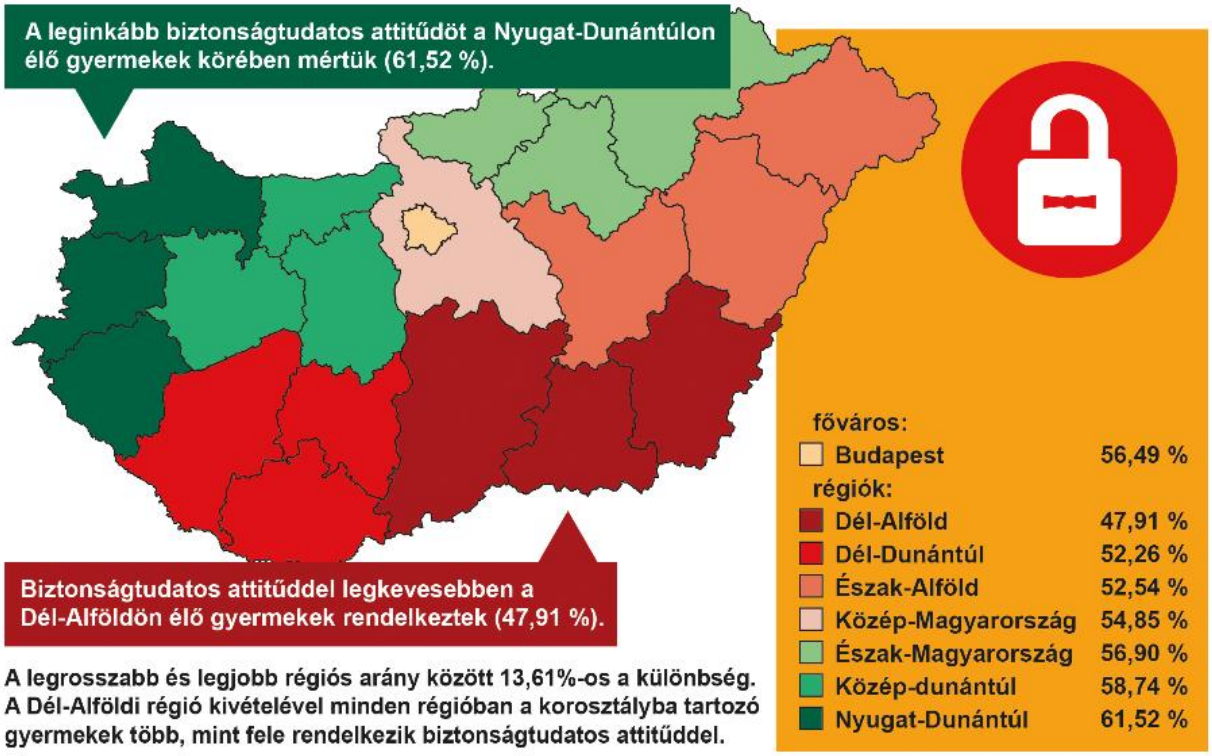
A korcsoportok kinyilvánított, közlekedésben tanúsított magatartása figyelmeztető képet mutat. A tudásszinthez hasonlóan a fiatalok biztonságos közlekedéshez kapcsolódó magatartása az életkor előrehaladtával romlik (5. ábra). A kinyilvánított viselkedésük, a közlekedési helyzetekről, viselkedésekről való véleményük egyre inkább a veszélyesség felé mozdul el, az idősebb gyermekekre kockáztatóbb magatartásforma jellemző.



5. ábra: Biztonságtudatos attitűd változása a 2019-es felmérés alapján

4.2 Régiós eredmények összefoglalása

A közlekedésben tanúsított magatartást szintén megvizsgáltuk régiós szinten is (6. ábra). A gyermekek (korcsoportos súlyozott értékei) között biztonságtudatos attitűddel legkevesebben a Dél-Alföldön élők rendelkeztek (47,91%). A legkedvezőbb értékeket a Nyugat-Dunántúlon élő gyermekek körében mértük, itt a fiatalok 61,52%-a rendelkezett biztonságtudatos attitűddel.



6. ábra: Átlagos biztonságtudatos attitűd (5-12. osztályig)

Konklúzió

A kutatási eredményeink alapján azt tapasztaltuk, hogy a gyermekek közlekedési ismeretszintje a kor előrehaladásával csökkenő tendenciát mutat, a kisiskoláskorban megszerzett tudás megmarad ugyan, azonban ezt nem fejlesztik tovább. Mindemellett a kinyilvánított viselkedés, a közlekedési helyzetekről, viselkedésekről való vélemények egyre inkább a veszélyesség felé mozdulnak el, azaz az idősebb gyermekekre az elvárthoz képesti alacsonyabb ismeretszint mellett kockáztatóbb magatartásforma jellemző.

Az eredmények a korábbi években mértekkel azonos képet mutatnak, azaz a fiatalok körében a közlekedési ismeretszint alakulásában, és a magatartás javulásában lényeges változás az elmúlt évekhez képest sem tapasztalható. A baleseti adatok abszolút és relatív értékeinek stagnálása is hasonló képet mutat.

Ahhoz, hogy a felnőtt lakosság megfelelő szabályismerettel, biztonságtudatosan közlekedjen a közutakon, fontos, hogy már a lehető legfiatalabb korban elsajátítsa azokat az értékeket, melyek ezt megalapozzák. Sajnos azonban a kutatási eredményeink jelentős hiányosságokra, problémákra utalnak a közlekedésre való felkészítés terén. A gyermekek biztonságának fokozása érdekében fontosnak tarjuk az ismertetett tendencia megváltoztatását, javítását. A gyermekek közlekedési ismeretszintjének növelése, és a közlekedői attitűd javítása ugyanis a baleset-megelőzés egyik leghatékonyabb eszköze lehet hosszútávon.

Irodalomjegyzék

[1] European Commission: Commission staff working document- EU Road Safety Policy Framework 2021-2030 - Next steps towards "Vision Zero", Brüsszel, 2019
[2] Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ: Nemzeti Közlekedési Stratégia, Budapest, 2019
[3] Központi Statisztikai Hivatal: Közlekedési baleseti statisztikai évkönyv,2015, Budapest, 2016
[4] KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont: Közlekedésre felkészítés monitoringja, Budapest, 2019
[5] KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont: Baleseti veszteségértékek aktualizálása, Budapest, 2019
[6] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium – Belügyminisztérium: Együttműködési stratégia az ÉLET ÚTON programhoz, Budapest
[7] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium – Belügyminisztérium: Közúti Közlekedésbiztonsági Akcióprogram 2017-2019, Budapest
[8] World Health Organization: Global status report on road safety 2018, Genneva, 2018

Betonpaplan réteg újfajta alkalmazási lehetőségei a vasúti alépítményben

Eller Balázs[1] - Dr. habil. Fischer Szabolcs[2]

[1]Széchenyi István Egyetem Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék
telefon: 96/613-544
e-mail: eller.balazs@sze.hu

[2]Széchenyi István Egyetem Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék
telefon: 96/613-544
e-mail: fischersz@sze.hu

Kulcsszavak: vasút, alépítmény, Conrete Canvas, betonpaplan, vízelvezetés,

Bevezetés

A vasúti felépítmény tartós és stabil alátámasztást kíván. A vízérzékeny alépítményi talaj vagy a korosodott, szennyeződött ágyazat hatására egyre gyorsuló ütemben alakulhatnak ki torzulások a pályageometriában. A pályageometriai hibák okozta dinamikus hatások további sárosodást, valamint vízzsákok kialakulását okozhatják. Önmagában egy elsárosodott felépítmény még nem jelenti az alépítmény alkalmatlanságát, azonban a vízelvezetés teljes bizonyossággal hiányosságként róható fel. Ilyen módon cél a megfelelő időben elvégzett ágyazati karbantartás, valamint a felülről érkező víz kiszorítása a vasúti alépítményből. Jelen cikk a lokális alépítményi hibák javítására, megelőzésére fekteti a hangsúlyt, melyhez új technológiák kerülnek vizsgálatra. Ilyen technológia például a betonpaplan, melynek rétegszerkezetként történő alkalmazásával a vízelvezetés mellett további problémák is megoldásra kerülhetnek.

1. A betonpaplan

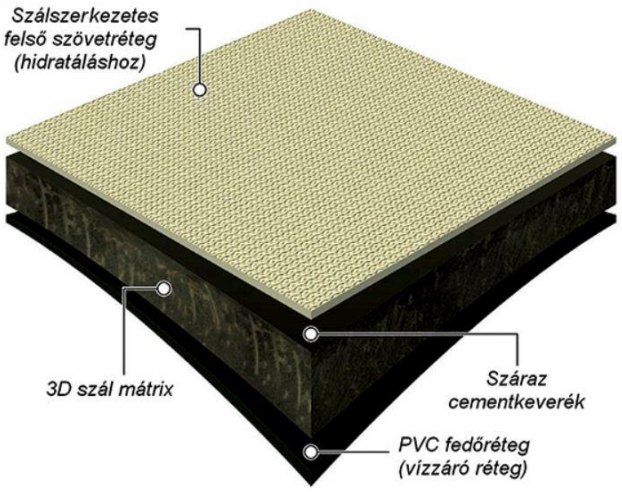
Az utóbbi években egy olyan technológia került az építőipari piacra, amely alkalmazásával kiváló rétegelválasztó és vízelvezető mérnöki megoldásokat lehet elérni. Ezek az anyagok gyűjtő nevükön a kompozit geoszintetikus szőnyeg (Geosynthetic Cementitious Composite Mat – GCCM) cement impregnált szövet ötlet alapján jöttek létre. [1, 2] Az anyagot vízpermettel hidratálva megkeményedik, így nagy merevséget és szilárdságot nyújtva. Alkalmazásukkal egy olyan szilárd betonréteget tudnak alkotni, ami szilárd kopásgátló felületet biztosíthat erózió védelem céljából, mivel késleltetheti az esőzésekkor lehulló csapadékvizek beszivárgási sebességét, amely a rézsűcsúszásokat okozza-okozhatja. Ezen túlmenően vékony, tartós, tűzálló, valamint bizonyos változatai vízállók. [3] A GCCM-et általában a shotcrete/kéregbeton alternatívájaként használják. [2] Számos változata készült, azonban a leghatékonyabb megoldásnak két getoextília réteg közé beimpregnált cement anyag bizonyult, így egy szendvics szerkezetet képezve [1]. A felső geotextília nem szőtt, míg az alsó szőtt típusú. A hagyományos betonozással járó megoldásokhoz képest ezen technológia gyorsabb, könnyebb és költséghatékonyabb megoldást nyújt, mivel a beépítés nem igényel komoly szakértelmet, valamint a nehéz helyekre való szállítás is könnyebben megoldható.

A GCCM típusú anyagok között az egyik legígéretesebb termék a *Concrete Canvas* (CC). Ezt a fajta cementtel impregnált matracot Brewin és Crawford (Concrete Canvas Ltd.) fejlesztette ki 2005-ben az Egyesült Királyságban. [4] A felső szálszerkezetes szövetet és az alsó PVC vízzáró réteget 3D szál-mátrix köti össze, továbbá a két réteg közé speciális cementkeveréket töltöttek (1. ábra) [5]. A megszilárdult betonpaplan nyomószilárdsága a hivatalos adatok alapján 28 nap kötési idő elteltével 80 MPa, melynek 80%-át (de legalább 50 MPa-t) már hidratálás után 24 órával eléri. Kötés után a szálszerkezet megerősíti a betont, megakadályozva a repedezést. Élettartama nagyjából 50 évre tehető. [4] Hatékonyságát számos esettanulmány is bizonyítja.

A cementtel átitatott szövet matrac leginkább az alábbi feladatokat képes ellátni [3, 4]:

- árok „burkolás”, védőréteg vezetékeknek,
- rézsűvédelem,

- felület lezárás, járó felület gyalogosoknak, járműveknek,
- sérült betonfelület takarása/javítása,
- óvóhely/menedék építés katonai alkalmazásra.



1. ábra: A Conrete Canvas rétegszerkezete [4]

2. Eddigi tapasztalatok

2.1 Helyszíni tapasztalatok

A Concrete Canvas anyagfajtától függően lehet vízzáró valamint kvázi vízzáró. Ennek köszönhetően megfelelő megoldás pl. árkok „burkolására” (2. ábra), valamint átereszek javítására. Bizonyos nyomvonalas létesítmények esetében, mint például a vasúti pálya hosszú, változatos domborzat esetén könnyen útját állja a csapadékvizek el- és vagy lefolyásának. Ilyen esetekben az övárok rendszerek kiépítése elengedhetetlen. A korábban megépített övárkok számos esetben munkagéppel nehezen megközelíthetők, így a karbantartás is hiányossá válhat, míg a földes árok pedig hamar feltöltődhet. Ezekben az esetekben a betonpaplan kiváló megoldás, mivel egyszerűen, kizárólag emberi erőforrás segítségével beépíthető, legfeljebb a vízvételezés jelenthet gondot.

2. ábra: Betonpaplannal burkolt árok [4]

A lényeges tapasztalat a rézsűvédelem, mely szintén több esettanulmányban összefoglalásra került. Az egyik releváns esemény 2017 márciusában történt Miskolcon, ahol a CC-t alkalmazták a lejtő átmeneti védelmének biztosításához egy összeomlott támfal rekonstrukciója során (3. ábra) [4]. Az út mellett 30 méteres hosszúságban a töltés rézsű részlegesen megcsúszott, és a további talajmozgások komoly kockázatot jelentettek. A nagyobb forgalom miatt az úton egy sávnak járhatónak kellett lennie, így az útszakaszt nem zárták le. Az ideiglenes rézsűt a betonpaplan alkalmazásával megfogták („stabilizálták”), így további csúszás nem keletkezett, az új támszerkezet megépítése akadálytalan volt. A támfal

megépítését követően a CC-t eltávolították. A technológia gyors beépítése, könnyű kezelhetősége és könnyű eltávolítása miatt kiváló megoldást nyújtott.

3. ábra: Rézsű burkolása CC-vel [4]

Az osztrák katonaság kísérletet végez a Concrete Canvas alkalmazásával, melynek keretében útpályaszerkezet felületeként alkalmazzák a betonpaplant. A CC13TM két rétegét „T" alakban fektették le tömörített szemcsés alaprétegre, hogy a pályafelület szilárdan álljon. A terhelést egy konténer és további közlekedő járművek adják. A kezdeti eredmények azt mutatták, hogy az anyag hatékony megoldás, hiszen szilárd, homogén felületet nyújt. A kísérleti részen jelenleg több féle kerekes jármű tevékenykedik annak érdekében, hogy megbizonyosodjanak az anyag hosszú távú tartósságáról. [6] Ez a kísérlet a kutatásunk szempontjából lényeges lehet, így mindenképp figyelemmel kísérendő.

4. ábra: Katonai kísérlet útburkolatként történő alkalmazásra [6]

2.2 Releváns vizsgálati eredmények

A gyártó által kiadott hivatalos mechanikai tulajdonságokon, értékeken felül a témában eddig kevés publikáció született, és bár egyik sem vasút specifikus, a releváns vizsgálati eredményeket bemutatjuk. Ezek közül a legjelentősebbek a [1, 2, 3, 7, 8] publikációk.

Az anyag „kötés nélküli" állapotában is 1300-1500 kg/m^3 sűrűségű, az impregnált cement pornak köszönhetően. Vízzel való locsolást követően 24 óra elteltével a sűrűség 1700-2000 kg/m^3-re növekszik, amely a beton normális sűrűségének (2200-2400 kg/m^3) kb. 70-80%-a [4, 6].

A [3] cikkben publikálásra került a betonpaplannal megerősített támfalak lehetősége és a tervezés kérdései is. A gyors keményedés és a korai nagy szilárdsági jellemzők a CC terméket alkalmassá teszik föld támfalszerkezet felületi bevonására is. Az eredmények alapján, megfelelő megerősítéssel (4. ábra) a betonpaplan 10 m magasságig képes teljesíteni a követelményeket, míg ennél nagyobb magasság esetén növelni kellene a 3D szálkeresztek vastagságát. A CC és a bevasalás együtt kielégítik a tervezési

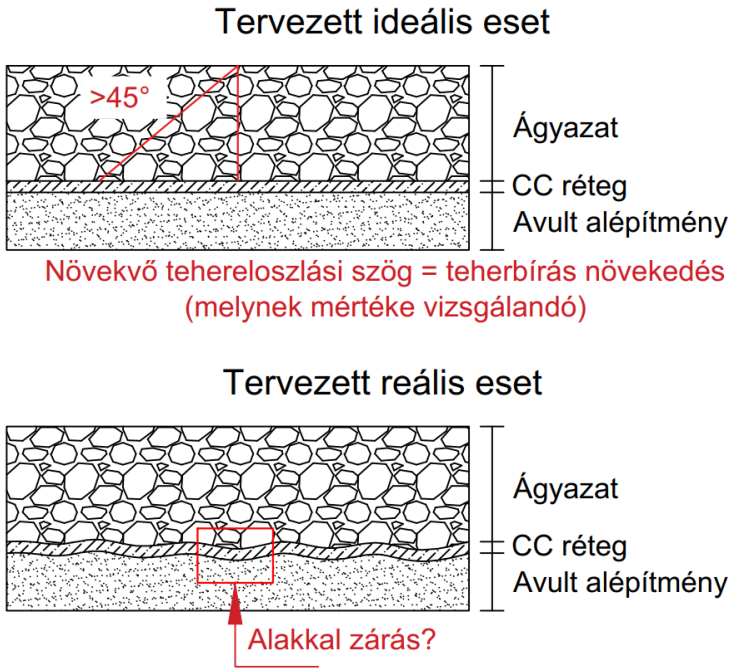
követelményeket, azaz a betonpaplan teherbírása az előírásokkal összhangban van. Emellett meg kell említeni, hogy a betonpaplannal burkolt fal rugalmasabb megtámasztást nyújt, mint a félig merev beton fal, amely a mérések szerint 6 m magasságú falnál 20 mm. E miatt is jobb a megerősítésként az acélrúddal történő bevasalás.

Többnyire releváns vizsgálati tevékenységek és eredmények születtek a [2]-es publikációban. A vízáteresztő képesség vizsgálata során a GCCM anyagot 7 napos korban „tesztelték", többszöri ismétléssel. A mért átfolyási sebesség és a hidraulikus vezetőképesség átlagértékei azt mutatták, hogy a GCCM szinte teljesen vízzáró. A szakítószilárdság, valamint a hajlítószilárdság értékei a kikeményedési idővel növekedtek. A hajlítási tesztek eredményei számottevő különbségeket mutattak a hossz- és a keresztirány között. Általában a hajlítószilárdság keresztirányában 1,3–1,8-szor volt nagyobb, mint a hosszirányú hajlítószilárdság. Az anyagok tapadási tényezői megfelelőek, amely azt jelenti, hogy a GCCM és a talaj között jelentősen magas a felületi súrlódási ellenállás, azaz igazolható annak teljesítménye rézsűvédelemre.

Esetünkben fontosabb kísérletnek számít az „átlyukasztási" vizsgálat, amely az esetleges ágyazati szemcsék élei okozta károsodás meghatározásához nyújthat reális képet. A korábbi kísérletek során általában a kis alakváltozásnál a „fordulási ponton" bekövetkező terheléseket a 3D mátrix szövetszál szabályozza, azaz azokat a kikeményedési korok befolyásolják. Ez jelentheti azt is, hogy a keményedés korai szakaszában az anyag lehet még annyira képlékeny, hogy bizonyos terhelések okozta deformációk alakját felvegye. A mérések során a maximális terhelés 1,60-1,72 kN volt, amely 20-25 mm behajlást okozott a próbatesteken. A mérési eredmények alapján a kötési idő nem befolyásolta az átlyukasztás értékeit, amely azt jelzi, hogy a repedésektől függetlenül a geotextília rétegek még ellenálltak. [2]

3. Vasúti alkalmazása

A geotextília, georács és geomembrán vasúti alkalmazása során szerezett tapasztalatokkal, azok mintájára vizsgáljuk annak lehetőségét, hogy a betonpaplan milyen módon használható fel többféle vasúti pályában keletkező probléma „orvoslására". Elképzeléseink szerint a CC kiegészítő rétegként való alkalmazása megoldást nyújthat olyan lokális alépítményi hibahelyeken, sáros pályarészeken, ahol a probléma „gyökere" leginkább a vízelvezetés, valamint a vízérzékeny töltésanyag. [9]



5. ábra: A CC fekvése és annak hatásai a vasúti pályaszerkezetben

Ismerve a geoműanyagok előnyeit, látható, hogy funkciójuk a vasúti pályaszerkezetben majdnem megegyezik azzal, amit a geoszintetikus cementkötésű kompozit szőnyegek nyújthatnak a felépítmény alatt. Ezek a fő funkciók a vízelvezetés és a rétegelválasztás. Az erősítés funkció külön említendő, mert az

elmélet alapján a megszilárdult betonpaplan hatására a tehereloszlás területe, azaz a tehereloszlási szög növekszik, ami kvázi erősítést okoz. Ezt azonban további vizsgálatoknak kell alátámasztania.

Fektetésnél a CC felveszi a terep hajlását, deformációit. Vasúti alkalmazás esetén, ha a szőnyegben a cement azt követően köt meg, hogy a zúzottkő ágyazat cseréje megtörtént, a merev szőnyeg deformált lesz, miközben bizonyos mértékben felveszi az ágyazati szemcsék alakjának megfelelő formát-felületet is. Ennek köszönhetően feltételezhetjük, hogy ilyen módon a georácsok működéséhez hasonlítva [10, 11] létrejön valamekkora „alakkal zárás" (ún. „interlocking"), amelynek hatására megnő az ágyazati anyag belső nyírási ellenállása az ágyazatvastagság alsó részén.

A hipotézis megerősítésére további vizsgálatokat kell végezni a GCCM-ek, különösen a vasúti terhelés alatt álló CC alkalmazhatóságának megerősítésére. A betonpaplan vizsgálata (átlyukasztás vizsgálat, hajlítás vizsgálat, dinamikus terheléses vizsgálat, stb.) folyamatban van. A technológia további előnye lehet, hogy a geoműanyagokhoz hasonlóan ez is beépíthető a rostálógépre (annak kaparóláncára) erősítve, rostálási folyamat során, mivel a betonpaplan kötetlen állapotban szintén tekercsben kerül leszállításra. Ebben az esetben további megválaszolandó kérdés az ágyazaton keresztüli locsolás (hidratálás) hatékonysága is.

210 kN tengelyterhelés esetén kb. 10 N/cm^2 erőhatás (felületi megoszló feszültség) érheti a keményedett CC felületét [12]. Az önsúly kevésbé jelent problémát, mint a dinamikus hatások, de a rosszul felépített vagy tervezett töltés stabilitási vagy nyírási hibákat okozhat. A dinamikus forgalmi terhelés ismétlődő, preodikusan fellépő terhelés. A statikus és a dinamikus terhelések hatása eltérő mennyiségű az altalajon, még akkor is, ha a tengelyterhelés nagysága azonos. [13] A CC viselkedését tehát leginkább a dinamikus terhekre kell vizsgálni. Siker esetén a merev betonpaplan hatására a keletkező vasúti terhek tehereloszlási szöge növekedne, az erőhatások pedig nagyobb területen oszlanának el. Az esetleges erősítési funkció ilyen módon nem egyértelműen kijelenthető, mivel a szilárd anyag ellenállása a vasúti járművek (járműterhelés) által gerjesztett dinamikus teherre még nem ismert.

Mivel az anyag vízzáró, a geomembránhoz hasonlóan, a töltéskoronáig kivezetve megfelelő vízelvezetést nyújtana, az alépítménybe pedig már csak a kapilláris vizek miatt lenne nedvesedés, ami többségében elenyésző a csapadékhoz képest – és ennek a kiküszöbölése is más technológiát követel meg, pl. speciális belső magos geokompozit (geodrén), szemcsés kiegészítő réteg, stb. Mivel a betonpaplan árokba is bevezethető, így folytonos elfolyás alakítható ki.

Konklúzió

A bemutatott megoldásokból és a tulajdonságaikból kiderült, hogy a Concrete Canvas (és egyes specifikus GCCM termékek) – vagy más néven betonpaplan – vasúti pályaszerkezetbe való beépítése megfelelő megoldást nyújthat különböző vízelvezetésre visszavezethető problémákra, mivel a technológia és annak elméleti teljesítőképessége ki tudná elégíteni a vasúti terhek okozta igénybevételeknek megfelelő, szükséges szilárdsági követelményeket. Ahhoz viszont, hogy az elméletet gyakorlatra „válthassuk", az elkövetkezendő hónapokra vasúti pálya specifikus kísérletek elvégzését tűztük ki célul, amelyek eredményeinek modellezésével biztosabb képet kaphatunk a technológia megfelelőségéről. Az egyéb célok mellett a vizsgálatok fő céljai mindenképp egy esetleges GRK minősítési számhoz hasonló érték meghatározása, a megszilárdult anyag viselkedésének megállapítása a dinamikus terhelések hatására, valamint a súrlódás/nyírási értékek meghatározása.

Köszönetnyilvánítás

Jelen cikk az EFOP 3.6.1-16-2016-00017 projekt támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

[1] JIRAWATTANASOMKUL T., KONGWANG N., JONGVIVATSAKUL P., & LIKITLERSUANG S. (2019). Finite element analysis of tensile and puncture behaviours of geosynthetic cementitious composite mat (GCCM). Composites Part B, doi: https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.02.037 (in English)

[2] JONGVIVATSAKUL P., RAMDIT T., NGO P.T., & LIKITLERSUANG S. (2019). Experimental investigation on mechanical properties of geosynthetic cementitious composite mat (GCCM). Construction and Building Materials 166 956–965
[3] doi: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.185
[4] LI H., CHEN H., LIU L., ZHANG F., HAN F., LV T., ZHANG W., & YANG Y. (2016). Application design of concrete canvas (CC) in soil reinforced structure. Geotextiles and Geomembranes 44. 557–567. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.geotexmem.2016.03.003 (in English)
[5] Concrete Canvas Ltd. [Elektronikus forrás] / Elérhető: https://www.concretecanvas.com (Megtekintve: 2020.02.15.)
[6] European Technical Assessment ETA-19/0086 (2019). British Board of Agrément. Retrived from: http://szebeton.hu/new/images/resources/Eta-europai_muszaki_ertekeles19_0086i1.pdf (Megtekintve 2020.02.14.)
[7] Concrete Canvas Ltd., 1802 CC Trackway Case Studies [Elektronikus forrás] / Elérhető: https://www.concretecanvas.com/documents/downloaddoc/cc-trackway-austria.pdf (Megtekintve 2020.02.14.)
[8] ZHANG, F., CHEN, H., LI, X., LI, H., LV, T., ZHANG, W., & YANG, Y. (2017). Experimental study of the mechanical behavior of FRP-reinforced concrete canvas panels. Composite Structures 176, 608-616. doi: 10.1016/j.compstruct.2017.05.072 (in English)
[9] HAN F., CHEN H., & JIANG K. (2014). Influences of geometric patterns of 3D spacer fabric on tensile behavior of concrete canvas. Construction and Building Materials, 65: 620–629. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.041 (in English)
[10] ELLER B., & FISCHER SZ. (2019). Review of the modern ballas-ted railway tracks' substructure and further investigations, Nauka ta Progres Transportu 84(6), elfogadott kézirat, megjelenés alatt
[11] FISCHER SZ. (2012) Széchenyi I. E. *A vasúti zúzottkő ágyazat alá beépített georácsok vágánygeometriát stabilizáló hatásának vizsgálata*. PhD értekezés. Építőmérnöki tudományok. Győr, 148 p. doi: 10.13140/RG.2.1.4958.9921.
[12] Tensar Brochure, Mechanical stabilisation of track ballast and sub-ballast [Electronic resource] /. Tensar International Limited Units, Blackburn, UK. // Available at: https://www.tensar.com – Accessed: 15.11.2019.
[13] FISCHER, SZ., ELLER, B., KADA, Z., & NÉMETH, A. (2015). Railway Construction. Universitas-Győr Nonprofit Kft. (in English)
[14] LI, D., & SELIG, E. T. (1994). Evaluation of Railway Subgrade Problems. Transportation research Record, 1489, 17–23. (in English)

Complex Evaluation of Soil Test with New State - characteristic Factor

Dr Szendefy János[1] – Subert István[2]– Subert András[3] – Lechoczky György[4]

[1]**BMGE Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék**
telephone: +36 20 3202291
e-mail: szendefy.janos@epito.bme.hu

[2]**Andreas Ltd**
telephone: +36 70 3814554
e-mail: mail@andreas.hu

[3]**ALLTEST Ltd**
telephone: +36 70 6198346
e-mail: alltest.subert@gmail.com

[4]**Szolnokaszfalt Ltd**
telephone: +36 70 3821101
e-mail: info@szolnokaszfalt.hu

Abstract: In the construction industry, the adequacy of foundation and earthwork construction is most important in terms of the stability and service life of the structure. After the load bearing capacity and compactness have been determined, the measurement results depending on the given water content in the field shall be compared with the limit values specified in the standard or the tender. These limits are often arbitrary and cannot be explained. The introduction of the State-Parameter-Factor (SPF) offers a new opportunity because it can be used to express and measure the performance, compactness and water content requirements in a new technical parameter.

Keywords: Quality control, SMART-BC, regulations, State-parameter factor, Dynamic Compaction test, SP-LFWD, CWA15846, condition-evaluation, soil test, SPF, R+D+I

Introduction

Demonstrating the adequacy of earthworks is one of the most important tasks in the construction industry. There are many methods for measuring both load-bearing capacity and compactness, comparing the measured results with the limits given in the standard / tender. The limits appear in many variations in regulation depending on the structural layer and the load. These are supplemented with water content control, since it significantly affects their value and the water content of the subsoil remains almost unchanged after construction.

The problem is that the construction is always exposed to weather conditions, the time of cover and qualifying measurements can vary, construction stops in winter, after heavy rainfall, control work would be ideal to continue and we could continue.

The launch of this article was the GINOP217_15_2016_00179 "SMART-BC project - Research on the development of a dynamic compactness and load-bearing capacity for a smartphone and development of a prototype" by Alltest Instrument Developer Ltd. In fact, the State Parameter Factor (SPF) can be determined with a single smartphone device in one minute, opening up new opportunities for the construction industry.

For the first time in the world, the idea would make it possible to determine the state of the subterranean soil at the time of installation, to introduce the concept of "STATE-PARAMETER FACTOR" and to determine and to control it - in site.

The classification of granular layers of earthworks and track structures throughout the world is based on two main parameters, load-bearing capacity and compactness (or degree of compactness), but both are dependent on water content and saturation. The SMART-BC measurement method is the only one in the world that can determine these two parameters in a series of measurements with a smart phone, using dynamic measurement according to MSZ15846, with a dynamic loading - similar to traffic load.

1. Concept and definition of State-parameter Factor

The SPF "STATE-PARAMETER FACTOR" denotes load-bearing capacity and compactness near the given field moister with a single number, which is suitable for assessing the condition of the soil, whether suitable for further construction or not, for a given structure or structural layer. Its application allows for accurate classification, proof of conformity before covering, and of course the certification also.

Modifications to the regulations are also recommended as they would prevent premature deterioration and ensure a long and homogeneous life. No definition has been identified so far, to our knowledge, such a consolidated application for soil characterization has not yet been carried out. At the same time, it would provide a great advantage with its simplicity and flexibility, since many and varied load-bearing capacity values could be replaced by a single number, according to risk, function, load and structural location.

Many foreign and domestic articles deal with compactness and load-bearing capacity measurement, and there are many types of it.

In this example, we present different specifications from a single tender, which demonstrates the efficiency and simplicity of the method instead of the complex system of previous specifications.

The critical point in the construction of civil engineering facilities and foundations is the determination of the condition of the earthwork and subsoil (compactness and bearing capacity). The bearing capacity, flexibility and compactness of the receiving layer have a decisive influence on the behavior during the service life and the avoidance of deformation, sinking and rupture. The structure placed on the foundation, the earthwork, must not be damaged, sink, or appear fatigue cracks. All construction begins at the foundation, so determining the condition of the soil and granular layers is therefore a *critical quality characteristic*.

SMART-BC

SMART-OSP

What do we mean by a state-parameter constant?

The general definition of the state characteristic is the dynamic modulus measured according to CWA15846 (MSZ15846) and the expert-experience weighting of the dynamic compactness.

(State-Parameter Factor, die Zustandsgrössen)

SPF (EN)=ZGF (DE)=2*Ed (Mpa) * Trd where Trd=Trd%/100 (1)

The condition characterizes the adequacy of the given structural layer based on the measured dynamic load-bearing capacity and the measured dynamic compactness. Example: For Ed = 45Mpa and Trd = 0.96, the ground condition mirror (soil) state attribute is ÁF = 2 * 45 * 0.96 = 86 number without dimension.

The ideal condition for planning, self-testing and certification is the introduction of the STATE-PARAMETER FACTOR, which is easy to calculate, and determine with SMART-BC is very fast and inexpensive which helps to increase measurement frequency.

More frequent testing is more representative of the state of the surface and may also allow for statistical dimensioning.

1. table SPF recommended rating limits for public road networks and investments

SPF-State-Parameter-Factor	**Condition denomination**	Bearing example Ed=	Compactness Example Trd%/100	Example SPF value
>300	**Super**	160	0,97	310
>200	**Excellent**	120	0,96	230
>130	**Good**	80	0,96	144
>80	**appropriate**	50	0,93	93
40-80	**to be treated**	40	0,90	72
<40	**unsuitable**	25	0,88	44
<20	**impossible**	12	0,85	21

The adequacy of the load-bearing capacity and compactness of earthworks and granular structures is determined by the profession and the literature in a number of regulations, numerous standards and a number of limits - relative to which the settlements and cracks have occurred in practice.

Greater demands for reliability and accuracy the faults could be avoided.

Attention!

The load capacity is known to be poor when the water content is high. Dynamic compactness also includes the effect of moisture, due to the moisture correction curve. Thus, the soil characteristics, the granular layers, can be evaluated in any condition, NOT only with the optimal water content, but in the above.

Based on the above, the Condition feature includes:- bearing capacity at the current water content

- relative on-site compactness (quality of rolling work)

- effect of moister content on compactness (moister sensitivity of the material)

Where can we use the State-Parameter Factor?

On compacted subsoil, underground foundation level, before, during and after soil improvement, underfloor construction, interlayer and the top of the earthwork, granular base-sublayers, backfill ditches, underfloor, earthwork mirror level. For bridge backfill foundation, backfill construction and backfill mirror-level.

The state-parameter factor assessment assumes that the **other material properties required** are met, that is, certification of the material by performance certificate (eg M2 filling-gravel). Therefore, the scraped material of work holes should only be used if it is suitable for compacting.

Risk:

High-risk locations: special structures, bridge buildings, important parts of line facilities, supporting structures or important environmental reasons.

Medium risk locations: normal risk (average) structure, one-story outbuilding, line facility in general, or environmental criteria are average.

Low risk locations: no structure, no building, walkway, cycle path, or low environmental criteria.

Risk-free areas: Uncovered or green areas, other than the above, with natural drainage.

In risk-free areas, it is sufficient to strive to restore the natural load-bearing capacity and compactness (measurable in advance)

Load: the magnitude and extent of dynamic traffic or static load related to the expected quality of the building or casing over the given lifetime

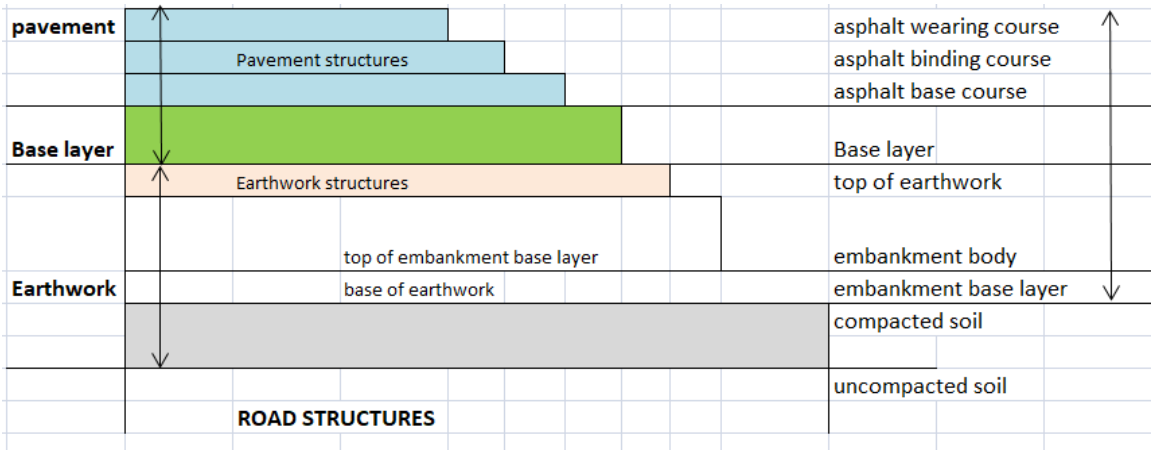
Structural layer: filling under the structure, protective or repairing layer in the structure of base-mirrors, granular substrates, buildings, roads, bicycle paths and footpaths, or under foundation. Non-structural layer: restoration, backfilling, only requirement to avoid waterlogging – or even that.

Function: Another question to be raised is whether the layer providing the appropriate function should have different prescribe characteristics, which may indicate different behavior of the material layer at the same traffic load. This is the case, for example, with the different load-bearing standard requirements for non-bonded pavement eg mechanical stabilizations, crushed base layers with continuous grain distribution. However, there is also an explanation (eg for lean concrete foundation) that these should not be differentiated with the same life expectancy.

Recommendation: The load-bearing capacity and compactness-rate may depend on the location (function) of the structural layer and on the traffic load (footpath / residential road / road). Concerning the degree of compactness, allowing or avoiding the resulting settlement is decisive. If 90% compactness changes to 100% the compaction of the layer is s=100-Trd/4,75=2,1cm/25cm layer, 8,4cm per meter, in case of full consolidation. The question is whether or not this is permissible in terms of the structure placed on it.

For surfaces that are not exposed to traffic and construction loads, only the weight of the backfill is affected, and compaction depends only on it. In such places, aesthetic considerations and water drainage and the risk factor can only be a consideration.

Recommended limits for under construction and public transport facilities:
long-life, everlasting pavement base layer> 300 super
Under the concrete flooring of an industrial hall> 200 excellent
Non-binder base layers:> 200 excellent,> 180 good
EW100U50cm highway and main roads> 200 excellent,> 160 good
EW100B50cm highway and main roads> 130 good
Inferior roads earth mirror> 110 good-appropriate
residential, forest and bicycle paths> 100 good-appropriate
sidewalks, footpaths> 80 appropriate
charge construction> 80 appropriate
Bridge Backfill Construction Filling Body> 150 Good-Excellent
Bridge Refill Construction /Earthwork Mirror> 200 Excellent
utilities refueling during track> 80 appropriate
utilities refueling off track area > 60 permissible

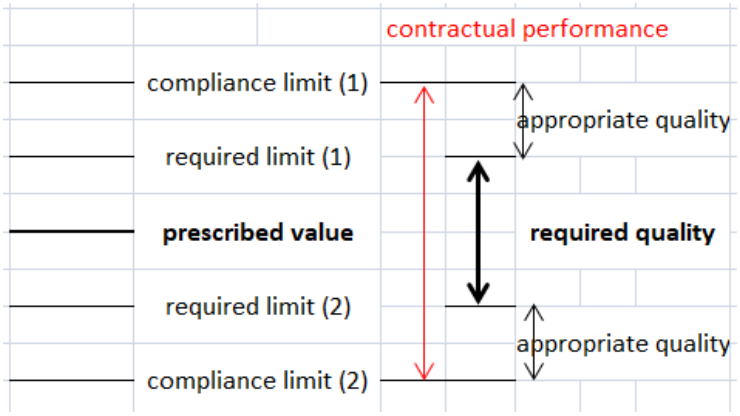


Recommended limits for under-built structures and on municipal road network:
Non-binder base layers:> 200 excellent
Earthwork 100cm -underneath 50cm, main roads> 130 good
Local roads earth mirror> 110 good-fit
Residential roads and cycle paths> 100 good-to-fit
sidewalks, footpaths> 80 suitable
charge construction> 80 suitable
utilities refueling during track> 80 compliant
utilities refueling off track> 60 allowable

Recommended limits for under-built structures, forest roads and cycle paths:
Inferior roads earth mirror> 110 good-fit
residential, forest and bicycle paths> 100 good-to-fit
sidewalks, footpaths> 80 suitable
charge construction> 80 suitable
utilities refueling during track> 80 compliant
utilities refueling off track> 60 allowable

Recommended Limits Under Building Structures (ÉpMI-T-EA-01-27 / 2016)
Buildings and industrial halls:
underground earthwork packing> 90 and even (deviation max 5%) E2> 50 (60)
AJF> 90-108
underfloor recharges (min 20cm) stuff> 97 E2> 80
AJF> 155
on the surface of backfills (upper 50cm) structure, under cover> 95
AJF> 95
recharges (trenches average 1m) under construction, under cover> 90
AJF> 90

COMPLIANCE
values for qualitative evaluation of contract performance:



For design purposes, the soil (eUT06.02.11) shall be characterized with characteristic values that differ from the average of the measured data in favor of safety. The degree of deviation, the standard deviation of data, the extent of the structure to be designed and the extent of the soil affected by the construction activity, the rigidity of the structure and the uncertainty of the design method and the significance of the matter under consideration. For example, the smaller the standard deviation, the larger the slip surface may be at fracture, and the more rigid the structure provides for bridging local differences, and the smaller the damage caused by failure, the closer it is to the arithmetic mean. Unless otherwise specified, the characteristic value Xk may be taken to be the average of the values minus half the standard deviation sx:

$$X_k = \overline{X} - 0{,}5 \cdot s_x$$

In order to evaluate such characteristics, the total of measurements (ie responsible for it) of the facility (structure, structural layer) is required.

2. Composition of SPF, calculation of limit value

Factors influencing condition status factors should and should be standardized. Instead of the present - freely chosen "poetic" limits, they should be filled with content in the tenders. These:

- risk
- load
- structural layer (place of installation)
- function

As with other materials, soils and granular materials are important and must be met during the design lifetime.

A.) RISK:

Class	value of multiplier	description
0	0,8	disinterested
1	1,0	simple, ordinary
2	1,1	low risk
3	1,2	high risk
4	1,4	particularly high risk

B.) Traffic Load:

Class	value of multiplier	description
0	0,8	no charge (no load)
1	0,9	light L
2	1,0	medium M
3	1,2	high H
4	1,4	extra high EH

C.) Structural layer, place of installation:

Class	value of multiplier	description
0	0,8	no function green surface or unpaved surface outside the facility
1	0,9	walkway / cycle path
2	1,0	trolley - residential trek with one trash truck in a week
3	1,1	carriageways - lanes with little traffic
4	1,2	carriageway - main roads with moderate traffic
5	1,3	carriageway - highway or particularly heavy traffic

D.) Layer function, role, load:

Class	value of multiplier	description
0	0,9	backfill / charge intermediate measurement top base layer-1.0 m
1	1,0	backfill / charge -0.5m Top of the Earth
2	1,1	EW-0.2m under the protective layer
3	1,2	on the top of the protective layer in the earthwork
4	1,3	granular base without hydraulic binder min. 60% of crushed material, including crushed concrete Mechanical stabilization
5	1,4	non-hydraulic binder granular base made of 100% crushed material
6	1,7	hydraulic binder pavement layer (CKt4)

Required State-parameter Factor Factor (Required Value) SPF RV = A * B * C * D * 80 (dimensionless number)
Contract performance:
The prescribed limit is ± 10% in max. 10% of cases, and all results are within this range.

Customer specification sample:
A0-B0-C0-D0 Utilities Refills -1.0m in Green Area (SPF > 35)
A3-B3-C5-D4 Highway Bridge Backfill on top of EW100U50 (SPF > 168), of which calculation of E2 = Ed requirement
Ev2 = Ed = ÁJF / (Trg% / 100) / 2 (Example: 168 / 0.97 / 2 = 86.6MPa where the expected compactness is 97%)

3. New ways of interpreting the specifications of tenders, specifications and tenders

In tenders, individual (ad hoc) prescriptions should be avoided whenever possible. On the one hand, there are many professional materials and standards available for reference, and on the other hand, in the case of warranty problems, the Contractor has the opportunity to indicate them as an error in the Customer's specification, as requested by the Customer. The customer is not a standard developer, in principle the tender specification cannot deviate from the standard. How can the tenderer justify it? At present, this is arbitrary, but it may be justified by prescribing the condition factor. Even uncovered areas can be risky if the water drainage caused by the sinking can flood a nearby facility, nursery school or barracks. Thus, it is up to the customer to decide on the criteria for classification - but in this case they do so in a technically justified way.

Let's look at an example: Typically, only the offer documentation (EN 1997-1 Eurocode7 geotechnical design 1 part only recommends) contains the following values on the filling surface (terrain - subsoil):

- Trρ ≥ 85 % compactness-rate (modified)
- Ev2min = 20 MPa bearing modulus
- s ≤ 5,4 cm 5év/50cm réteg

The bid documentation will provide this as qualifying values. While this may be an additional requirement, the reference should again be EN standard (Eurocode 7) (not that), as this is debatable and objectionable. Otherwise, STATUS PARAMETER FACTOR = **34 = DISABLED!**

Thus, in the examples, the current specifications are interpreted as calculating SPF = 2 * E2 * Trg% / 100, but they also illustrate the potential and need for application.
Preventing frequent sinking of bridge backfills would be very important. There are two fundamental problems in this topic: one is to carefully measure the charge-sink during the charge, but we do not know, do not measure, or ignore the charge body compaction. What is the value of settlement? SMART-BC calculates and gives the value of sinking for a 25cm layer over 5 years.

If the degree of compactness after consolidation changes from Trg = 85% to homogeneous 98%, then the delta compactness degree is 13 / (1.25 * 3.8) = 13 / 4.75 = 2.74cm / 25cm it would be. This is 11cm per 1m recharge, which may be due to the optimum water content in five years and the dynamic effects of traffic.

Bridge Backfill (Tender):

Trρ ≥ 97 % compactness-rate

Ev2min = 70 MPa bearing modulus
settlement <= 0,8cm / 1m / 5year
STATUS PARAMETER FACTOR = 136 = GOOD

Embankment construction (Tender)
Example… "the required density of the earthywork in its mass: Trρ ≥ 90 %*
SPF = 36 = UNSUITABLE!
on sidewalks and other paved roads Trg%> 88% *
sinking s = 8.4cm / meter
SPF = 35 = UNSUITABLE!
on highways Trg%> 86%
sinking s = 10.4cm / meter
SPF = 34 = UNSUITABLE!

Bicycle paths and walkways Trg%> 86%
sinking s = 10.4cm / meter
SPF = 34 = UNSUITABLE!
in full cross-section.
* Trg -3% (absolute)% tolerance of 10% of measurements required and certified to certify quality.
Ev2min = 20 MPa bearing module "

Earthwork Design (Tender)
It also lacks the ability to dynamically measure compactness in all versions.
Example: .. Highway with earthwork top 1.0 m:
25 cm (min. 30% crushed material) high grade or high grade antifreeze (Trg> 97% *, upper level E2 ≥ 80 MPa)
sinking s = 0.4cm / 0.5m
SPF = 155 = GOOD
25 cm high grade or high grade antifreeze (Trg> 97% *, upper level Ev2 ≥ 60 MPa)
sinking s = 0.4cm / 0.5m
SPF = 116 = CORRECT

50 cm M1 (good) soil layer ** (Trg> 95%, upper level Ev2 ≥ 40 MPa)
sinking s = 1.3cm / 0.5m
STATE PARAMETER FACTOR = 76 = MANAGED!
* A tolerance of -2% (absolute) of 10% of the measurements required to certify quality shall be allowed. '

COMPACTION

The trial compaction is adequately regulated by the tender when choosing the compaction device (if the optimum water content is within the permissible water content limits). But it did not regulate the choice of measurement method for compactness measurement (the new UME already does). However, measuring the recommended condition factor with the SMART-BC dynamic compactness and load-bearing instrument is a child's play.

Example: "Test compaction shall be made of high-density embankment and topsoil material, obligatory on motorways, expressways, national roads and other roads, in consultation with the Engineer.

The purpose of trial compaction is to select a compaction tool suitable for the soil, its optimal parameter, the number of passages, the thickness of the layer to be installed and the optimum water content of the installation.

The test section should preferably be at the site of installation, and the compactness and load-bearing capacity of the receiving surface should comply with these Technical Specifications and should not be significantly greater than those required by measurements. The test section shall be at least 25 m long and 5 m wide. The number of experiments may be decided by the Contractor depending on the technology envisaged. The selected technology can be finalized with at least 2 to 2 compactness and load capacity measurements. Measurement should be carried out using the method used later. The built-in soil types shall be sampled on site, so that they can be compared with the pre-prepared suitability tests… '

Repair and maintenance of land during construction

Conservation and maintenance work must be carried out on the land during construction - understandably. But it does not include a way to prevent winter damage, spring re-measurements, which must be a prerequisite for the continuity of construction. (Permitted reduction of STATE PARAMETER FACTOR - control)

Construction control, quality requirements, tests

„… The (part of) the earthwork to be covered or transferred shall be inspected by visual inspection, testing and measurements. During the visual inspection, the fact that the work has been carried out and obvious errors must be recorded and the errors thus determined must be corrected. Inspections include sampling, on-site and laboratory testing, quality certification and geodesic measurement. The Contractor shall draw up a Sampling and Conformity Certification Plan for sampling, in tabular and graphic form (or marked on the site plan), and submit it to the Engineer for approval at least 14 days prior to commencement of construction of the earthworks…”

RECOMMENDATION: Requirements for the SPF.

4. Density proportional compactness measurements

In our experience, it always interprets Technical Terms III. Engineer that the *isotopic test method contained therein is mandatory* - as the measurement standard number in the table is given! (including isotopic compactness and compactness test). However, the accuracy (inaccuracy) of the isotopic measurement can be up to +/- 6 Trg%. Of course, the relevant standard does not include this - but reading it is also considered unnecessary. In addition to the binding, detailed instructions of the Tender Technical Specifications.

Therefore, in Hungary the prescription for compactness measurement is the e-UT 09.02.11 (ÚT2-3.103) isotope measurement, although even in Germany the isotopic measurement is not used (see FGSV561), and if isotopic measurement is mandatory, why not use the higher precision MSZ 15320 (which can be measured in 9 directions instead of three - which makes it more accurate), or why not CWA15846 (MSZ15846) the dynamic compactness and load bearing measurement method that is EU standard and much more accurate? We therefore recommend the use of SMART-BC in all projects.

DYNAMIC DENSITY MEASUREMENT CWA15846, MSZ15846, eUT09.02.35 (ÚT2-2.124)

Why is it necessary to determine compactness using a modern innovative dynamic method? With one measurement, the dynamic instrument measures not only compactness but also load capacity. One measurement can be made in one minute. So note:

Traffic load is also **dynamic**. The material compacted by dynamic shocks - as a measurement model - is more accurate than comparing some density to some reference density.

Low cost. Instead of two gauges (SLP Static Load Plate + IDT Isotopic Density Test), one gauge, half the cost of the lab, or twice the amount given, but mostly twice the amount of information. From the result, the bedding factor and the CBR% can be calculated, among many others

All accredited laboratories (including MK NpZrt) have this device and are **accredited** for measurement

More accurate measurement of dynamic compactness: error of +/- 2% at compactness, while error of isotope +/- 6% Ed load measurement +/- 2.6MPa instead of +/- 10%

Dynamic load-bearing capacity averages the EdM standard result from two measurements, while the static load index is only one result and the average is not

More efficient: loads with the traditional LFW (Light Falling Weight) dynamic loading method (but different from the Evd, D = 300mm reel unit, which only produces a load below p = 0.1MPa). For the CWA 15846, the load under the wheel is p = 0.35MPa, which is nearly the same as that used for static wheel measurement. Therefore, the measured load-bearing capacity **Ed is equal to the static Ev2** (published).

Daily Measurement **Capacity**: More than 100 measurements per day, one laboratory is sufficient for measurement, and two main uses for isotopic measurement are standard.

Environmental friendly because it does not use an isotope source. There's no need for people to wear a dosimeter, no isotope storage, no isotope destruction costs. This is what every lab wants to measure.

Fight against terrorism: **not to be used as a threat**, terrorist attack, as an isotope tool.

scientifically proven: the theory of the dynamic compactness measurement method has been published, the measurement has been verified in many international institutes and universities, and the verifications are backed up. The method's repeatability, standard deviation, elasticity test, compression work, density of measured materials, correlation with conventional measurements are confirmed by large sample counts - unlike other instruments for which manufacturers do not publish such publications

Modification of CWA15846 (MSZ15846) opens new chapter for more frequent and extended measurements

RECOMMENDATION: dynamic compactness and load bearing capacity measurement CWA15846, MSZ15846, eUT09.02.35 (ÚT2-2.124), isotopic compactness measurement for compactness measurement e-UT09.02.11 (ÚT2-3.103) and load bearing capacity MSZ 2509-3: 1989 static load bearing capacity economically applicable and much more **accurate** in both cases!

Example:

Roadside (stabilized) measured on top of stabilization	Compactness	Trρ ≥ 96 %	- 2%*
	Bearing module** (and Tt=Ev2/Ev1)	$E_{v2} \geq 65$ MPa $T_t \leq 2,0$ **$E_{vd} \geq 43$ MPa**	- 0 MPa - 0 MPa

SP-FACTOR = 125, that is only CORRECT, instead of "GOOD"

Roadside mesured on top of layer below humus	Compactness	Trρ ≥ 96 %	- 2 %*
	Bearing module ** (and Tt=Ev2/Ev1)	$E_2 \geq 50$ MPa $T_t \leq 2,0$ $E_{vd} \geq 35$ MPa	- 0 MPa - 0 MPa

SP-FACTOR = 96, that is „allowable"

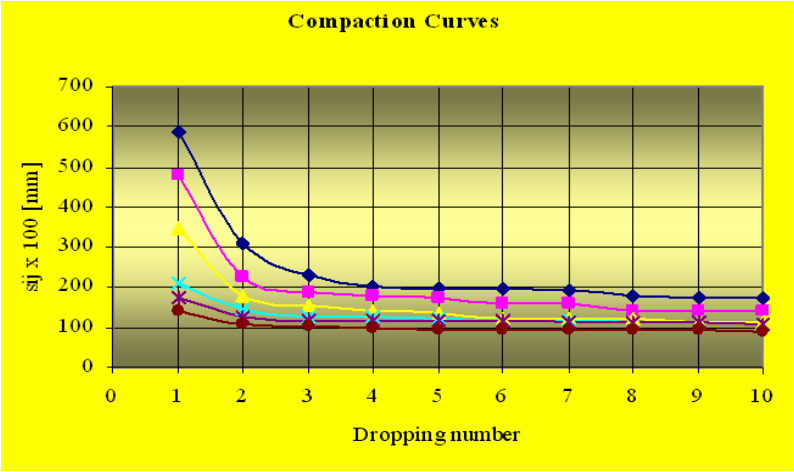
5. Purpose of introduction and determination of State-parameter Factor

In the case of built base layers and foundation structures, the adequacy can be characterized by a single number, without the accumulation of the possible extreme values (eg the load bearing capacity is just right, the compactness is just reaching the limit value).

A number that can be optimized for functions is based on the STATE PARAMETER FACTOR based on expert experience. Avoiding oversizing, which is uneconomical (see the low specification for plan to be economical)
It is possible to extend the service life, since the subsoil and granular layers have a decisive influence on the service life and the long life of the structure built on it. It allows time changes to be recorded and provides new parameters for operation.

<u>The challenge is</u> to make uniform and simple rules based on standard specifications for structural layers. Expert status can and must be validated with the involvement of highly experienced Senior Experts. The SMART BC compactness measurement shall be performed using the full 18 drop (FULL) measurement series.

How does SMART-BC measure the compactness-rate?



This is the deflection at a given point, Sij 0.01mm. You can do this 18 times in a row to complete the FULL sequence, whereby the residual deformation is continuously reduced. This is the deformation curve. Characterizing these residual deformations by a weighted average of the number of drops gives a Dm strain index. The relative on-site compactness degree is TrE% = 100-0.380 * 1.25 * Dm (CWA15846, MSZ15846) and Trd% = TrE% * Trw (the latter is the moisture correction factor for soil moisture).

Finally, Trd = Trd% / 100

$$D_m = \left[\sum_{i=1}^{i=17} d_i * \sum_{1}^{i} SUM\ \Delta s\right] * \frac{1}{17}$$

Calculation of dynamic load capacity (SMART-BC)

$$E_d = \frac{(1-\mu^2)\cdot c \cdot p_{din} \cdot r}{s_a}$$

The dynamic modulus calculation is shown in Figures 4-5-6. is the average of the deformations during the drop. In the formula, ρ= Poisson coefficient, c = Boussinesq disc coefficient, p = load below the disc, r = radius of the disc, s_a = measured descent amplitude.

Regulations, standards, Road Technical Regulation

The measurement is possible with SMART-BC SP-LFWD, application with smartphone running software. Standardization is simple, because the measuring device and its parameters are clearly given, after selecting the measuring method it is possible to fix it by modifying the existing standard (with reference).

MSZ14043 / 2-79 Soil mechanical investigations

The designation of soils from the point of view of soil mechanics is listed under SOIL CONDITION in Section 4 of this standard:

- compactness (very loose, loose, moderately compact, compact, very compact)
- humidity (damp, wet, near saturated, saturated),
- unidirectional compressive strength - Based on unidirectional compressive strength (qu) and plastic index (Ip), the condition of the bound soils can be described (hard, medium hard, soft, very soft)

This CONDITIONAL FACTOR should be distinguished from this professional definition, which is very similar in content, but not a single number, but a limit set at several parameter intervals. The market is

open to solutions worldwide. At present, the two tests are performed on a separate instrument and at a different time, obviously at significantly higher laboratory costs.

The method could be used for Tenders, quality control, municipal travel, interpretation of standards, expert opinions, investigation of life-time problems. Use the SMART BC app to use your smart phone as an instrument. This is why current theoretical development would only involve software development and, of course, measurement and evaluation.

The construction and civil engineering industry is open for application, with engineering offices, designers, engineers, laboratories designing airports, building foundations, railways, roads, track structures - anyone who can carry out the measurements needed for a sophisticated dimension and provide expert judgment or scaling , while providing life science and environmental protection.

There is a clear interest in the operator, developer and investor of the national road network, such as Magyar Közút Zrt. Researchers and universities may also be interested in using status assessments in life science, in characterizing the condition, or in researching and developing its application.

It is recommended to carry out trial analyzes, large sample control tests and their statistical evaluation in R & D & I work - to develop and validate the final method chosen before its introduction.

6. Conclusion

The results of the general introduction of State-Parameter Factor on soil, granular layers **before buliding, during and after construction** with one parameter, with existing fast, accurate measuring device are

- many measured points quickly and cheaply
- one measurement - certification takes just one minute
- linked to a state-specific GPS coordinate (SMART-BC measures GPS LAT-LON to 8 decimal places)
- The use of the rating method can also be used for scaling, and during construction, the Contractor can use it for self-testing if he knows what to achieve.
- sectioning is possible, frequent measurement is possible, up to 20m, side, track or cross section.

Advantages:

After elaborating and validating a large sample size of a rating method, a fast, cheap and secure rating method would become the first in the world,

- the condition factor is capable of quickly and accurately determining the soil
- If required, the accuracy of the rating can be increased if measurements are repeated within 1m
- Existing controls can be easily extended with a new parameter, STATUS-FACTOR, because the SMART-BC device used, the measurement principle, maintenance and calibration are the same, with only one parameter more evaluation capability
- It is impossible to reduce the frequency of static load-bearing measurements, the frequency of isotopic measurements, or the need for these measurements.
- Introducing such a STATUS parameter will revolutionize the rating, drastically reduce the number of current sinks and breaks

With the advancement of digitalization, TC industry and science, instant availability, instant data transfer and drive application, the utility of expected results is significantly increasing and revolutionary progress is being made by public authorities, investors, Magyar Közút NpZrt. Let them live with it and support Hungarian Innovation.

7. Summary

Alltest Instrument Development and Service Ltd. aims to develop and manufacture SMART instruments that can be operated by smartphone applications. The method can be extended to a number of construction instruments. As part of the development, the possibility of defining the Mr Reziliens modulus and the development and incorporation of a "Status characteristic factor" suitable for the complex evaluation of the condition of the earthwork into the application were highlighted. This allows SMART-BC to calculate the GCF status factor in addition to providing many correlations and conversions based on the measured dynamic compactness and load bearing values.

Demonstrating the adequacy of earthworks is one of the most important tasks in the construction industry. There are several methods known both for measuring load-bearing capacity and for determining the compactness, the limits of which must be compared with the measured result. The limits appear in many variations in regulation depending on the structural layer and the load. These are supplemented with water content control, since it significantly affects their value and the water content of the subsoil remains almost unchanged after construction.

The problem is that the construction is always exposed to weather conditions, the time of cover and qualifying measurements can vary, construction stops in winter, after heavy rainfall, control work would be ideal to continue and we could continue.

The launch of this article is the project GINOP217_15_2016_00179 “SMART-BC - Research on the development of a dynamic compactness and load-bearing capacity for a smartphone and development of a prototype”. The condition factor can be determined with a single smartphone device in one minute, thus opening up new opportunities for the Hungarian construction industry.

For the first time in the world, the idea would make it possible to determine the condition of the subsoil at the time of installation, to introduce the concept of "STATE-PARAMETER FACTOR" and to define it in situ. The classification of granular layers of earthworks and track structures throughout the world is based on two main parameters, the measurement of load-bearing capacity and compactness (or degree of compactness). The SMART-BC measurement method is the only one in the world that can determine these two parameters in a series of measurements, using dynamic measurement with a loading pattern similar to traffic load.

In the case of built base layers and foundation structures, the adequacy can be characterized by a single number, without the accumulation of the possible extreme values (eg the load bearing capacity is just right, the compactness is just reaching the limit value).

A function-optimizable number is the "SPF" STATE PARAMETER FACTOR, which was evaluated based on expert-professional experience. Avoiding oversizing, which is uneconomical (see low for how to plan economically). It would be possible to extend the service life, since the subsoil and granular layers have a decisive influence on the service life, the longevity of the structure. It also enables time changes to be registered and provides new parameters for operation.

With the digitalization, the rapid development of the ITC industry and science, the immediate availability, the immediate transfer of data, the utility of the expected results, the usefulness of the expected result is significantly increasing and Hungarian innovation with the use of GIS for SMEs.

We wish You a useful use in your daily work. Let take the opportunity and please support the Hungarian Innovation.

References

[1] http://kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/9_0689_tartalomelem_009_munkaanyag_100331.pdf netes hivatkozások 2019-03-31-i elérhetőségűek

[2] NSZFI Építőipari mérések értékelése, szervezési feladatok http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/bme_talajmechanika_eloadas_jegyzet.pdf

[3] „Az építész- és az építőmérnök képzés szerkezeti és tartalmi fejlesztése” HEFOP/2004/3.3.1/0001.01 Tirpák András. Talajok állapotjellemzői, víztartalom, vízmozgás a talajban, sűrűség, konzisztencia https://docplayer.hu/5492860-Munkaanyag-tirpak-andras-talajok-allapotjellemzoi-viztartalom-vizmozgas-a-talajban-suruseg-konzisztencia-a-kovetelmenymodul-megnevezese.html

[4] MSZ14043/2-79 Talajmechanikai vizsgálatok. Talajok megnevezése talajmechanikai szempontból. http://www.dot.state.mn.us/materials/mr/

[5] Épületek teherviselő talajszerkezeteinek helyszíni tömörség- és teherbírás vizsgálata és értékelési szempontjai ÉpMI-T-EA-27/2016_pv1.0 Építésügyi Műszai Előírás Tervezet

[6] Houston, W.N., Mamlouk, M.S. and Perera, R.W.S., “Laboratory versus Nondestructive Testing for Pavement Design”, ASCE Journal of Transportation Engineering, Vol. 118, No. 2, 1992, pp. 207-222

[7] Primusz P., Tóth Cs., Pethő L. (2016): Alternatív méretezési eljárásokra vonatkozó tanulmány és az alternatív módszerek bevezetését segítő irányelv

[8] Szendefy J. (2009): A hazai talajok szerkezetének és teherbírásának változása meszes talajstabilizáció hatására, Phd dolgozat Budapesti Műszaki És Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar
[9] Szendefy J. (2014): Viacalcoval kezelt talajok laboratóriumi vizsgálata, Geotechnika Konferencia, Ráckeve
[10] Szendefy J. (2017): Kutatási jelentés aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezésének alternatív módszere című tervezői utasítás geotechnikai paramétereinek pontosítására
[11] Vogrig, M. & all. (2003): A Laboratory Technique for Estimation the Resilient Modulus of Unsaturated Soil Specimens from CBR and Unconfined Compression Test, 56th Canadian Geotechnical Conference
[12] Subert – E.Imre -J. Garai – Z.Tompai: Test and Method is Proposed for Measuring the Dynamic Compaction-rate and Dynamic Modulus in Earthworks. Proceedings of the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul 2017. p:4, f:4, R:20, LP,CA
[13] Subert: On-site Proctor carried out with SP-LFWD equipment - pilot experience / Helyszíni Proctor vizsgálat SP-LFWD berendezéssel – kísérleti tapasztalatok. 26. Geotechnika Konferencia Ráckeve. 2016 okt 10-12. p15 CA,
[14] Imre Emőke – Firgi Tibor– Vikker Balázs– Telekes Gábor Hortobágyi Zsolt — Kovács Kornél– Ősz János– Tóth László— Mészáros János— Alföldy-Boruss Márk— Tőrös Endre— Subert István— Csefkó Pál : Energy-hill /Hulladékrakó domb energetikai hasznosítása, szélerőmű alapozása 6. BÁTHORY-BRASSAI KONFERENCIA/ 6. BÁTHORY-BRASSAI Conference 2016 p.:10, t.:8
[15] Subert: Application of Density Correction in Use of Dynamic Falling Weight Devices / Sűrűségkorrekció alkalmazása dinamikus ejtősúlyos berendezéseknél Road-issues Journal/ Útügyi Lapok 16-jan-2016 LP
[16] Subert: CWA15846 Theory of Dynamic-compactness and Modification Beckground / CWA15846 Dinamikus tömörségi-fok elmélete és módosításának háttere. Road-issues Journal/ Útügyi Lapok 15-dec-2015 LP
[17] Subert: Dynamic compactness and bearing capacity measurement - success of a Hungarian measurement method / Dinamikus tömörség és teherbírás mérés – egy magyar mérési módszer sikere. Civil Engineering Science Bulletin / Mélyépítéstudományi szemle dec-2015 LP
[18] Subert: Compactness and bearing capacity measurement methods used in Europe - Portugal report / Európában használatos tömörség- és teherbírási módszerek – Portugáliai beszámoló. Roads Sheets dec 2015 / Útügyi Lapok 2015 dec LP
[19] Subert: The potential impact of inhomogeneity of Road Earthwork Compactness on achievable IRI roughness requirements / Földmű tömörségi inhomogenitás lehetséges hatása az utak új IRI egyenetlenségi követelményének teljesíthetőségére. Lecture and article / Előadás és cikk. 25th
[20] Geotechnical Jubilee Conference Rackeve, 12-14 oct 2015 / 25 Jubileumi Geotechnikai Konferencia Ráckeve 2015 10 12-14 CA
[21] Subert: Self-Control Compaction rate & Bearing Capacity on Stabilization / Önellenőrzés – Stabilizációk tömörség- és teherbírás mérése. Lecture and article / Előadás és cikk. International Conference of Dr Arpad Kezdi 21-05-2015 / Dr Kézdi Árpád Konferencia 2015-05-21 Budapest, Hungary CA
[22] Subert: CWA15846:2008 Modification Draft and Main Background Studies. CWA15846:2008 módosítási javaslat és főbb háttértanulmányai. Engineering Geology – Rock Mechanics 2015 Congress. BMGE Hungary. p.:379-394 CA
[23] Subert: „Method for measuring Compactness-rate with New Dynamic LFWD. XIII. Danube-European Conference on Geotechnical Engineering Ljubljana, Slovenia, 2006. CA
[24] Patent N°43917 Appl-N°0901003253 „Method for In-Situ Determine the Compactness of Grainy Material Layers an Device for Performing the Process" Patent Thailand 24th-04-2015
[25] 200980107701.2-CH „Method for In-Situ Determine the Compactness of Grainy Material Layers an Device for Performing the Process" Patent CHINA. Subert
[26] US008448492B2-USA „Method for In-Situ Determine the Compactness of Grainy Material Layers an Device for Performing the Process" Patent USA. Subert
[27] MA 32569 B1 Procédé permettant de déterminer in situ la compacité de couches de substances granuleuses et dispositif permattant d'exécuter le procédé - Marocco
[28] P 08 00441-HU „Method for In-Situ Determine the Compactness of Grainy Material Layers an Device for Performing the Process" BC2 Patent HU. Subert
[29] P 03 01895-HU „Improved Properties Bedding-basic Course" Patent HU. Subert

[30] EP.1.338.704-EU „Procedure for on-site measurement of the compaction-rate of granular material layers” Patent EU. Subert
[31] P 02 00715-HU „Procedure for on-site measurement of the compaction-rate of granular material layers” Patent HU. Subert

CORCAP – a környezetbarát áruszállítási folyosók kialakítása útján

Dr. Berényi János[1] - Lévai Zsolt[2]

[1]Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
telefon: +36 1 371 5999
e-mail: berenyi.janos@kti.hu

[2]Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
e-mail: levai.zsolt@kti.hu

Kivonat: A cikk az európai áruszállítási folyosók kialakításának környezetbarát módját ismerteti a CORCAP projekten keresztül. A projekt vizsgálati területe a Rostock – Berlin – Drezda – Prága – Pozsony – Bécs/Budapest áruszállítási folyosó, mely korridor a TEN-T és az RFC 7 részét képezi (Orient/East-Med folyosó). A projekt az ezen útvonal mentén szükséges áruszállítási fejlesztésekkel foglalkozik a környezetbarát áruszállítási módok, a multimodalitás és a logisztika feltételeinek javítása érdekében. A célok elérése érdekében a projektpartnerek közös módszertant dolgoznak ki, amelynek elfogadása után a területi szükségletek elemzése következik a résztvevő régiók számára. Ez az elemzés a regionális fejlesztésekre és logisztikai láncra helyezi a hangsúlyt.

Kulcsszavak: áruszállítás, közlekedési folyosók, vasútfejlesztés, vízi közlekedés, CORCAP

Bevezetés

A társadalmi munkamegosztás és a termelés területi megoszlása következtében a munkahelyek egymás közti forgalmában, valamint a termelés és a fogyasztás között a forgalom folyamatában szükséges a félkész- és késztermékek, valamint az áruk továbbítása. Az árufuvarozás minden gazdaságban igen nagy szerepet játszik, mivel a termék csak akkor tölti be rendeltetését, ha a fogyasztóhoz és a felhasználóhoz eljut.

Az áruk szállítása támasztotta közlekedési szükséglet, és önmagában a közlekedés is jelentős terhet ró a környezetünkre azzal, hogy igen magas az alágazat károsanyagkibocsátása. Az Európai Unió szeretné elérni a kibocsátás csökkenését, ezért pályázati forrást biztosít a környezetbarát áruszállítási technológiák, eljárások kidolgozására.

Ilyen pályázati forrást nyert el négy uniós tagállam tíz szervezetének közös pályázata CORCAP néven, mely célul tűzte ki olyan áruszállítási fejlesztések megvalósíthatóságának vizsgálatát, melyek elősegítik a környezetbarát fuvarozási technológiák előretörését. A projekt egyik tagállama Magyarország, ahonnan négy szervezet is képviselteti magát.

A cikk bemutatja a projekt céljait és a célok eléréséhez vezető utat, illetve a projekt jelenlegi állását. A munka 2019-ben kezdődött meg, a befejezés 2023-ban esedékes.

Fontosnak tartjuk azonban, hogy a tényleges bemutatás előtt szót ejtsünk az áruszállítás és a környezetvédelem kapcsolatáról. A cikk első felében ezt tesszük meg, a második felében következik a projekt tényleges bemutatása, külön kiemelve a környezetvédelmi lehetőségeket.

1. Az áruszállítás jellemzői

Az áruszállítási szükségleteket a közlekedés – szállítás folyamatával lehet kielégíteni. Ebbe a fogalomba most beleértjük a csővezetékes szállítást is, mert a vezetékekben áramoltatott anyagok eljuttatása ezek nélkül a többi közlekedési módot terhelné, így a környezettudatosság meghatározásánál számításba vehetők. Ezen kívül a többi szállítási mód is rendelkezésre áll a szállítási szükségletek kielégítésére: a közúti, a vasúti, a vízi és a légi szállítási eszközök biztosítják az áruk eljuttatását a megfelelő helyekre.

Az áruszállítás alapvető jellemzője az áruszállítás sebessége. Ez függ az anyagok tulajdonságától, melyeket szállítani akarunk, illetve az igénybe vett közlekedési eszköztől.

Vannak olyan anyagok, melyek szállítása nem tűr halasztást (például: vérkészítmények), az ilyen szállítások lebonyolítására akár megkülönböztető jelzést használó gépjárművet is igénybe vesznek.

Egyéb esetekben a szállítás sebessége függ a távolságtól és a járműtől. Az, hogy milyen járművet választunk pedig az áru fajtájától. Például az áru állapotában bekövetkező változások az élelmiszerek esetében fontos tényező a választott szállítási módot illetően (hajó vagy repülő).

Az ipari termelés globalizáltsága miatt a nyersanyagok és (félkész-)termékek adás-vétele világméretű, így a szállítási útvonalak az egész világot behálózzák.

A szállítási piac teljesen liberalizált, így a jelen lévő fuvarozó cégek száma jelentős és minden fuvarfeladatra új szerződés köthető. Ez abból a szempontból érdekes, hogy így megnő az üresfutások száma (például minden új feladathoz a szállító járművet oda kell küldeni a feladási helyre, majd a rendeltetési helyről haza kell hozni), mely környezeti szempontból további terhelést rak az amúgy is jelentős kibocsátó közlekedési szektorra.

1.1 Az áruszállítási sebesség és a környezettudatosság kapcsolata

Általánosan igaz, hogy a sebesség növelése energiabefektetést igényel. A minél nagyobb sebesség elérése csak az elfogyasztott üzemanyagok növelése árán lehetséges. A nagyobb üzemanyagfogyasztás pedig a környezeti károsodás mértékét növeli a kibocsátott mérgező gázokon keresztül.

A környezettudatosság két tényezőn keresztül érhető tetten. Egyrészt a vásárlás és a felhasználás helyének megfelelő megválasztásán, másrészt a szállítás módjának környezettudatos kiválasztásán.

A vásárlás (termelés) és a felhasználás helye legyen a lehető legközelebb egymáshoz. Ebben az esetben a legkisebb szállítási távolságot kell megtenni, így csökkenthető a közlekedési eszközök károsanyag kibocsátása. A gazdasági társaságoknak is alapvető érdekük, hogy kiadásaik minél alacsonyabbak legyenek, melynek része a szállítási költségek minimalizálása.

A másik tényező a tudatos szállítási módválasztás. Ez, véleményünk szerint jelentős szemléletváltozást igényel. Egyrészt az ilyen fuvarok megszervezése néha többletmunkával jár, másrészt nem biztos, hogy ez jelenti az olcsóbb megoldást.

Mindkét esetben a vásárolni (felhasználni) kívánt áru elérhetősége jelentős szerepet játszik abban, hogy egy cég tud-e, illetve akar-e élni a fenti lehetőségekkel.

A másik jelentős befolyásoló tényező a közlekedési módok rendelkezésre állása. Nem biztos, hogy a környezetkímélőbb közlekedési eszköz rendelkezésre áll a szállítás tervezett időpontjában (például nem indul tengerjáró hajó adott időpontban az áru elszállításához), így bármennyire is akarnánk, nem tudunk környezettudatosak lenni.

Az ipari termékek nagy része azonban nem romló áru (például: gépalkatrész, ruhanemű, stb.), így a gyorsaság nem kiemelkedő szempont az áru fuvarozásakor. Ebben az esetben a cégek lehetnek környezettudatosak és például a lassabb, de környezetkímélőbb vasúti fuvarozást részesíthetik előnyben a gyorsabb, de környezetszennyezőbb repüléssel szemben.

A kényelmi és gazdasági megfontolások okán az áruszállítás Európában leginkább közúton bonyolódik. Az úton lévő rengeteg kamion károsanyag kibocsátása jelentős, nem is beszélve a túlzsúfolt utak miatt bekövetkező forgalmi torlódásokról. Ez a jelenség negatív hatással van az árufuvarozási sebességre, a dugókban álló és araszoló nehézgépjárművek károsanyag kibocsátása kimagasló, ugyanakkor a produktivitás alacsony. Ez semelyik fuvarozó cégnek nem válik előnyére.

1.2 Áruszállítási folyosók Európában

A hatalmas áruszállítási igény európai megoldására az Unió adminisztratív intézkedésekkel próbál reagálni. Ilyen megoldás volt a páneurópai közlekedési folyosók létrehozása, melynek határozott célja volt az európai szállítási útvonalakon a sebesség emelésének lehetősége.

Az ilyen folyosók a Transzeurópai hálózat (Trans European Network [TEN]) közlekedési folyosói (TEN-T; T = transport). Ezeknek a folyosóknak meghatározták a közúti, a vasúti és a vízi útvonalait.

A folyosók kialakításának célja volt, hogy azokon az áruszállítás előnyben részesüljön, így a sebességet növelni lehessen. A sebességemelés lehetséges módjai vagy a szállító járművek sebességének emelése (például a tehervonatok legnagyobb sebességének felemelése 160 km/h-ra), vagy a pályák (infrastruktúrák) átalakítása (például olyan vasútvonalak kijelölése, építése, melyeken csak tehervonatok közlekednek), vagy pedig adminisztratív intézkedések meghozatala.

Természetesen ez utóbbi a legkönnyebben kivitelezhető és legolcsóbb megoldás. Az eredmény a kijelölt útvonalakon a teherszállítás előnyben részesítése lett a személyszállítással és az egyéni közlekedéssel szemben. Kérdésként merül fel a személyszállító társaságok reakciója ezekre az intézkedésekre. Azt sem szabad elfelejteni, hogy a környezettudatosság nem csak az áruszállításban szükséges, hogy kialakuljon. A személyszállítás területén hasonlóak az elvárások: a repülés helyett például a vasúti közlekedés tudatosabb használata. Ennek azonban feltétel a még gyorsabb vasúti személyszállítás kialakítása például olyan vonalakon, ahol a vasúti teherszállítás élvez elsőbbséget.

2. Áruszállítás és környezetvédelem

Mint azt az 1.1 pontban már említettük a fuvaroztató cégek sokat tehetnek azért, hogy az áruszállítás környezeti terhelése csökkenjen. Ebben a fejezetben azt mutatjuk be, hogy milyen megoldások vannak a közlekedési módválasztás mellett a környezet védelmére.

2.1 Egységrakomány-képzés

A nagy mennyiségű homogén áruk szállítása, a rakodások megkönnyítése és idejük csökkentése, valamint az áruvédelem okán alakult ki az un. egységrakomány. Az egységrakományok képzése különböző eszközökkel valósul meg, ilyenek lehetnek:

- rekeszek,
- rakodólapok,
- big bag (felxibilis szövetkonténer),
- konténerek,
- tartályok.

Az egységrakományok inhomogén anyagokból is képezhetők (például konténer esetén többfokozatú egységrakomány-képzéssel), így több anyag egyszerre történő szállítása is megoldható, ezáltal kevesebb szállítási szükséglet merül fel. Ezzel a megoldással máris léptünk egyet a környezetvédelem terén, hiszen így csökkenthetők a légkört terhelő káros anyagok.

Ugyancsak az egységrakomány-képzésnél merül fel a csomagolási környezetvédelem. Az egységbe, különösen a zárt egységbe (például: konténer) foglalt áruk ennek a „csomagolásnak” köszönhetően még védettebbek a környezeti hatásokkal szemben, illetve a környezetet is jobban védjük az áruk veszélyes hatásaitól. Egy bekövetkező balesetnél a konténer lehet, hogy megvédi az árut a sérüléstől és így például a veszélyes környezeti reakciótól.

2.2 Kombinált fuvarozás

Amennyiben az áruszállítási folyamatot a benne résztvevő közlekedési módok száma szerint osztályozzuk, akkor beszélhetünk közvetlen (egy közlekedési móddal történő, átrakás nélküli) és összetett (több közlekedési mód részvételével lebonyolított és átrakásos) fuvarozásról. Az összetett szállítási mód felosztható hagyományos és kombinált szállítási módokra.

A kombinált (multimodális) szállítás esetén egy szerződés keretében két vagy több szállítási alágazat vesz részt egy adott szállítási feladat megoldásában, az áru egy szállítási egységben jut el a feladótól a címzettig.

Kombinált fuvarozás esetén nagy szerep jut az egységrakományoknak. Ebben az esetben ugyanis nem magát az árut rakják át az egyik járműből a másikba, hanem az árut magába foglaló egységet mozgatják speciális rakodóberendezések segítségével, vagy magát az egyik fuvarozó járművet teszik fel egy másik járműre (pl. kamiont vasútra, vasúti kocsikat hajóra).

A kombinált árufuvarozás nagy előnye, hogy a közút mellett környezetbarátabb közlekedési módokat (vasutat, hajózást) is igénybe vesz, így járulva hozzá a fenntartható fejlődéshez.

2.3 Környezetkímélő áruszállítási módok

A fuvarozási módok után ebben a pontban röviden kitérünk a környezetkímélő áruszállítási módokra. Valószínűleg nem okozunk meglepetést a vasúti és a vízi szállítási módok ilyen kiemelésével.

Kérdésként adódik a közúti teherfuvarozás és a dízel vasúti vontatás összehasonlítása. A Széchenyi István Egyetem és a KTI mérései szerint teljesítmény-egységre vetítve a dízel vontatás károsanyagkibocsátása fele akkora, mint a közúté. A villamos vasúti vontatás esetén az arány még kedvezőbb [1].

A másik fontos mutató a zajterhelés. Az Egyetem megállapításai szerint teljesítmény-egységre vetítve a két alágazat kibocsátása megegyezik. A vasút előnye itt abban áll, hogy a vasúti pályák kevesebb települést érintenek, így a zajhatás nem olyan nagy mértékben észlelhető [1].

Meg kell említeni a kombinált fuvarozás esetén használt átrakók környezeti terhelését is. Ilyen átrakók már meglévő infrastruktúrán (például: teherpályaudvaron) történő kialakítása nem csökkenti a környezeti terhelést, ugyanakkor új telepítés esetén a hatás kedvezőbb lehet, mely leginkább az alkalmazott technológia függvénye.

A hajózás a legcsendesebb és legkörnyezetkímélőbb szállítási mód, ugyanakkor a leglassabb is. A károsanyag kibocsátás jelentősen függ a megengedett merüléstől. A vízi utak esetében fontos tehát annak biztosítása, hogy a hajók teljes merüléssel közlekedhessenek. Az erre vonatkozó számításokat [2; 5. fejezet] tartalmazza.

3. CORCAP – a környezetbarát áruszállítási folyosó

Az észak-déli irány mindig is jelentős kereskedelmi útvonal volt Európában. Az észak-német kikötővárosokból ezen az útirányon át érkezett az áru Közép-Európába. A közlekedési útvonalak, hálózati elemek kialakítása is ennek megfelelően történt. A 19. század végén – 20. század első évtizedeiben épített utak és vasútvonalak követték ezt az irányt, így például közvetlenül el lehet jutni vasúton Budapestről Rostockba. Hozzá kell tenni, hogy napjainkra az áruszállítás iránya megfordult, és a dél-keletről érkező áruk fő irányvonala ez a folyosó Németország felé.

A CORCAP projekt ezt az áruszállítási folyosót fedi le, és próbálja környezetbaráttá tenni. Itt elsősorban a közúti szállítás más alágazatra történő átterelésére lehet beszélni. Az előző pontban bemutatott környezetkímélő szállítási módok miatt az átterelés leginkább a vasút és a hajózás felé lehetséges, illetve az ezek igénybevételével zajló kombinált szállítás jöhet szóba.

3.1 A projekt indulása

3.1.1 Projekt ötlet

Az Orient / East-Med TEN-T szállítási folyosó köti össze az Észak-Európa nagy tengeri kikötőit Közép- és Délkelet-Európával. A folyosó a szűk keresztmetszetét képezi azonban a Drezda-Prága közötti, az Elba völgyében vezető vasúti szakasz, amely feloldására csak egy új nyomvonalon vezetett vasútvonal létesítésével képzelhető el. Ez a tervezett új vasútvonal szakasz lehetővé teszi az egész szállítási folyosó kapacitásának emelését, vagyis így nagyságrenddel több árut lehet vasúton szállítani lényegesen gyorsabban, mint ma.

Ezen helyzet alapulvételével a német Szászország tartomány Belügyminisztériuma (a pályázat megnyerését követően ez a minisztérium lett a vezető partner, 2020-ban szerepét a Regionális Fejlesztések Minisztériuma vette át) több érdekelt szervezettel összefogva egy Interreg-projektet kezdeményezett 2017-ben annak céljából, hogy az áruszállítás és a logisztika területén az érdekeltek együttműködése erősödjön a Hamburg / Rostock-Drezda-Prága-Bécs/Pozsony-Budapest tengelyen, valamint a TEN-T folyosók beágyazása történjen meg az érintett országok regionális fejlesztési stratégiáiba. További elvárás még a Duna, az Alpok és a Balti-tenger makroregionális stratégiai területei közötti összeköttetés javítása is. A benyújtott pályázat a „Cooperating on transport to better connect CENTRAL EUROPE" prioritás csoportban elfogadásra került, és ennek megfelelően a munka 2019-ben megkezdődött. A befejezés céldátuma: 2022.

A munkában az alábbi projektpartnerek vesznek részt:

- Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung (Szász Regionális Fejlesztési Minisztérium) – Németország;
- Sächsische Binnenhäfen Oberelbe Gmbh. (Felsőelbai szász kikötők szövetsége)– Németország;

- Rostock Port (Rostocki kikötő)– Németország;
- Eisenbahnneubaustrecke Dresden – Prag EVTZ – Németország;
- Ústecký Kraj (Ústi kerület) – Csehország;
- Kordis JMK – Csehország;
- Inštitút Priestorového Plánovania – Szlovákia;
- Budapesti Szabadkikötő Logisztikai Zrt.;
- Győr – Sopron – Ebenfurthi Vasút Zrt.;
- KTI – Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.

A projekt a következő szempontokra összpontosít:

- stratégiai tervek kidolgozása a folyosóhatások felhasználására,
- „folyosó-kapitalizációs" tervek,
- az érintett logisztikai csomópontok megerősítése,
- a szállítási kínálat megerősítése és fejlesztése.

3.1.2 „Folyosó-kapitalizációs tervek", mint a regionális fejlesztést szolgáló eszköz

A projekt keretein belül a „folyosók kapitalizációs terveit" kell kidolgozni a TEN-T folyosók mentén a kiválasztott határokon átnyúló szakasz területekre. Különösen azok a szakaszok fontosak, amelyekben a közlekedési infrastruktúrában tervezett beruházások jelentősen javítani fogják a határmenti régiók regionális és régiókon túlmutató elérhetőségét.

Ezek a tervek megmutatják, hogy a TEN-T folyosók mentén a közlekedési infrastruktúrába történő beruházások, az ebből következő kapacitásnövekedések és az ebből fakadó minőségjavulás hogyan képes befolyásolni a regionális fejlődést.

A CENTRAL EUROPE együttműködési térségen belül a TEN-T folyosó befolyási területén a következő határokon átnyúló szakaszok és határ menti területek (fókuszterületek) vizsgálatát irányozta elő:

- DE-CZ: Az új Drezda-Prága vasútvonal szakasz, kapcsolódó határmenti területek: Szászország, és Ústecký kraj
- AT-CZ-SK: Brno-Bécs / Pozsony; kapcsolódó határmenti területek: Jihomoravský kraj, Bratislavský kraj, Alsó-Ausztria
- AT-SK-HU: Bécs / Pozsony-Budapest; kapcsolódó határ menti területek: Burgenland, Győr-Moson-Sopron megye, Bratislavský kraj
- PL-CZ-SK: kapcsolatok a balti-adriai és a Rajna-Duna folyosókkal; kapcsolódó határ menti területek: Śląskie vajdaság, Moravskoslezský kraj, Žilinský kraj
- CZ-AT: České Budějovice-Linz, összeköttetés a Nyugat-Balkánnal; kapcsolódó határ menti területek: Jihočeský kraj, Felső-Ausztria.

A folyosó-kapitalizációs tervek kidolgozását szorosan össze kell kapcsolni a meglévő stratégiákkal és vizsgálatokkal. Ez vonatkozik például:

- nemzeti és regionális területrendezési és területfejlesztési tervekre,
- regionális logisztikai stratégiák, kiválasztott helyek fejlesztési stratégiáira, figyelembe véve a területrendezés és a regionális fejlesztési politikák szempontjait,
- stratégiák a városi csomópontok elérhetőségének javítását szolgáló stratégiákra,
- a határokon átnyúló szállítási és keresleti potenciál azonosítására irányuló vizsgálatokra,
- a vasúti árufuvarozást a régiók versenyében erősítő műszaki és szervezeti megoldások vizsgálatára.

A magyarországi partnereket mutatják az 1 – 3. ábrák.

3.2 A projekt működési területe és célja

A projekt vizsgálati területe kiterjed az Orient/East-Med áruszállítási folyosóra, illetve a folyosó mentén a multimodalitás és a logisztika feltételeinek javítási lehetőségeire. Jelentős kérdésként merül fel a folyosó környezetbarát szállítási módjainak (vasút és vízi út) átbocsátóképessége. A projekt működési területét mutatja a 4. ábra.

1. ábra: A Budapesti Szabadkikötő: A BSZL és az MLSZKSZ székhelye (forrás: https://www.magyar-logisztika.hu/negy-orszag-dolgozik-egyutt-a-budapest-rostock-kozotti-aruszallitas-fejlesztesen/)

2. ábra: Sopron Terminál: A GySEV Zrt. székhelye (forrás: http://iho.hu/hir/teljesen-kesz-a-soproni-gysev-cargo-kozpont-141201)

A projekt eredményeként megoldások és javaslatok kerülnek megfogalmazásra műszaki és szervezési szempontokból a szárazföldi és a tengeri áruszállítási lánc összekapcsolása, valamint a kombinált szállítási módok fejlesztése és megerősítése érdekében az Orient/East-Med szállítási folyosó mentén. Az Európai unió törekvése az intermodális szállítási lánc kiterjesztése az egyes kikötők és vasúti csomópontok között. A folyosó-kapitalizációs tervek kidolgozása során elért eredményeket és ajánlásokat fel kell használni a regionális és adott esetben a nemzeti tervek és programok frissítéséhez való hozzájárulásként. Ez vonatkozik az árufuvarozás és a logisztika ágazati terveire és programjaira, valamint a nemzeti és regionális területi tervezésre és a területfejlesztési tervekre.

A TEN-T hálózat mediterrán törzshálózati folyosója (MED) jelentős vasúti teherforgalmat bonyolít le. A folyosó vasúti szempontból szűk keresztmetszetei a Drezda – Breclav vonalszakasz és Budapest vasúti áteresztőképessége. Az elmúlt időszakban a Breclav – Prága vonalszakasz átépült, de a Prága – Drezda szakasz még nem. E szakasz alacsony kapacitása nem teszi lehetővé a vonatforgalom növelését, emiatt az áruszállítás sebessége alacsony és a vasúti áruszállítás nem versenyképes. A vonalon a személyforgalom is jelentős, mert a vonal a Budapest – Pozsony – Prága – Berlin – Hamburg személyszállítási folyosó része is. A vonal kapacitása nem teszi lehetővé jelentősen több tehervonat leközlekedtetését, így az EU törekvése az intermodális szállítások terén akadályba ütközik.

Magyarországra vonatkozólag a CORCAP projekt a Rajka – Győr – Budapest vasútvonalra és a Duna vízi útjára terjed ki. A KTI az országos célforgalmi mátrixok összeállításakor megállapította, hogy a

legforgalmasabb vasúti áruszállítási határátmenetek Hegyeshalom és Rajka, és a legtöbb vasúton fuvarozott áru Budapestet is érinti (5. ábra) [3].

3. ábra: A KTI székhelye (forrás: https://www.interreg-central.eu/Content.Node/Kick-off-meeting-in-Budapest--Hungary-1.html)

A tervek kidolgozásának kiindulópontja a közlekedési infrastruktúrák térbeli és társadalmi-gazdasági hatásainak szisztematikus értékelése, amelyekre a projekt keretében a résztvevők közös módszertant dolgoznak ki. Mintaként az új Drezda-Prága vasútvonal makrogazdasági hatásainak elemzése szolgált, amely során a következő kérdéseket kellett megvizsgálni:

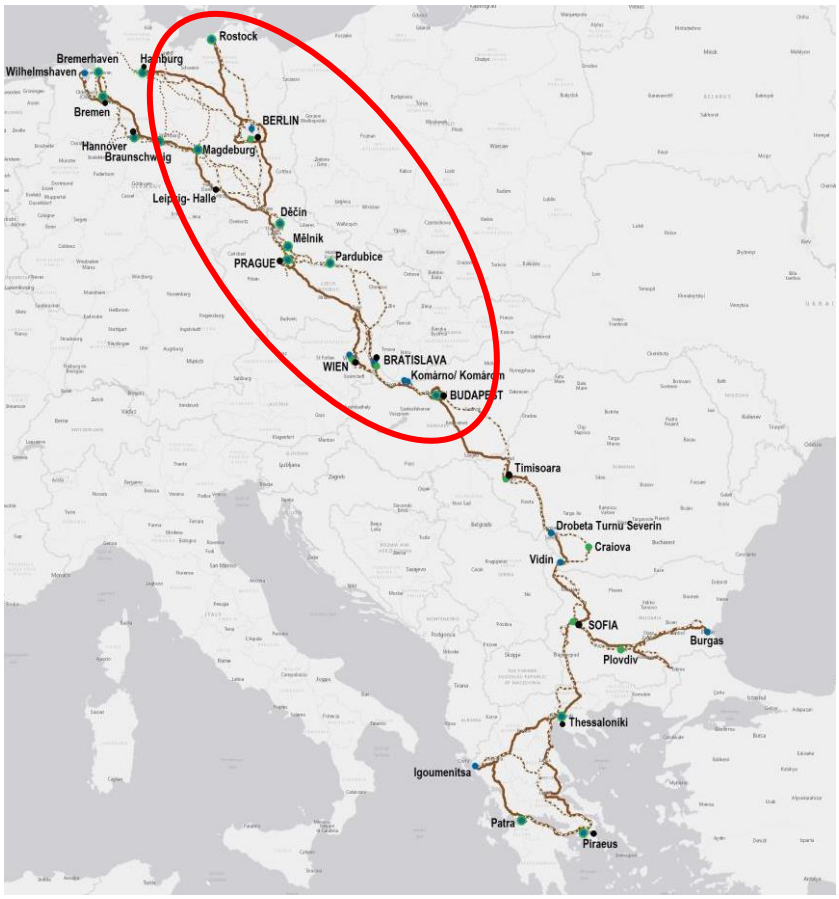
- hozzáférhetőség elemzése a távolsági és a regionális vasúti közlekedésben;
- társadalmi-gazdasági és térbeli hatások, a települési struktúrákra, a demográfiára, a munkaerőpiacra, valamint a gazdaságra és a fejlesztési lehetőségekre, ezek hatásai a határ menti régiókban;
- az áruszállítás és a logisztika hozzáférhetősége;
- klímahatások, légszennyezés, zajkibocsátás, közlekedésbiztonság.

Elvileg minden egyes fejlesztési tervet olyan kérdésekre és kihívásokra kell irányítani, amelyek helyi és regionális szempontból kiemelkedően fontosak a vizsgált terület számára, annak érdekében, hogy tovább erősítsék és fejlesszék a kutatási terület funkcionális koherenciáját.

A projekt szakmai kivitelezése kapcsán az alábbi neuralgikus pontokat határozhatók meg:

- a beavatkozáshoz szükséges engedélyezési folyamatok elhúzódása,
- a beavatkozáshoz szükséges pénzügyi fedezet elégtelensége,

- a politikai támogatás elmaradása.



4. ábra: A CORCAP projekt működési területe (forrás: https://www.interreg-central.eu/Content.Node/RFC7-Transport-Market-Study.pdf, 48. o.)

3.3 Eddig elvégzett és folyamatban lévő feladatok

A célok elérése érdekében a projektpartnerek közös, az előző pontban meghatározott módszertant dolgoztak ki és fogadtak el a KTI témavezetésével. Ez a módszertan nagy segítség a munka elvégzésének menetében és a különböző feladatok egységes értelmezésben [4].

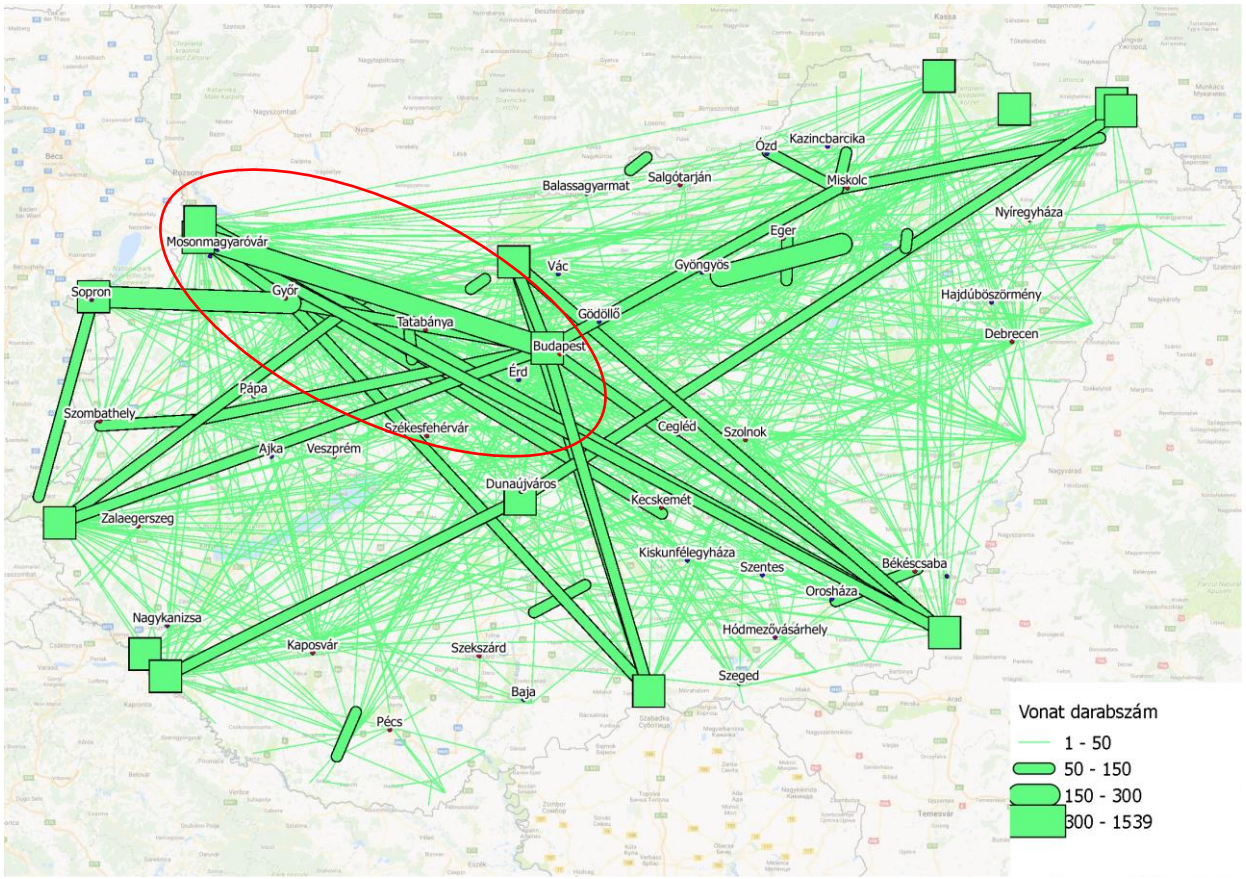
A módszertan kidolgozása után a következő lépés a területi szükségletek elemzése a résztvevő régiók számára, a regionális fejlesztésekre és logisztikai láncra fókuszálva.

A vizsgálat a következő kérdésekre kell, hogy választ adjon:

- Hogyan működik a jelenlegi rendszer területenként? (területi elemzés)
- Mik helyi szinten az elvárások, tervek, kihívások és szükségletek?
- Mely részprojektek finanszírozhatók?
- Milyen új eljárások alkalmazhatók?
- Kik legyenek bevonva a projektbe helyi szinten?
- Milyen pilot projektek valósíthatók meg?
- Milyen kapcsolat mutatható ki ezen projekt és egyéb transznacionális elemzések között?

Ezekre a kérdésekre a KTI által elkészített módszertan alapján tudnak válaszolni a projektpartnerek az általuk készítendő tanulmányban. A módszertan a tanulmányt az alábbi főbb fejezetekre osztja:

- jelenlegi helyzet elemzése,
- áruszállítási trendek bemutatása (trendelemezés, időtáv 2020-2030/2050),
- tervezett fejlesztések bemutatása (dokumentumgyűjtés),
- a szükséges fejlesztések bemutatása (melyekre még nem készült dokumentum és e projekt keretében megvalósíthatók),
- partnerek elemzése és bemutatása.



5. ábra: A magyar vasúthálózaton közlekedő tehervonat-forgalom honnan-hová viszonylatainak száma 2015 októberében (forrás: [3] 30. o.)

A szükséges elemzés elkészítéséhez felhasználható eszközök és módszerek:

- kérdőív és konzultáció,
- statisztikák,
- partner workshopok,
- létező tanulmányok és dokumentumok elemzése,
- szakértői interjúk,
- alvállalkozók bevonása.

3.3.1 A jelenlegi helyzet elemzése

A jelenlegi állapot felmérése és a problémák azonosítása a szakma, az érintett érdekcsoportok és a társadalom lehető legszélesebb körű bevonásával zajlik annak érdekében, hogy minden gondolat, vélemény és javaslat összegyűjtésre kerüljön, elősegítve a szakmai célok és intézkedések megfelelő kialakítását.

Szükséges meghatározni a terület földrajzi helyzetét, határait (természetes és adminisztratív), domborzatát. Ez fontos, hogy meg tudjuk határozni a kapcsolódó területeket is. Be kell mutatni, hogy a CORCAP által nevesített szállítási folyosó a hol halad át a területen és milyen vonzáskörzetei vannak a területen belül. A vonzáskörzet meghatározásánál ki kell térni arra, hogy a tervezett folyosó a területen vagy közelében hol kapcsolódhat már létező TEN-T illetve RFC korridorokhoz.

Szükséges vizsgálni a területen elhelyezkedő intermodális csomópontokat, terminálokat és azok kapcsolódási pontjait a tervezett folyosóhoz.

Szükséges a szűk keresztmetszetek feltárása, illetve az akadályok (adminisztratív, természetes, műszaki [például autópálya, repülőtér hiánya]) bemutatása.

Fontos jellemző a terület infrastruktúrájának leírása. A projekt jellegéből adódóan elsősorban a közlekedési infrastruktúra bemutatása szükséges. Minden közlekedési ág (közút, vasút, légi, vízi) bemutatása szükséges. Közút esetén: autópályák, elsőrendű főútvonalak, városi elkerülő utak, ipari

központok közúti kapcsolata. A vasút esetén: a területen áthaladó vasútvonalak jellemzése (vágányok száma, villamosítottság, sebesség), milyen nemzetközi/belföldi útvonalon fekszik, főbb vasúti csomópontok, rendezőpályaudvarok elhelyezkedése, főbb ipari létesítmények vasúti kapcsolatai. A légi közlekedés esetén: a területen található repülőterek bemutatása (elhelyezkedés, utasforgalom, áruforgalom, a repülőtér besorolása, fogadható gépek), a légiforgalom által kiszolgált terület. A vízi közlekedés esetén: a területen található vízi utak (természetes és mesterséges), hajózási útvonalak, kikötők bemutatása, kikötők forgalma, milyen hajók fogadására alkalmas. Meg kell jelölni a multimodális terminálok helyét, illetve be kell mutatni milyen közlekedési módok között lehetséges az átrakás. Az egyes közlekedési ágak bemutatásánál ki kell térni, hogy milyen nemzetközi útvonalak érintik a területet, illetve ezeken milyen nemzetközi forgalom zajlik.

A megfelelő elemzés elkészítéséhez be kell mutatni a területen jelen lévő ipari termelés volumenét. Meg kell határozni, hogy hol vannak a területen a főbb kibocsátó pontok és célállomások. Ehhez be kell mutatni a területen működő cégeket. Az igénymegismerés céljából ismertetni kell főbb tevékenységi körüket. Lehetőleg minden nagyobb cég bemutatásra kerüljön a termelő ágazat, a logisztika és a közlekedés területéről. Logisztikai cégek esetén mutassuk be a raktározási és elosztási pontokat is. A teljességhez hozzátartozik az ipar mellett a mezőgazdaság bemutatása is. Itt is szükséges azon cégek bemutatása, amelyek jelentős szállítási teljesítménnyel rendelkeznek.

A cégek bemutatásakor ki kell térni az áruszállítási teljesítményeikre is. Be kell mutatni a keletkező áruszállítási volument, illetve, hogy a terület cégei hova szállítanak árut és milyen útvonalon, valamint ez érkező áruk honnan jönnek és milyen útvonalon. Be kell mutatni a szállított áruféleségeket, illetve azok fuvarozási módonkénti megoszlását.

A meghatározott logisztikai központjainak részletes bemutatása szükséges (felszereltség, rakodó eszközök, közlekedési kapcsolatok). Ki kell térni a jelenlegi működési rendre, a rakodó berendezések kapacitására, a szűk keresztmetszetek bemutatására.

Ezeken kívül a megfelelő helyzetelemzéshez szükséges a jelen helyzetből adódó problémák azonosítása, annak érdekében, hogy a projekt megfelelő megoldásokat tudjon javasolni a korszerűsítésekre és fejlesztésekre vonatokzólag.

A módszertan a helyzetelemzésre a SWOT analízist ajánlja, mint megfelelő összehasonlító módszert.

3.3.2 Áruszállítási trendek vizsgálata

A jelenlegi helyzetből kiindulva meg kell határozni az áruszállítási trendeket. Ez a szükséges beruházások miatt fontos. Az elemzés két időtávra készül el: a rövidebb 2030-ig, a hosszabb 2050-ig. Az elemzés során érdemes kitekinteni az EU globális trendjeire, illetve az egyes cégek igényeire is. A cégek igényeinek felmérésekor meg kell becsülni az esetlegesen várható új igényeket, de az esetlegesen megszűnőket is. Vizsgálni kell, hogy vannak-e tervben a területen jelentős ipari beruházások, illetve milyen elvárások vannak a területet illetően az esetleges gazdaságélénkítő tervek/intézkedések hatására.

3.3.3 A tervezett fejlesztések bemutatása

Az elemzés következő lépése a területre már tervezett fejlesztésekre vonatkozik. Ezekről már dokumentumok készültek, ezeket össze kell gyűjteni és be kell mutatni, illetve ismertetni kell, hogy adott dokumentum milyen szintre vonatkozik (nemzeti/regionális/helyi/nemzetközi). A dokumentumok alapján meg kell határozni a fő fejlesztési lépéseket és azok megvalósulási, végrehajtási ütemét. Részletesen be kell mutatni a területen megvalósuló pilot projekteket (mind a már befejezetteket, mind pedig a folyamatban lévőket).

A folyó és a tervezett fejlesztések bemutatása azért fontos, hogy elkerülhetők legyenek a párhuzamosságok más folyó projektekkel és a CORCAP a meglévő, de még meg nem oldott problémákra, szűk keresztmetszetekre tudjon fókuszálni.

3.3.4 A szükséges fejlesztések bemutatása

Az előző pontokban bemutatott helyzetelemzés alapján meg kell határozni azokat a területeket, ahol beavatkozásra van szükség. A beavatkozási területek meghatározása mellett ugyancsak fontos meghatározni, hogy mik a régió kihívása a jövőbeni trendek tekintetében. A beavatkozások ismertetése után be kell mutatni az erre reagáló jövőbeni fejlesztéseket, melyek a CORCAP projekt keretében

megvalósíthatók. A jobb áttekinthetőség miatt a módszertan javasolja a szükséges fejlesztési pontok térképen történő megjelenítését (közlekedési kapcsolatokkal).

A szükséges fejlesztések között szerepelhetnek az áruszállítási igények kielégíthetőségére tervezett, dedikált áruszállítási útvonalak (nagysebességű vasúti áruszállító útvonalak), illetve a régió összeköttetéseinek javítására kitűzött fejlesztések is. Fontos, hogy a készítők kitérjenek a közlekedési fejlesztések hatására bekövetkező kapacitásbővülés kihasználásának bemutatása.

A fejlesztések üzleti modelljének bemutatása kötelező elem. Kiemelt jelentőségű fejlesztések prioritásának, időrendjének és egymásra épülésének bemutatása annak érdekében, hogy ne különálló fejlesztések valósuljanak meg, hanem egymásra épülők, egymást kiegészítők.

3.3.5 Partnerek elemzése és bemutatása

Alapvetően a régiók a projekt relevanciája szempontjából érintett cégei kétfelé oszthatók: lehetnek termelő és áruszállító cégek. A tanulmányt író szervezeteknek annak bemutatása is szükséges, hogy kivel kívánnak együtt dolgozni a projekt megvalósításán, kik azok a cégek, akik áruszállítási kapcsolatban vannak a régió cégeivel, kik vehetnek részt a pilot projektekben, illetve magának a fejlesztési tervnek kidolgozásában. Fontos válaszolni arra a kérdésre is, hogy milyen eszközökkel vonhatók be a partnerek az elemzésbe. Erre a módszertan is ajánl megoldásokat a projektpartnerek részére (lásd xxx. pontban).

3.3.6 Releváns anyagok összegyűjtése

Mint azt a fejezet elején bemutattuk, a CORCAP több áruszállító folyosót is érint, hiszen csak az irányt jelöli ki, és nem külön folyosóként szolgál. Éppen ezért fontos, hogy a már említett párhuzamosságok elkerülése érdekében, az áruszállítási folyosók működéséről és fejlesztéséről írt dokumentumok (tanulmányok, stratégiák, kormányzati tervek, stb.), és a CORCAP számára készítendő anyagok szintetizálva legyenek: ne legyenek bennük ellentétes irányok, a fejlesztési javaslatok egymást erősítsék és kiegészítsék.

Ennek érdekében a KTI jelen időszaki projektfeladatként a projektpartnerek segítségével összegyűjti azokat a dokumentumokat, amelyek már elkészültek az egyes áruszállítási folyosók elemzésével és fejlesztésével kapcsolatban, és összeállítja ezen anyagokból a CORCAP részére releváns eredményeket és fejlesztési irányokat. Az összeállítás alapként szolgál a projekt jövőbeni fejlesztéseihez és pilot projektjeihez.

3.4 Pilot projektek

A CORCAP projekt számára fontos, hogy legyenek kézzel fogható eredmények a környezetbarát áruszállítás kialakításnak terén. Erre jó lehetőséget adnak a projekt pilot projektjei. Minden régióban lehetséges olyan fejlesztési feladatok elvégzése, melyek eredményeként a 2. pontban kifejtett, és a projekt céljaként is megfogalmazott csökkenő környezetszennyező kibocsátási célok teljesíthetők lehetnek.

A KTI a magyarországi projektpartnerekkel közösen részt vesz a CORCAP hazai pilotprojektjeinek kidolgozásában. A lehetséges pilotprojektek a helyzetelemzés és a beavatkozási tervek alapján határozhatók meg a későbbiek folyamán.

Konklúzió

Merre halad a világ áruszállítása? Ennek a látszólag egyszerű kérdésnek a megválaszolása nem is olyan egyszerű, mert nagyon sok tényezőt kellene figyelembe venni a megfelelő válasz megadásához. Mi sem próbálkoztunk a kérdés teljeskörű megválaszolásával, csak egy szeletet érintettünk: ez pedig az áruszállítás környezetre gyakorolt hatása.

Meggyőződésünk, hogy a környezetvédelem területén a közlekedés, és ezen belül az áruszállítás is ki kell, hogy vegye a részét. Amennyiben szeretnénk a következő generációk számára is megfelelő jövőt biztosítani, lépni kell a környezetre gyakorolt káros hatások ellen. A közlekedés jövője és a jövő közlekedése azon is múlik, hogy az alágazati szereplők képesek-e, és ha igen, milyen lépéseket tenni a környezet megóvása érdekében.

Cikkünk az egyik kezdeti lépést: a környezetbarát áruszállítási folyosók kialakításának gyakorlati folyamatának kezdeti lépéseit mutatja be. Pontosabban azokat az eredményeket, ameddig mostanáig

eljutottunk. A CORCAP projekt úttörő a maga nemében, annak érdekében, hogy a jövőben a környezetvédelmet előtérbe helyező áruszállítási fejlesztések valósuljanak meg az Európai Unióban.

Tanulmányunk első részében bemutattuk azokat a lehetőségeket, amelyek az áruszállítás szempontjából képesek pozitívan hatni a környezetre és elősegítik az alacsonyabb károsanyagkibocsátás elérését. A második részben bemutattuk a CORCAP projektet, melynek célkitűzése a környezetbarát áruszállítási folyamatok megteremtésének elérése. A projekt bemutatása során az eddigi eredményekre és a KTI által teljesített feladatokra fókuszáltunk.

Jelen pillanatban nem tudjuk, csak rémljük, hogy a projekt meghozza a várt eredményeket, és olyan áruszállítási fejlesztések valósulnak meg a folyosó mentén, melyeknél a környezeti szempontok is szerepet játszanak.

Amennyiben ez így történik, kijelenthetjük, hogy a jövő közlekedése a megfelelő irányba indult el.

Irodalomjegyzék

[1] Széchenyi István Egyetem, Közlekedési Tanszék – Közlekedéstan online tananyag https://ko.sze.hu/catdoc/list/cat/7086/id/7089/m/4974

[2] Horváth G. – Kozma B.: A dunai vízi út fenntartható kihasználhatóságának vizsgálata, Közlekedéstudományi Szemle, LXVII. évf. 3. szám, 2017. június, pp. 24-39., DOI: 10.24228/KTSZ.2017.3.2, http://real.mtak.hu/54783/1/24_KTSZ_2017_03_v%C3%A9gleges.pdf, letöltve: 2020. 02. 09.

[3] Berényi J. – Oszter V.: Célforgalmi vizsgálatok a magyar vasúti hálózaton, Közlekedéstudományi Szemle LXVII. évf. 5. szám, 2017. október, pp. 25-31., DOI: 10.24228/KTSZ.2017.5.3

[4] KTI Institute for Transport Sciences: Analytic tool for analysing challenges and needs for efficient and environmentally friendly freight transport and identifying potentials of the OEM corridor for regional development, Budapest, 2019.

Cross-border public transport options in Central Europe: service gaps and planned solutions from the CONNECT2CE project

Oszter Vilmos

KTI Institute for Transport Sciences NonProfit Ltd.
telephone: +361/3715985
e-mail: oszter.vilmos@kti.hu

Abstract: Cross-border public transport services are still representing a small but significantly growing part of the general public transport services. The demand for daily or weekly cross-border travel is constantly growing across all Europe particularly along the former iron curtain border areas. Service provision is often minimal or completely missing while the modal share of car users in cross-border relation is virtually always higher than at their domestic counterpart regions. Within the framework of the Interreg Central Europe territorial cooperation programme with the involvement of 13 project partner from 7 member states mapped their peripheral border areas commuting and travel patterns and analysed former cross-border service attempts. The knowledge and practical experience gained from cross-border public transport services have been collected and analysed in 3 thematic areas: public service obligation contracts, integrated ticketing systems and multimodal passenger information systems. 3 thematic interactive online transnational toolboxes have been developed where the interested parties can find guideline and practical help when planning to establish new services. The current poster endeavours to give an overview about the main findings and provide some relevant examples from the Austrian-Hungarian, Austrian-Italian, Slovenian-Italian and Croatian border areas where new cross-border services are under preparation or already running as a pilot service.

Keywords: cross-border, public transport, territorial cooperation, Central Europe

Introduction

Today's European Union Member States in Central Europe sharing common historical development. Consequently, the re-opened borders are partly re-establishing the natural catchment areas, which have been cut through by the iron curtain and other strictly controlled border areas. Since 1990 and particularly after the Schengen area extension at late 2007, we can observe a continuously growing cross-border mobility flows across the former border areas. Most of the long-distance traffic flows are crossing via the key European Transport Corridors, which saw several costly infrastructure improvements, particularly along the TEN-T corridors. Nevertheless, there is a significant growth in peripheral rural border areas, which are located far from the main transport corridors. Due to noise and emission externalities, the growing daily or weekly private car-dominated cross-border commuting traffic is gradually worsening the quality of life the citizens in the previously silent villages. Therefore, growing political support is on the place in order to help to find more sustainable transport choices with the improvement of the existing services and mapping the alternative new service options. The existing regional settlement structure and transport network in each analysed area is unique but there are several similar groups where locally tailored solutions could be deployed. The CONNECT2CE project analysed 10 border regions from 8 member states from socio-economic, legal and transport organisational point of view and by 8 pilot actions, the results have been tested in a real-life environment. Further decision supporting online and offline tools have been developed for any interested stakeholder who aims to develop cross-border public transport services.

Based on the CONNECT2CE project outputs the following topics will be summarized in the rest of this paper:

1. Main socio-economic features and performances: an overview of the regions with a focus on the main challenges already identified by CONNECT2CE.
2. Regions, stakeholders and key players: description of the actors and their roles regarding the organization of transport, defining different models based on the regional and national characteristics.

3. Transport modal split and demand analysis: evaluation of data on modal split, transport needs provided by Project Partners in questionnaires.

1. Thematic project focus and main territorial socio-economic challenges

Primary causes of the actual situation are related both to geographic, economic and demographic circumstances and trends, as well as to the persistent phenomenon of urbanisation which is steadily decreasing rural populations and sparsely populated peripheral areas. This poses policymakers and service providers responsible for efficient, sustainable public transport services in front of significant and ever-increasing challenges. CONNECT2CE is tackling those challenges by enhancing the awareness of this situation by increasing the qualitative and quantitative understanding of the present as well as future regional public transport systems in Central Europe (CE). This will be in particular achieved by endowing project partners, authorities and regional Public Transport (PT) operators with innovative tools and new skills as to improve the capability of the public sector in CE to efficiently plan peripheral and cross-border public transport connections.

CONNECT2CE efforts are therefore focused on achieving all this by elaborating coordinated strategies and tools to be refined at the regional and cross-border level through pilot actions, before being applied widely. More into detail, three specific areas of interventions have been identified as essential to the enhancement of relevant PT services:

1. Connectivity – harmonisation of multi-modal scheduling and Public Service Obligations / Contracts (PSO/PSC) for regional and cross-border transport services;
2. Integrated ticketing and tariff schemes;
3. Infomobility.

Considering the project's pre-defined aim to enhance regional cooperation on PT planning at policy, legal and institutional level, three categories of actions have been defined:

1. design of cross-border PSOs/PSCs including the harmonisation of multi-modal scheduling;
2. integration of tariff and ticketing schemes;
3. implementing infomobility solutions.

1.1 Key challenges

More into detail, the above-mentioned analysis has been carried out by using project partners' data collection by keeping in mind the main challenges already identified by CONNECT2CE:

- increase of urban population vs. rural depopulation;
- peripheral/cross-border areas not linked efficiently to urban areas;
- no integration of different public transport modes
- the decline of passenger rail transport and higher growth rates in car traffic, leading to increases in CO2 emissions and other external costs of transportation.

The regions are not even homogeneous in potential and needs and the current situation of cross-border, sustainable transport. When comparing regions the following categories have been established based on the above criteria:

- Regions with a high degree of cross-border commuting (CBC) and medium to low CBC modal split.

Quasi functional regions where only a small part of the large commuting population uses PT. These regions have growth potential as for future PT shares where PT developments may be strongly indicated. Typical for such regions are the two NUTS2 regions of the Austrian-Hungarian border area and Pilsen region.

- Regions with a lower cross-border PT share compared to national average modal split.

Passengers in these regions use PT to a larger degree on domestic routes than on cross-border routes. It is likely the difference points to a PT growth potential in the case of a more satisfying service level: Western Hungary, Burgenland, Pilsen Region

- Regions with a relatively high PT share in modal split both for domestic and cross-border mobility.

Bolzano/Bozen Region

- Regions with lower than average population density and a high PT share in the modal split.

Bolzano/Bozen Region, Pilsen Region, (Polish voivodships of Lubuskie and Zachodniopomorski)

Next to South Tyrol with its high PT share, mostly those regions from post-socialist countries belong to this group where relatively solid PT systems operate in low-income areas with a lower motorization rate.

- Regions with a higher than average population density and a relatively low PT share in a modal split: Friuli Venezia Giulia, Veneto, Berlin-Brandenburg

In these cases, there is a significant growth potential for PT due to the relatively high population density. In this respect the situation of Berlin as capital and European metropolitan region, with extended gravitation active even across the national border.

- Regions with a relatively dense railway network and a high domestic and cross-border PT share in the modal split. Bolzano/Bozen Region (high share of railways in modal split)

From a public transport point of view, the Bozen/Bolzano Region can be regarded as very strong which to a large degree could be due to the regional government level introduced in the next section. A local transport organizer is at work here who takes into account the needs of the local population and is in a position to focus on locally emerging issues. This results in the high share of those who choose PT both for domestic and international travel. As for international regional travel, we should note the high share of railway transport here and the positive effect of periodic timetable.

Despite the fact that the pilot regions are heterogeneous in most of the indicators analyzed above, as well as there are slight differences in potential and needs, the following demand analysis reveals that all the border-regions of the Central European countries can be regarded as a booming area concerning cross-border commuting, therefore, developing the conditions of public transportation is essential in every pilot region in order to help the overall implementation of the Europe 2020 Strategy.

2. Regional administration structures

2.1 Types of Stakeholders in governance and their responsibilities

The most obvious and general distinction is between centralised and regional organs of transport governance.

The key actors and stakeholders examined it can be stated that in the project participating regions are largely heterogeneous. At one extreme is the federal member states type such as Berlin-Brandenburg and the Italian regions (Autonomous Province of Bolzano/Südtirol, Friuli Venezia Giulia Region). Federal Member States, Member States with more than one system of law or Member States having autonomous territorial units shall be free to appoint more than one Central Authority and shall specify the territorial or personal extent of their functions.

While the other is the centralised group of countries (Eastern block). The acts for the implementation are needed after delegation. Therefore, the authority for taking the decisions can be spread with the help of the delegation of the authority. The centralisation of the authority can be done immediately if the complete concentration is given on the decision-making at any position. This concept is generally referred to as the centralisation of the authority. The centralisation can be done with a position or at a level in an organisation. Therefore, the extension of the organisation is referred to as the centralisation of the authority. And the decision-making power must be held in a few hands.

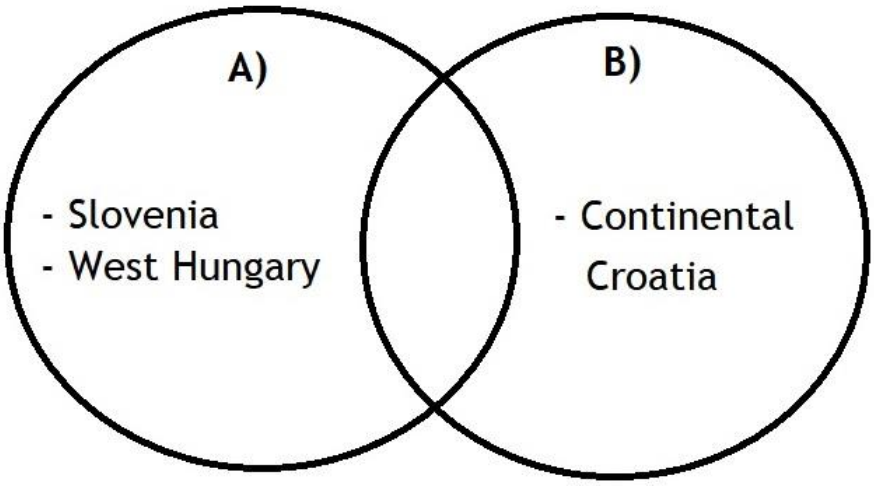


Figure 1. Centralised governance

A): Ministries of the national government and central authorities directly under the control of ministries

B) Government-independent central organs

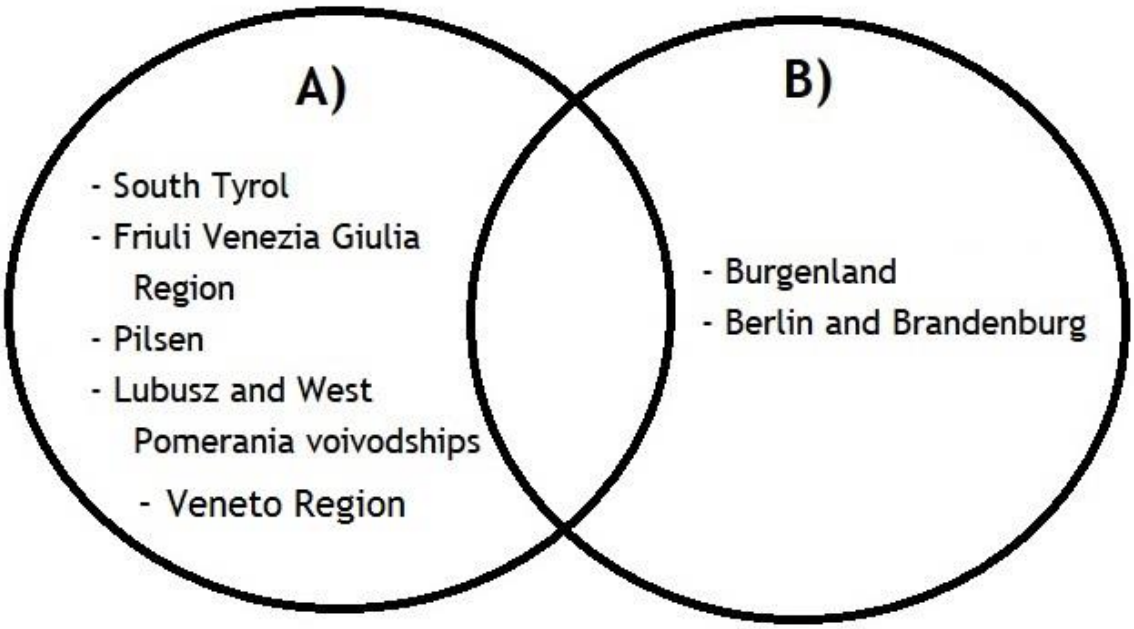


Figure 2. Decentralised governance

A): Regional government or local government and their entities

B): Specialised regional organisations, transport schemes (Verkehrsverbünde)

Basically, centralised governance can be exercised in two ways (Figure 1):

A. Ministries of the national government and central authorities directly under the control of ministries

Given the significance and comprehensive scope of transport issues ranging from the transnational to the micro-level, it is evident that each government will have a responsibility and more or less implicit or

explicit policies on this sector. This will also extend to some type of 'ownership' of PT, and corresponding responsibility for regulating, ordering and supervising public services.

The following regions belong to this category:

- Slovenia
- Western Hungary (Vas and Győr-Moson-Sopron counties)

B. Government-independent central organs

Some governments are delegating any or all of these responsibilities to independent, specialised bodies and authorities on a national, federal and/or regional level. Other governments – especially of smaller countries with centralist traditions or policies – concentrate all or most responsibilities within a ministry or in separate organisations directly controlled by the ministry. In some countries, some or most responsibilities are delegated to a central authority independent of government, or similar organs operating on a national level.

The following region belongs to this category:

- Continental Croatia

Countries rarely organise governance purely in one way or another. Even though some have integrated even most supervising functions into one transport ministry or 'super ministry' with functions organised into competent state secretariats and departments, at least some tasks are 'outsourced' to a central organisation independent of the government, and central organs may have some form of regional structures.

Basically, decentralised governance can be exercised in two ways (Figure 2):

A. Regional government or local government and their entities

Commonly countries with regional transport governance structures apply a mixed model wherein central agencies are typically responsible for ordering long-distance transport and supervising transport affairs regulated on a national or federal level, while responsibilities for ordering and supervising regional PT are delegated to governmental or specialised organisations operating on that level. Usually, transport organisation operations on the regional level are not directly controlled by the national government or an independent central organ, only in indirect ways, in particular by allotting resources and finance to the regional level, and by supervisory functions of national transport authorities.

The following regions belong to this category:

- South Tyrol
- Friuli Venezia Giulia Region
- Veneto Region
- Pilsen
- Lubusz and West Pomerania voivodships

B. Specialised regional organisations, transport associations (Verkehrsverbünde)

This form of governance has become a typical component of the professional culture of the German-speaking countries, but it is by far not limited to this region. Within Central Eastern Europe the Czech Republic, and more recently Slovakia, have successfully adapted schemes similar to German, Austrian and Swiss transport associations and tariff unions. Other countries like Croatia, Slovenia and Poland have also taken first steps on a similar path towards tariff integration, timetable harmonisation or eventually even full-fledged transport systems.

The following regions belong to this category:

- Burgenland
- Berlin and Brandenburg

Organisations functioning on a supra-national level (even if technically incorporated on one or the other side of a national border) are a special case of regional organisations. In most cases of cross-border cooperation between transport systems, however, the systems of both sides of the border will remain separate legal bodies just cooperating under a joint brand with common products, next to a certain degree of cross-border integration and mutual recognition of transport titles.

2.2 Transnational linkage - EGTC-type and other supra-national organisations on a regional level

High-level EU administration has recognised a long time ago the need for stronger cooperation between member states. A more recent expression of this long-standing concern is EC Regulation 1302/2013 amending and simplifying the establishment and functioning of so-called European Groupings for Territorial Cooperation (EGTC). Some of these non-profit organisations have transport issues and cross-border mobility high up on their agenda as they try to facilitate the dissemination of good practices, mainly by initiating and accompanying joint projects beneficial for both sides because they render more efficient the use of public resources.

According to La Mission Opérationnelle Transfrontalière (MOT) [1] there are two more options for establishing cooperation one less popular is The Euroregional Co-operation Grouping (ECG) and The Local Grouping of Cross-Border Cooperation (originally designated as Groupement Local de Coopération Transfrontalière (GLCT). This latter one is considered as a best practice as it takes transport organisational and operational duties as well. The specific case of the Swiss city of Genf/Genéve made local authorities for establishing transnational cooperation which can fully act as a transport organiser authority with the dedicated financial sources. Nevertheless, this is example can be adopted elsewhere if besides the political will the appropriate legal background exist in the respective national or regional legislative system. Unfortunately, as of early 2020 there are not any EGTC currently with transport organisers' role among the analysed partner regions.

2.3 Responsible stakeholders for ordering different forms of PT and their timetable planning paradigm

The following table 1 summarises the urban/local, suburban, regional and long-distance public transport organising competences by the selected partner region.

Table 1. Competent authorities for public passenger transport services at different levels in different regions

Source: CONNECT2CE D.1.2.13 Transnational study

Region	Urban/local	Suburban	Regional	Long-distance
	Bus, metro, tram etc.	Bus, train etc.	Bus, train etc.	Bus, rail
South Tyrol	Municipality	Region		State/market competition
Friuli Venezia Giulia	Municipality	Region		State/market competition
Veneto	Municipality and Metropolitan City of Venice	Region, provinces and Metropolitan City of Venice		State/market competition
Slovenia	Municipality	Central Government		
Continental Croatia	Municipality	Central Government		
Western Hungary	Municipality	Central Government		
Burgenland	Gemeinde	Länder		State/market competition
Pilsen region	Municipality	Region		State
Berlin and Brandenburg	Kreise	Länder		State/market competition
Lubusz and West Pomeranian	Municipality	Region		State

Reviewing the decision-making processes of the public services of the transport in the C2CE regions and the roles, responsibilities of the stakeholders and key players it can be said that the examined regions are in large measure heterogeneous considering their government type of the public service order. On one hand of scale the decentralized structure can be found like in the Federal Member States, Member States with more than one system of law or Member States having autonomous territorial units – Berlin, Autonomous Province of Bolzano/Südtirol, Friuli Venezia Giulia Region. In this case the authority of the region or the federal unit, who is responsible for the suburban and regional public transport. At the other end, the centralized government structure can be found in the regions of the former socialist Eastern-European countries (Slovenia, Croatia and Hungary, the Czech Republic). Those different structures are paired in the neighbouring C2CE countries like Hungary-Austria, Italy-Slovenia, Germany-Czech Republic, which could be a serious administrative barrier designing an effective and integrated cross-border public transport.

Table 2. Dominant timetable philosophy, governance type and Institutional background of regions

Region	Dominant timetable philosophy	Governance type	Institutional background
South Tyrol (Bolzano/Bozen Region)	Integrated periodic scheduling (except for some long-distance links)	Regional transport organiser (national for long-distance)	
Friuli Venezia Giulia Region	Mixed with a high degree of periodicity	Regional (national for long-distance)	
Veneto	Mainly periodic scheduling with partial adjustments for coping with specific demand needs	Regional (national for long-distance)	
Slovenia	Demand-oriented scheduling	Centralised national	Proposals by operators in line with PSC
Continental Croatia	Demand-oriented scheduling	Centralised national	
Western Hungary (Vas and GYSM counties)	Demand-oriented scheduling with pockets of periodicity mostly on railway mainlines	Centralised national	Regional transport organising offices, proposals by operators
Burgenland	Periodic scheduling with a fair degree of integration	Regional transport organiser (national for long-distance)	Mobility Centre
Pilsen Region	Periodic scheduling with a fair degree of integration	Regional and integrated transport system (national for long-distance)	POVED
Berlin and Brandenburg	Periodic scheduling with a high degree of integration	Regional transport organiser (national for long-distance)	Specialised Verkehrsverbund staff; operator for long-distance rail
Lubusz and West Pomerania voivodships	Mixed	Regional (national for long-distance)	

Table 2. shows the timetable planning difference which has a serious impact not just for its own domestic timetable offer but for the potential cross-border connection timetable harmonisation too.

Taking into account the four challenges identified by CONNECT2CE the socio-economic analysis of the regions concluded that the regions show strong homogeneity considering in the first two challenges (increasing of the urban population; non-efficiently linked cross-border areas) and there is also a small degree of homogeneity in the other two challenges (no integration of different public transport modes; decline of passenger rail transport). Based on the examined challenges two groups can be formed:

- The first group (Burgenland, Pilsen Region and South Tyrol) where the rural population of the areas show a decreasing trend, which is next to the urban areas are far away. On the contrary the region

operates a well-functioning and attractive integrated public transport system, which can be seen, for example, in the growth of rail passenger transport.

- The second group includes the C2CE regions of some former socialist countries (Slovenia, Croatia and Hungary), where the population is declining in rural areas, and the surrounding urban areas have low accessibility, moreover the number of rail passenger transport is decreasing in all three regions. There is another similarity between Western Hungary and continental Croatia, where public transport systems are ineffective as the integration of different public transport modes has not yet been realized.

- Friuli Venezia Giulia Region, Veneto Region and Berlin and Brandenburg and Polish voivodships of Lubuskie and Zachodniopomorski regions cannot be classified into any of the groups.

Despite the fact that the pilot CONNECT2CE regions are heterogeneous in most of the challenges and governance threats analysed above, as well as there are slight differences in potential and needs, the transport demand analysis reveals that all the border-regions of the Central European countries can be regarded as a booming area concerning cross-border commuting, therefore, developing the conditions of public transportation is essential.

During the transport demand analysis, it became clear, that there is a significant shortage of available, official data on cross-border public transport, but some findings can be made: regarding the purpose of cross-border the trip, the higher share of work-related trips can be connected to the degree of pay inequality – countries with higher average wages and better conditions can drain workforce, especially from the border regions; split of the cross-border commuters by profession type is mainly influenced by the characteristic of the specific region; split of the cross-border commuters by gender is highly dominated by male population. Quoting the study of the European Union Committee of the Regions in 2016 [2] it can be stated that the Austria- Czech Republic-Germany-Hungary-Slovenia-Slovakia transnational area is of the 5 main cross-border zone of the EU where the share of daily commuters is relatively high, and the number of the cross-border commuters are growing – which was estimated 130.000 capita in 2016.

The last decades proved less attention to the cross-border regional public transport on governance, administrative and legislative level, which resulted in a nearly unexplored area of the transnational public services without former – success – examples. Next to the four challenges identified by CONNECT2CE, the Regional Policy of the EU Commission categorized 3 general categories of border obstacles [2] emerging from local, regional national or EU legislation as well as from different administrative practices in 2015:

- Legal obstacles caused by an absence of EU legislation in policy fields;

- Legal obstacles caused by incoherent or inconsistent domestic laws of EU-Member States in policy fields where no or only a partial EU competence does exist;

- Administrative obstacles caused by inadequate procedural and adverse behavioural aspects at the local, regional or national levels".

All of these obstacles are detected in the case of the CONNECT2CE regions based on the case studies of the Commission (legal obstacles) and the governance analysis of this introductory study (administrative barrier). The examination of the socio-economic and the transport demand indicators show the heterogeneity of the CONNECT2CE regions which suggests the complexity of the possible solutions. The transport analysis also identified the increasing trend of the regional cross-border demand for transport in Central Europe.

The above mentioned propose the needs of:

- enhancing the public planning capacities, practices, solutions towards improved policies on regional and cross-border public passenger transport; and

- changing the mobility patterns through more efficient and better-coordinated services able to link public transport systems.

3. Transport modal split and demand analysis

Due to the lack of data defining categories is not relevant, and will not provide added value, however, common patterns can be identified based on the results. Except for Slovenia, the share of car usage in cross-border transport is higher compared to the data of domestic modal-split. The reasons can be complex, including the flexibility of using own vehicle, lack of cross-border public transport connection or timetable problems. Regarding the purpose of cross-border the trip, the higher share of work-related trips can be connected to the degree of pay inequality – countries with higher average wages and better conditions can drain workforce, especially from the border regions. The split of the cross-border commuters by profession type is mainly influenced by the characteristic of the specific region. The split of the cross-border commuters by gender is highly dominated by the male population, however, due to the low amount of sample available no regularity can be determined.

Albeit this section of the paper did not intend to deal with data collection methods, it is important to go deeper to understand the unequal quantity and quality of available data in the different regions. As it can be seen in the table – besides Bolzano/Bozen Region (South Tyrol) – the most accurate dataset is available for Burgenland and Western Hungary, two neighbouring regions of the area. The reason for the detailed results is the project „EMAH –Ecomobility in the Austro-Hungarian border region"[3] implemented within the framework of Interreg Austria–Hungary Cooperation Programme. The aim of the project was to survey the mobility patterns of commuters in the Austrian-Hungarian border region and to encourage environmentally friendly means of transportation among people. First, the travel patterns were surveyed with a questionnaire and precise data was collected regarding motivation, personal needs and behaviour. Implementation of such a project in the other regions would significantly improve the conditions of further research and planning actions.

4. Pilot actions

The following so-called 8 Pilot Action (PA) have been tested by the CONNECT2CE project partners.

4.1 Pilot actions summary

- PA1: Initially, the existing "Mi.Co.Tra" train provided a cross-border connection between Udine (IT) and Villach (AT) on a daily basis. Thanks to the PA intervention, the service is extended to Trieste (IT) during weekends and festivities, providing a longer link Trieste-Udine-Villach. In this way, the connection improves the existing cross-border relation and offers a service suitable especially for tourists and cycle-tourists.
- PA2: Currently there is no PSO regulating the cross-border rail transport between SI and HR. Thanks to the PA intervention, a feasibility study explains how such type of contract can be introduced and which limits have to be considered. Based on this study, new marketing measures will be introduced to increase the appeal of existing rail services SI-HR.
- PA3: Currently there are a few and poorly harmonized bus connections linking Hungary with Austria from Vas County. Thanks to the study developed in the PA3, the options for improvement of timetables have been investigated and shared with policymakers. Particularly, an optimal harmonization of the transboundary lines to introduce in future has been planned, and it should be introduced in the next years.
- PA4 Currently there are a few and poorly harmonized bus connections linking HU and AT. Thanks to the feasibility study carried out in PA4, two new cross-border lines connecting strategical nodes in the bordering AT and HU regions with the main hotspot of Graz have been planned. The cross-border sections of such lines should be introduced in the next years.
- PA5: Several barriers affect the DE-PL border (interoperability issues, timetable differences, lack of integrated tariffs). Thanks to the studies developed in PA5, options as the introduction of innovative railcars, cross-border tickets, and the integration of strategic German nodes into planned Polish networks have been explored. Follow-ups of such studies will reveal which options are the most suitable to be implemented in future.

- PA6: Initially, the multimodal connection train/bus Trieste-Villa Opicina-Ljubljana (IT-SI) offered a low appealing and poorly integrated cross-border service. This link has been improved by introducing an integrated, multimodal and electronic ticket; as well as by improving the harmonization between timetables and upgrading the transfer station.
- PA7: The main regional info-mobility system of Pilsen (provided by POVED) did not offer information about the cost of the public transport connections. Thanks to the integration developed in PA7, now this type of information is available, giving the opportunity to users to gain information on travel costs according to the regional tariff system.
- PA8: Some railway stations at the HU-AT border are not equipped with cross-border and multilingual info-mobility systems. Thanks to the intervention of PA8, now the Kőszeg station is equipped with monitors displaying multimodal and multilingual information about the departing/arriving busses and trains. Moreover, users of the GYSEV network (Western Hungary) can now access a call centre service covering also the cross-border scale.

The summary of the results of the pilot actions can be found by thematic area in the following subchapter.

4.2 Pilot action results

CONNECTIVITY. PA1 has introduced the expected service without particular difficulties, reaching the target of one-year testing period and ensuring the extension of the testing phase over such term. PA2 has highlighted the complexity of introducing a PSO in a cross-border context, finding that this operation may be very expensive and therefore of difficult adoption. In this respect, marketing measures should be introduced between HR and SI in the next period, to raise the appeal of cross-border PT and set the ground for future more structural improvements. PA3 has encountered different obstacles in planning a better timetable cross-border harmonization. Above all, the lack of relation between the existing networks on the two sides of the border is a major obstacle, together with the complexity of the network (strictly linked to the railway lines). In this respect, an optimal harmonization should be feasible mainly for the new lines that PA4 is expected to introduce. PA4 has highlighted the main features necessary to plan attractive and effective cross-border bus lines (e.g. high frequency, rapidity and proper set of nodes to serve). On this basis, two new transboundary lines have been planned, and strategic cross-border sections of these lines could be introduced in the next years. PA5 has revealed multilevel issues. First, infrastructural issues: since alternative railcars able to perform cross-border travels are quite expensive and not yet optimally performing. Second, harmonization issues: since timetables change quite often in PL compared to DE and rail services are mainly managed at the national level, compared to the regional German structure. Third, fare and tariff issues: since finding an agreement for cross-border tariffs is very complex given the strong differences between Polish and German domestic fares. According to such limits, the PA has highlighted potential measures, which need to be further explored to become operative in the future.

TARIFF AND TICKETING. PA6 has introduced the expected integrated ticket by solving different challenges related to the cross-border relation among authorities and the improvement of the involved service. Particularly, finding an agreement for the fare to apply and the distribution of the revenues has required a strong effort and several meetings, as well as the improvement of the timetables and the upgrade of the transfer station.

INFO-MOBILITY. PA7 has developed the info-mobility tool (fare advisor) without particular shortcomings. However, since the system is strictly linked to the level of tariff integration available, some of its skills have been adapted to existing tariff integration limits (e.g. functions comparing integrated and traditional tickets). PA8 has also finalized the foreseen info-mobility interventions (introduction of a call centre service and two informative monitors). For both tasks, finding a proper supplier to develop such systems has been challenging, as well as linking new devices to existing equipment has required an additional effort.

4.3 Pilot Actions across the Austrian-Hungarian border area

The legal and operational conditions can be very different on the other side of the border. Service hours, frequencies, tariff system are likely to be different which makes the implementation of the new services challenging when planning connections to the existing service network. It should allow sufficient time while the respective authorities will launch tenders for jointly operated new services in cross-border relations. The transnational tools developed [4] has proven to be a good starting point for assessing the

main service goal and travel demands but more local-specific assessment, data collection and multilateral coordination meetings are needed. Regional networks must fit into the planned higher level of timetable structure changes.

It has already turn out from the previous subchapters that a real working EGTC would be the best foreign practice to operate cross-border PT service but unfortunately, there is no working EGTC between Austria and Hungary. Alternatively, an extension of the Styrian tariff system to the planned new bus lines would be the starting solution as it is already the practice for the trains from Graz to Szombathely via Szentgotthárd border crossing.

The timetable harmonisation showed that there is a vast and robust PT network in Hungary with interconnections of other TEN-T corridors in the region, thus a major modification at Körmend or Szombathely is not possible. The planned acceleration of the Budapest-Vienna Railjet trains and its impact on the connecting timetable structure, together with the planned service developments and their required infrastructure upgrade will slightly modify the current timetable structure at Szombathely and consequently at Körmend too. Since the existing services in Austria are not sufficient (basically only school traffic except for the Vienna-Güssing G1 trunk route) the planned new buses should replace some Hungarian domestic buses to Bucsu/Pinkamindszent and they would be new service in Austria as the current cross-border school bus services are losing passengers due to the only 2 daily departures (Figure 3). However, in order to ensure attractive connections, they would be adapted to the new timetable structure on both sides effective from 2021.

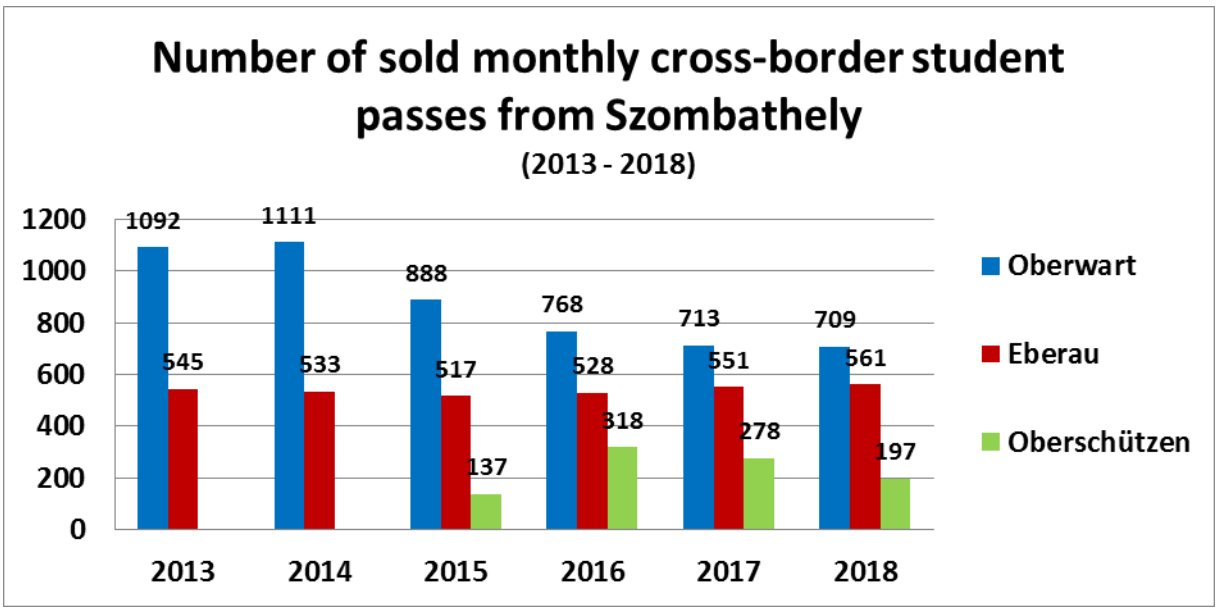


Figure 3. Sold cross-border Austrian-Hungarian schoolbuses monthly pass between 2013 and 2018
Source: ÉNYKK (now Volánbusz) and KTI ÉNYMKI

Thus the main goal is to achieve new direct connection or connections with maximum one reliable transfer need.

Based on the previous knowledge two main travel patterns can be distinguished: daily commuters with a maximum one hour (one-way) travel time with a 50 km deep strip on either side of the borderline. The other significant travellers' group is the weekly commuters who regularly travel up to 200-300 km one-way also on either side of the border.

Building on the achievements of the previous WPT1 deliverables [4] by EU and national legal background review and from a cost-efficiency perspective three main scenarios will be assessed:

1. Existing cross-border services will be upgraded (or just further tariff and/or mobility information system should be realised)

2. Existing domestic services on either side of the border will be connected or at least as a low-cost solution direct border transfer point could be organised

3. Completely new service will be launched taking into account the above mentioned 3 thematic areas

In all of the cases above, there will be a need for operational loss compensation which is explained later at the respective cross-border case studies. It is important to note that several national and EU regulations together with the existing difference in the social discount system make it more difficult to subsides cross-border services than national ones.

Timetable harmonisation is, in fact, an inter-service harmonization with interoperable robust networks, complementary to space and/or time versus parallelism. Timetable supply can, therefore, be demand-based or supply-side.

The following quick service alternative assessment developed by the CONNECT2CE project could guide potential cross-border transport planning initiatives.

1. Select an existing border crossing for rail or bus transport

2. Examine whether existing public transport services exist at this border crossing;

2/A. If you have, consider its frequency, relationships, pricing. Does this cover the major settlements, traffic hubs, tourist attractions, major employers through the given border crossing?

2/B. If not, look at both sides of the border crossing, where is the nearest public transport service point from which major cities, transport hubs, tourist attractions, and major employers are available.

3. Examine what companies are offering public transport services on both sides of the border, their relationship and frequency, as well as their customers.

4. Determine the relationship you want to get access to, what is one that is already covered by one of the borders, while on the other is covered by other providers? How often do they do this?

- 4 / A. New cross-border service can be implemented in three ways:

• Only the missing section runs on a vehicle (on a market or as a public service) linking existing networks

• Extending existing (public) service in one country (on a market or public service) across the border to the typical destinations or transit points.

• It is a completely new destination between typical travel destinations and settlements.

5. Examine how much new running mileage performance is required to complete around in the above modes. What is the average price for the service in the area?

6. Is the extra space capacity generated by the cross-border route available on existing routes on the route? If not, cross-border flights must be completed by a larger capacity vehicle or a dedicated service.

In a nutshell, the following 3 main market segments exist (Figure 4):

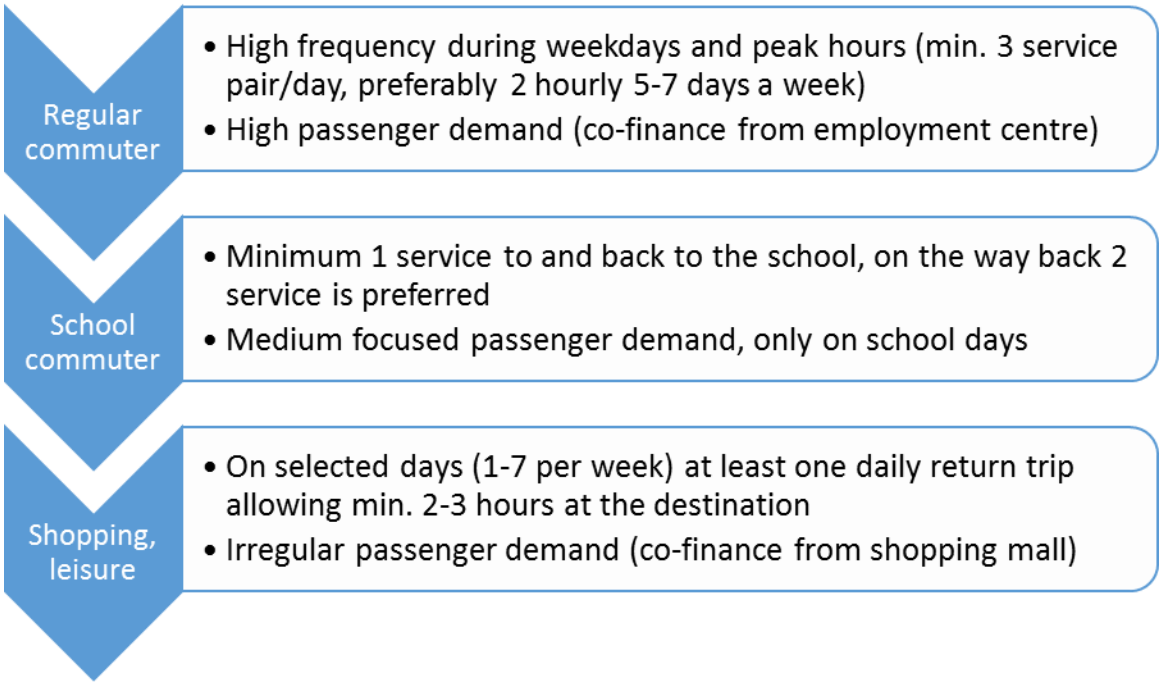


Figure 4: Key service segments of public transport

The details of workday/weekend service frequencies and service hours (as of January 2019) including other key factors influencing travel demand at the following analysed potential border-crossing for future PT services in Vas County can be found in [5].

- Kőszeg – Rattersdorf (HU/AT main roads 87/55)
- Bozsok – Rechnitz (local border crossing)
- Bucsu – Schachendorf (HU/AT main roads 89/63)
- Pornóapáti - Deutsch Schützen (local border crossing)
- Pinkamindszent – Heiligenbrunn (local border crossing)
- Rábafüzes - Heiligenkreuz I (HU/AT main roads 8/65)
- Szentgotthárd – Jennersdorf (existing railway)

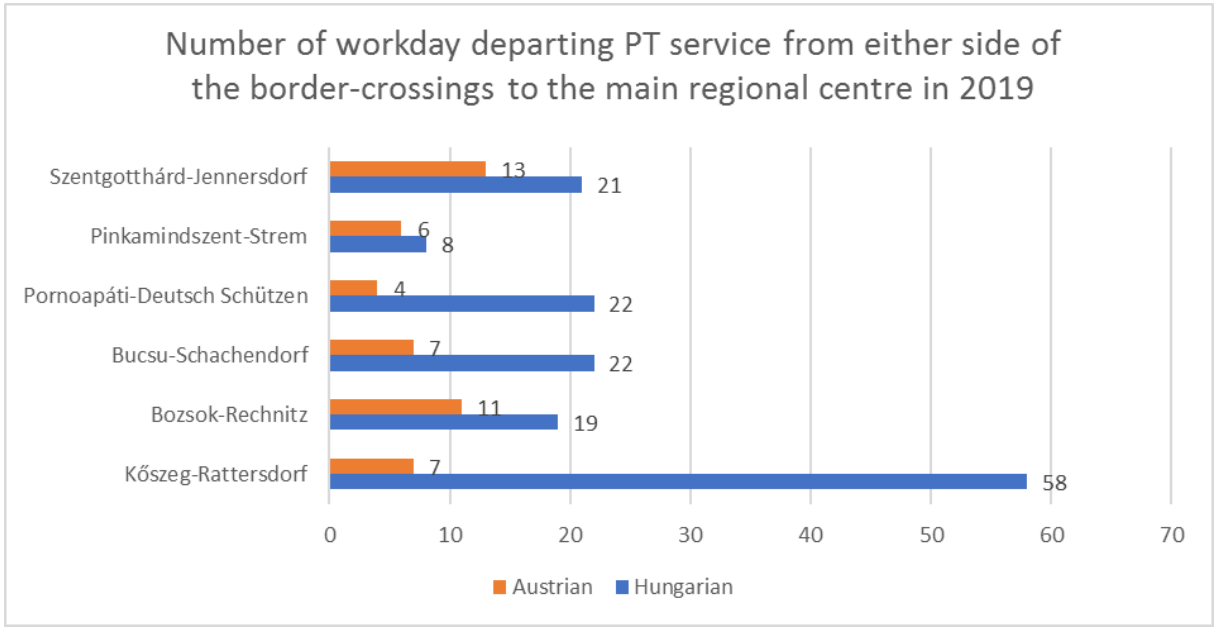


Figure 5. Service frequencies at the analysed border crossings Data source: menetrendek.hu & anachb.vor.at

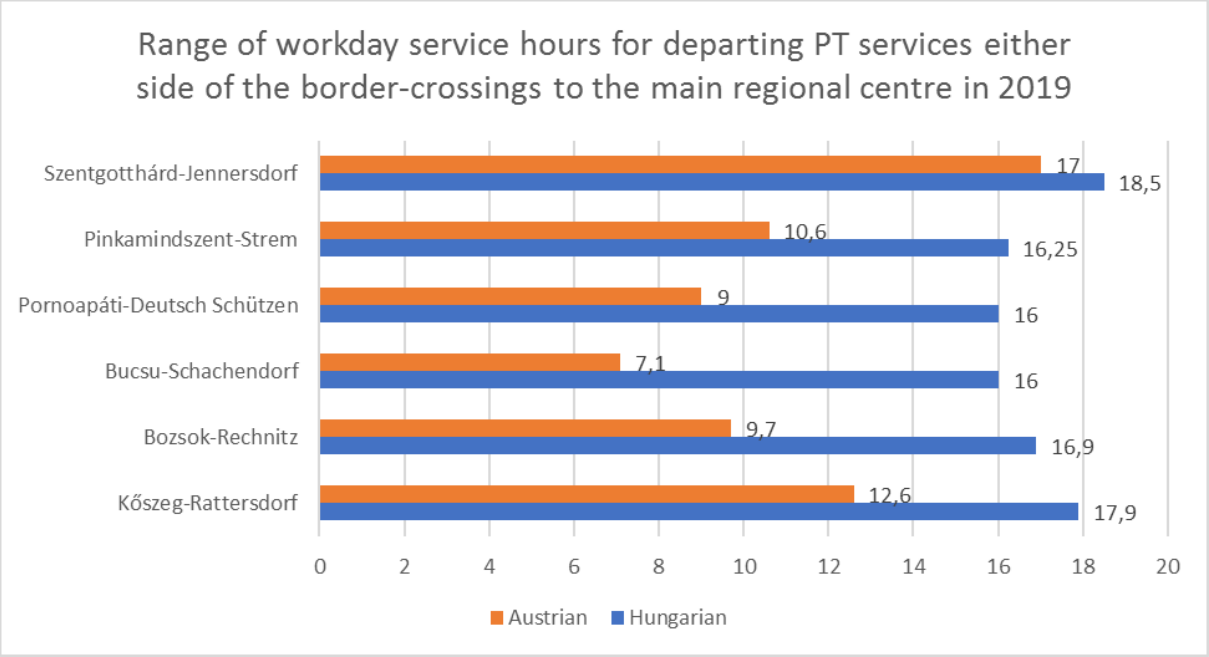


Figure 6: Service hours at the analysed border crossings Data source: menetrendek.hu & anachb.vor.at

Based on the above analysis and the several rounds of consultation held among stakeholders and the interested general public the following timetable concept has been elaborated by the lead of KTI and has been accepted for further support by the authorities (including the Ministry who orders the PSO services) in Austria and Hungary. The general infrastructure development plan for Austria includes traffic capacity enhancement around Sopron and Vienna. This impacts the services to and from Budapest and by a wider impact the full border region at the Austrian-Hungarian border. The data collection of the previous chapters has shown that due to the basically school-bus like regional bus transport offer in Burgenland makes it difficult to harmonise with the much more frequent Hungarian bus routes along the border. The decision was done to run new services from Körmend to Güssing and from Szombathely to Oberwart where they could offer efficient connections to Vienna by the existing and successful G1 bus trunk line and to Graz by a new frequent bus connection which is under tendering for services from 2021. More details can be read about the new services at [6].

In the current pilot action, the connection at Körmend intermodal station will be smoothness between the other connecting bus and rail services similarly to the best practice observed at Lutherstadt-Wittenberg station in Brandenburg province near Berlin, Germany [7]. The small scale and efficient intermodal hub for connecting services are vital for establishing an attractive public transport offer in the peripheral rural border areas. The next (Figure 7) timetable map shows the planned connection times around: 50 minutes of each hour trains and other buses coming around: 00 and the new services (marked by brown line) should leave with sufficient time allowed for eventual train delays around 10-:15 pasted at each hour during the workday. This situation represents a 30 minutes change from the current practice.

At Szombathely main station the situation is similar to the new buses should arrive some 10 minutes before and leave 10 minutes after every half hour. due to the different location of the bus station, the new buses should serve it too with an intermediate stop at the bus station and some key point of interest of Szombathely city centre on their way to and from Oberwart, Austria.

All the planned and accepted timetable interventions are subject to the successful tendering of the new services and also some rail infrastructure interventions due by 2021. Later on from 2027, an even larger intervention improvement is planned around Sopron with partial double-track buildings allowing more cross-border services to Deutschkreutz where more bus feeder services are planned from Central Burgenland.

The planned other investments such as the electrification of Szombathely-Kőszeg and Graz-Szentgotthárd line will further decrease travel-times and might require additional set-ups around 2025-2027.

It was preliminarily agreed by the stakeholders that the PSO cost should be calculated and divided based on the kilometres run in each member state. As a first step, the Austrian (Styrian) integrated tariff zone

system is planned to extend along the new cross-border routes similar to the already existing extension along the Graz-Szentgotthárd line.

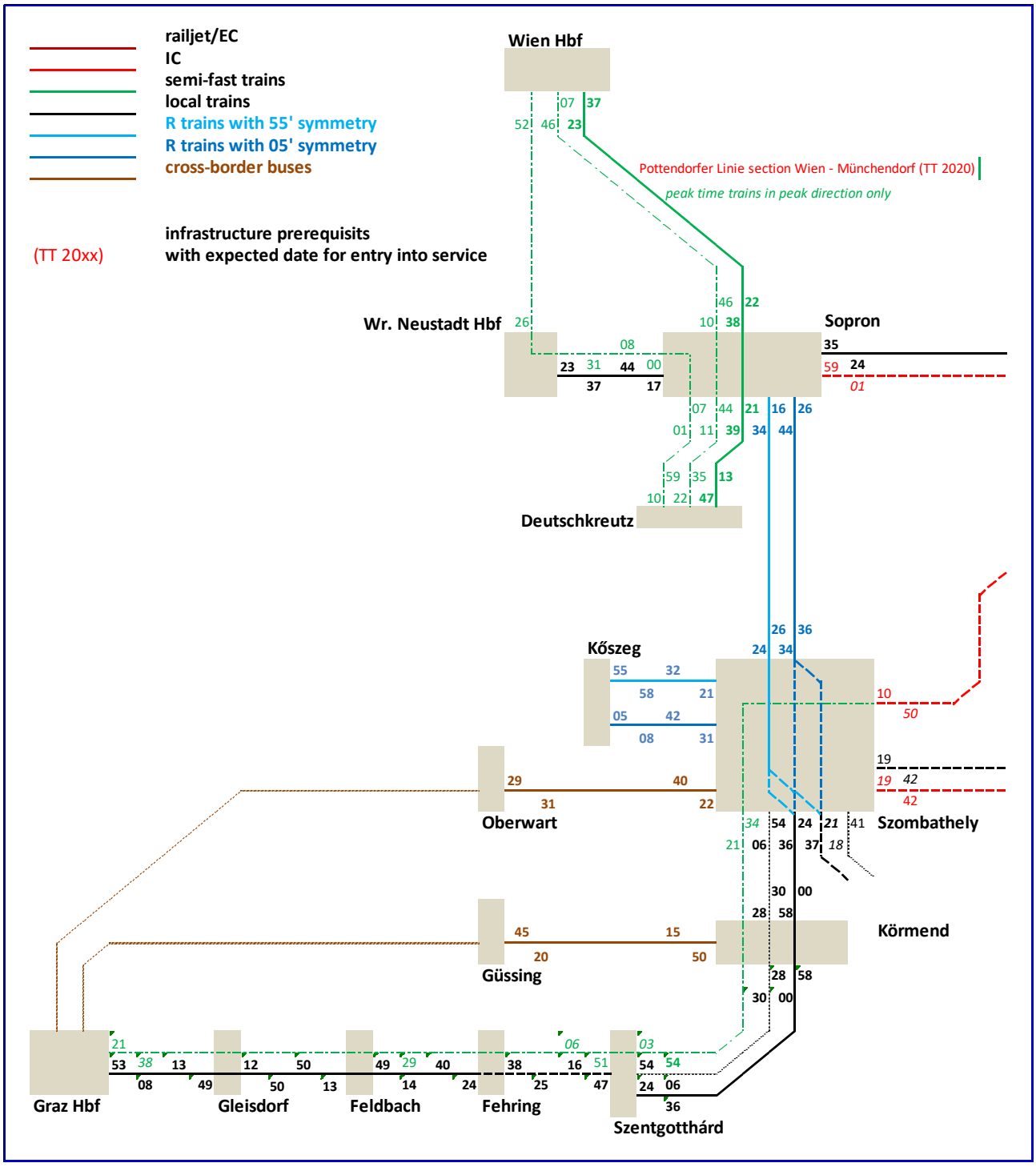


Figure 7: Planned new timetable structure of the Western Hungary cross-border area after 2022

Conclusions

To conclude one might see the cross-border public transport organisation as a neglected and only a fractional passenger transport segment compared to the domestic public transport.

Furthermore, cross-border public transport organisation is a significantly more complex issue than the also quite complex only domestic public transport organisation. It is known from the literature [8] [9] that cross-border public transport cannot be organised without intensive coordination among the stakeholders on either side of the border area. By the end of the CONNECT2CE project, the main findings were also identified, but the **main of the main conclusions** left to be mentioned:

- the cross-border PSC's have to be based on real cross-border travel demands;
- both the political and the policy will are a must;
- the transnational solutions are not possible without the commitment of all the involved stakeholders on national, regional, local level: authorities and the politicians.

Lastly, the continuous monitoring and adjustment of the cross-border PT services are needed otherwise only a few per cent of the new services would survive after the end of a project what can finance pilot action services.

Acknowledgement

The research leading to these results has received funding from the Interreg Central Europe project Connect2CE (Improved rail connections and smart mobility in Central Europe), under Project number CE886, Improved rail connections and smart mobility in Central Europe - Connect2CE. Parts of the content is the edited version of the project's deliverable's content.

References

[1] http://www.espaces-transfrontaliers.org (30.01.2020.)
[2] Pucher, J.,Stumm, T., Schneidewind, P. Easing legal and administrative obstacles in EU border regions, Final Report Service Request Nr 2015CE160AT013 Competitive Multiple Framework Service Contracts for the provision of Studies related to the future development of Cohesion Policy and the ESI Funds (Lot 3), Contract holder: Metis GmbH, Panteia BV, AEIDL – Association Européenne pour l'Information sur le Développement Local, CASE – Center for Social and Economic Research Report, European Union, 60 p. doi:10.2776/251376 ISBN:978-92-79-70485-7
[3] https://www.wu.ac.at/emah/en (07/02/2020)
[4] https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/CONNECT2CE_Transnational_tool (07/02/2020)
[5] CONNECT2CE D.T2.2.5 Pilot action no. 3 - Harmonisation of bus and train timetables in the Hungarian border area
[6] CONNECT2CE D.T2.2.6 Pilot action no. 4 - Pilot Action No. 4 -Cross Border Public Service Obligation (PSO)
[7] http://iho.hu/hir/az-ev-palyaudvara-2-resz-takarekossag-luther-varosaban-170828 (05/02/2020)
[8] Gabrovec, M.: Open Borders With Uncoordinated Public Transport : the Case of the Slovenian-Italian Border. In: European Journal of Geography, Volume 4, Number 4, December 2013.
[9] Hardi T., Lieszkovszky J. P., 2019, Az államhatár és a közforgalmú közlekedés kapcsolata a vidéki térségekben, A falu, 34(1), 23-32.

Crude Oil and Refined Products Rail Deliveries from the Caspian Region to the European Union

Dr. Erjan Akhmedov

Strategic Consultants LLP, Almaty, Kazakhstan
telephone: +7 777 225 4402
e-mail: e_akhmedov@hotmail.com

Abstract: This article provides description of the situation with crude oil and refined products[1] transportation from the Caspian Region to the European Union. It describes demand and supply, main transportation routes and modes of transport. It addresses existing and potential issues and discusses the ways to resolve them.

Keywords: Caspian region, the European Union, rail transportation, crude oil, refined products

Introduction

Rail transport is one of the main modes of transportation of crude oil and refined products from the Caspian region to the European Union. In the region it is usually used when there is no access to pipelines or tankers or a shipper needs to preserve the quality of its crude. And, of course, it is practically the only mode, which is able to transport many types of oil products. Rail deliveries are certainly more expensive in comparison with marine or pipeline transport.

(Aydin & Azhgaliyeva, 2019) pointed out that „The economy of Europe depends on energy imports, while the economy of the Caspian region depends on energy exports." Even though this oil-producing region is one of the closest to Europe geographically, there is still a distance between them. This is why the role of transportation is so significant.

When we consider the Caspian region, we mean such countries as Azerbaijan (AZ), Iran (IR), Kazakhstan (KZ), Russia (RU) and Turkmenistan[2] (TM).

Discussing rail deliveries of crude oil and petroleum oils from this region to Europe, it is important to take into consideration the following:

- Multimodal (pipeline or rail and then marine) has been and will remain the main mode of crude oil and products transportation from this region to Europe;
- The region has been and will be one of the main suppliers of hydrocarbons to the European market. Three out of five Caspian countries (Azerbaijan, Kazakhstan and Russia[3]) are the largest suppliers of crude oil and petroleum oils to Europe. Please have a look at Figures 1 and 2 below;
- Three out of five Caspian countries (AZ, KZ and TM) have no access to the world's oceans;
- Export of crude oil, natural gas and products is the basis of all the Caspian countries' economies;
- The regional railway and trans-shipment infrastructure for transportation of crude oil and oil products is well developed and is mainly aimed at supplies to Europe.

The points above illustrate how crucial the role of transportation is.

[1] Terms "refined product", "product" and "petroleum oil" are used interchangeably throughout this document

[2] Here and elsewhere the regional countries are listed in alphabetical order.

[3] Please not that most of the Russian crude oil production takes place in the regions other than Caspian

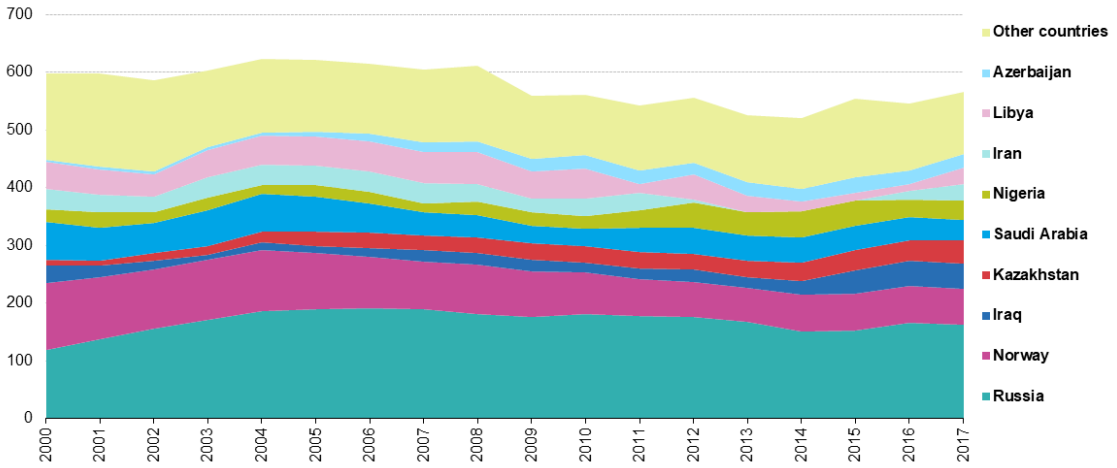


Figure 1. Crude oil imports by country of origin, EU-28, 2000-2017 (million tonnes)
Source: (Eurostat, 2020a)

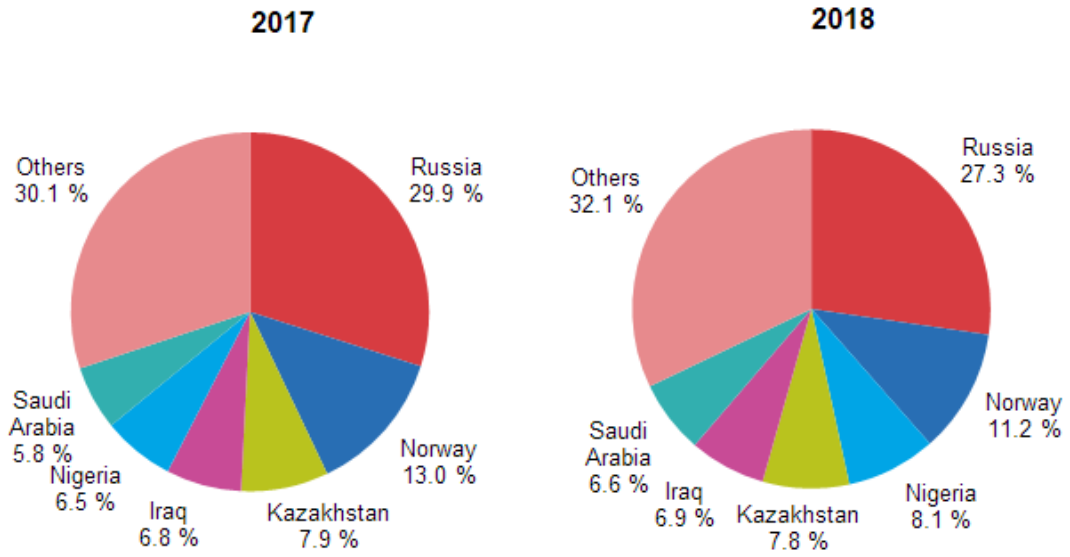


Figure 2. Extra-EU imports of petroleum oils from main trading partners, 2017 and 2018 (share (%) of trade in value)
Source: (Eurostat, 2020b)

1. Literature review

Rail deliveries of crude oil and refined products from the Caspian region to the European Union are not in the limelight of researchers. Information about such deliveries is more in specialist journals or in Internet. However, the author has tried his best to collect and review as many sources as possible. The author also widely used materials of conferences and meetings of crude and petroleum oil shippers he attended.

As already mentioned above, the number of scientific publications addressing the topic of rail deliveries from the region to Europe is very small. They, however, exist and listed here. It is interesting to note that back in the 90s (Croissant & Aras, 1999) complained that "too much oil to ship by rail or barge; pipelines are more efficient and less expensive options for carrying cargo across great distances". The situation now is completely different and will be described further below.

The overwhelming part of scientific publications related to the topic of this article are in Russian. They include the works of (M. Petrov, 2008), (M. Petrov, 2009), (Markushina, 2011), (Smirnova, 2012), (Shaikhutdinova, 2014), (Shmulevich, 2017) and of many others. We should note separately the work of (Shcherbanin, 2017) about export deliveries of oil and petroleum products flows, routs and transport mode's competition. This work forecasted the decrease in rail deliveries by 2020 and this forecast materialized. Also (Shcherbanin & Golyzhnikova, 2019) wrote that "Over the past two decades, the Russian Federation has been increasing its port capacity" and provided a comprehensive analysis of oil

and oil products flows via Russian maritime ports. They also advised that "After 2005-2007 the steps declared by Russia and aimed at reorienting its cargo flows from foreign ports to domestic ones have been consistently implemented. In 1993, the share of Russian cargo handled in the ports of the Baltic states and Ukraine amounted to 35.7% (63 million tons), in 2007 - 20.7% (117 million tons - the maximum since 1993). In 2017, the share was just 5.9%."

Disappointingly, a major part of scientific publications is devoted to the geopolitical aspects of crude and products supplies from the Caspian region to the European Union and these aspects are certainly not the topic of this article. Such works include (Aydin & Azhgaliyeva, 2019) who examined „the security of demand for the oil and gas of three countries in the Caspian region: Azerbaijan, Kazakhstan, and Turkmenistan, over a 16-year period, capturing the geopolitical situation and contributing to a greater understanding of the impact of energy-transporting countries' geopolitical situation on energy transportation to the European Union (EU). The results demonstrate that risk of energy security of demand is greater when political risk in energy-transporting countries is included within a measure of energy security of demand, i.e., risky external energy demand." At the same time, it is possible to gather some related information even in such publications. For instance, (Orazgaliyev, 2017) wrote that "In the absence of any other connections to the rest of the world, Kazakhstan had to export oil via alternative routes: via rail to Russia and China, by oil tankers across the Caspian to Baku".

Researchers addressed the excess transport capacity for oil and products. For example, (Vatansever, 2017) „examines Russia's entire oil and gas export network and reveals that there is a considerable surplus pipeline capacity, which is likely to endure in the future. It brings to attention surplus capacity as a concept..." It is obvious that the excess pipeline throughput capacity has negatively affected the volumes transported by rail.

As mentioned earlier, transportation of crude and petroleum oils from the Caspian region to the European Union has received limited attention of researchers. This is why the author used other sources of information. The most interesting and reliable sources include publications of Eurostat, international organizations and financial institutions, oil companies and specialist journals. An excellent report on the Caucasus Transport Corridor was prepared by the World Bank (Lawrence et al, 2008). "This study evaluates the potential demand for oil and oil products transport via the existing rail corridor in the Caucasus, taking into consideration the competition from alternative routes." Serious information on current tariffs and associated expenses as well as on prices of crude and petroleum oil can be found in different Petroleum Argus publications, like this one (Argus, 2017).

2. Materials and methods

The descriptive part of the article (Current situation) was prepared based on the review of different literature sources as well as on materials of conferences and other professional events of crude and petroleum oil shippers the author attended.

The part devoted to existing and potential problems related to the topic of this article was prepared based on interviews. At the beginning of 2019 the author of this article interviewed the focus group of 14 individuals representing oil and transportation companies and traders, i.e. those who deeply involved in the transportation of crude oil and refined products from the Caspian region to the European Union. The respondents were requested to (i) list and describe the main problems they face in the process of rail transportation of crude and products to the European Union and (ii) suggest the ways to resolve them. At the beginning the author tried to collect data in a more structured way having more questions – seven. However, the background and duties of the respondents were so different that asking the questions mentioned above appeared to be the only way to conduct this interview. Other problems included confidentiality and self-censorship, because of which the respondents declined to comment on many important issues.

In 2019 the findings described in this article were reported two times at oil professional events in Azerbaijan and Russia and were positively accepted.

3. Current situation

3.1 Main routes

The article addresses the current situation with crude oil and refined products rail deliveries through the example of each country. Please see Figure 3 below for reference.

Azerbaijan: Crude oil is transported by rail to the Georgian Black sea ports in relatively small volumes as the main portion of crude goes via pipeplines. Azeri and much smaller volumes of Kazakh and Turkmen products are railed to the Georgian Black sea ports. After reaching sea ports, crude and products are transhipped onto tankers and then delivered to the European Union.

Iran: We can exclude it from consideration since the country is again under Western sanctions, which have been in force for the most of the time since the Iranian revolution of 1979.

Kazakhstan: Since the collapse of the former USSR, the country has built more railways than any other post-Soviet country. Kazakhstan, which is the main producer of crude in the Caspian region exports most of its crude oil to the European markets, mainly to Italy and the Netherlands. The Kazakh crude and products go mostly to the Russian Black Sea ports. Smaller amounts are delivered to Russian Baltic Sea ports. The ports of such countries as Estonia, Latvia and Lithuania are also used. Georgian Black Sea ports used as well, especially in winter periods, though the logistics of this route is cumbersome.

Russia: The country is the main producer of products in the Caspian region though as mentioned above its crude production here is relatively small. Russia is also the biggest transiter in the region thanks to its geography and exercises these advantages to the full extent. It also has the well developed and comprehensive transport infrastructure. In addition to its geographic advantages, the country adopted the state policy of diverting transit traffic to the Russian seaports[4]. „Traditionally, Caspian oil and natural gas went directly to Russia through the Soviet pipeline system, where some of it could go to Western markets" (EIA, 2013). It is certain that the Russia's intent is to keep this advantage.

Turkmenistan: The country possesses enormous hydrocarbon reserves, especially of natural gas, and is actively developing its railway infrastructure. The problem is that Turkmenistan is distant from main consumers. Small volumes of Turkmen petroleum oils shipped by tankers to Baku and then railed to Georgian Black Sea ports.

[4] In March 2018, the Government Transport Commission of the Russian Federation approved a roadmap for the development of Baltic and Western Arctic seaports and approaches to them until 2020.

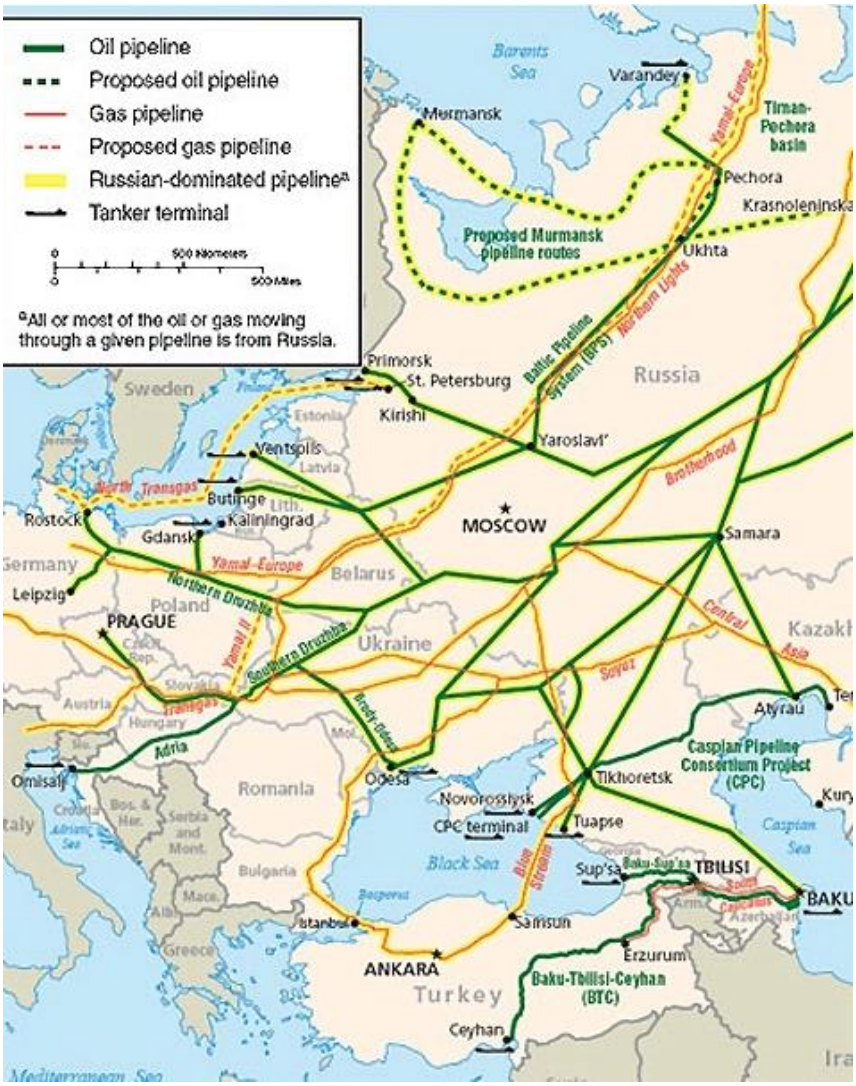


Figure 3. Primary Oil and Gas Pipelines to Europe
Source: U.S. Department of Energy

2.2 Current situation

At the moment rail shipments can be described as follows:

- They make the main part of refined products and a smaller part of crude oil transportation;
- Compete with pipelines and tankers;
- Rail traffic volumes are decreasing over the last years. Mainly because of large-scale construction of new product pipelines in Russia;
- Provide transportation in case of problems with pipelines. The last case was in April-June 2019 when parts of the Russian crude pipeline network were contaminated by organic chlorides;
- Preserve the quality of oil or its cost since there is no quality bank in the Russian crude pipeline network;
- Use of railways is essential for preserving alternative routes. This is especially important in the unstable political environment of the Caspian region;
- Face the strongest influence of the political situation on transportation routes;
- Suffer of an excess transport capacity, which leads to increased competition. For instance, (Vatansever, 2017) advised that “there is a considerable surplus pipeline capacity” in Russia;

- Attention of governments and railway administrations of the region is focused on attracting transit traffic;
- There are significant unused opportunities as the current usage of the regional railway and oil trans-shipment infrastructure is far from optimal;
- Large investments in the railway infrastructure of the region have been made since the dissolution of the former Soviet Union.

4. Main problems and the ways to resolve them

In this chapter the author addresses existing and potential issues related to the topic of this article.

4.1Main problems

- Excess transport capacity: "Excess transport capacity" in this context means completion of several product pipeline projects in Russia. Refineries having access to these pipelines benefited, but these pipelines are distant from the Caspian region. As a result, the rail traffic of refined products has decreased and it is now more difficult to negotiate reduced rail tariffs for regional shippers;
- Monopolism and intermediaries: All the railways in the region are state-owned and represent natural monopolies. The respondents declined to talk about intermediaries openly, but hinted that they (intermediaries) enjoy full support in high echelons of power of the Caspian states. (Lawrence et al., 2008) underlined "the unusually high share of revenues that appears to be going to intermediaries compared to actual service providers. …an estimated third of revenues goes to intermediaries. By contrast, in Europe and North America freight forwarders typically earn three percent of revenues.";
- Growth of railway tariffs: Tariffs grow on regular basis, but this is not the case for crude oil prices, which decreased since 2014 significantly and so did the revenues of oil companies. Another serious concern is that in their view a bigger part of rail tariffs to be invested in the improvement of rail infrastructure and rolling-stock, but this is not happening;
- Significant losses when emptying rail tank cars: Talking about this problem the respondents admitted that it is mostly caused by negligence when rail tank cars without or with defective heating systems used in winter periods;
- Difficult weather conditions of the Caspian (up to 90 days per year on average): Even though this problem is natural, it still creates a lot of problems. Just imagine a shipper not being able to send its cargo across the Caspian for say 30 consecutive days.

4.2 Ways to resolve them

- Transition from transport to logistics corridors[5]: The respondents actively supported this idea. Their common vision is that joined efforts of shippers, railway and port administrations and national governments can improve the situation in great measure;
- Actual introduction of a competitive freight market: There was a consensus that this is a long-awaited and largely belated measure, which can remedy the situation greatly. Another consensus was that the respondents do not expect this measure to be implemented soon and that the delay with this introduction is damaging for the regional economies;
- Reduction of losses: This measure is obvious and was just mentioned;
- Support from the governments and the railway administrations: The representatives of oil companies and traders repeatedly stressed that oil prices are no longer of US$140 per barrel. In the situation when oil prices are mostly below US$70 per barrel, it is now the turn of the governments and the railway administrations to support the oil companies;

[5] A logistics corridor is the second stage of corridor development where establishing physical links to an area are accompanied by the harmonization of the institutional framework

- Proactive position of shippers: Some representatives of oil companies and traders complained that there is no unified and proactive position of shippers. This is not a problem for big oil companies, which are strong enough to defend their interests. However, smaller oil companies and independent traders face a lot of problems.

Conclusions

There are several main points, which can serve as conclusions to this article:

- Railway transportation of oil and refined products remains and will remain important and in some cases the only possibility;
- Role of the railway transport is extremely significant as a backup option;
- The regional countries should commence the actual introduction of a competitive freight market soon;
- Support from governments and railway administrations is particularly essential;
- Proactive position of shippers in a form of a transport union or association can help smaller oil companies and independent traders.

References

[1] Argus, P. (2017). Argus Рынок Каспия. Riga. Retrieved from https://www.argusmedia.com/-/media/Files/sample-reports/argus-russian-caspian-markets.ashx?la=ru&hash=637F3B56CECA9F666573E8BFF91D09BB675C2284

[2] Aydin, U., & Azhgaliyeva, D. (2019). ASSESSING ENERGY SECURITY IN THE CASPIAN REGION: THE GEOPOLITICAL IMPLICATIONS FOR EUROPEAN ENERGY STRATEGY. Tokyo. Retrieved from https://www.adb.org/publications/assessing-energy-security-caspian-region

[3] Croissant, M. P., & Aras, B. (1999). Oil and geopolitics in the Caspian Sea Region. Greenwood Publishing Group. Retrieved from https://books.google.kz/books?id=3lyCPmitLkQC&dq=caspian+rail+oil+european+union&lr=&source=gbs_navlinks_s

[4] EIA. (2013). Overview of oil and natural gas in the Caspian Sea region. Washington D.C. Retrieved from https://www.eia.gov/beta/international/analysis_includes/regions_of_interest/Caspian_Sea/caspian_sea.pdf

[5] Eurostat. (2020a). Crude oil imports by country of origin, EU-28, 2000-2017 (million tonnes). Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Crude_oil_imports_by_country_of_origin,_EU-28,_2000-2017_(million_tonnes)_F.png

[6] Eurostat. (2020b). Extra-EU_imports_of_petroleum_oil_from_main_trading_partners,_2017_and_2018.png. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/3/3a/Extra-EU_imports_of_petroleum_oil_from_main_trading_partners%2C_2017_and_2018.png

[7] Lawrence, M., Sevara Melibaeva, R. B., & Moose, J. (2008). Caucasus Transport Corridor for Oil and Oil Products. Washington D.C. Retrieved from http://siteresources.worldbank.org/EXTRAILWAYS/Resources/CaucasusTransportCorridorDec08.pdf

[8] M. Petrov, V. L. (2008). THE FORECAST OF THE MARINE OIL AND GAS DEVELOPMENT AND THE POSSIBLE METHOD OF OIL TRANSPORTATION ON THE SHELF OF THE NORTH CASPIAN SEA. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-morskoy-dobychi-nefti-i-gaza-na-shelfe-severnogo-kaspiya-i-vozmozhnye-sposoby-ih-transportirovki

[9] M. Petrov, V. L. (2009). FACTORS INFLUENCING THE CHOICE OF OPTIMAL CASPIAN SEA SHELF HYDROCARBON'S TRANSPORTATION. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/faktory-opredelyayuschie-optimalnuyu-shemu-transportirovki-uglevodorodov-shelfa-kaspiyskogo-morya

[10] Markushina, E. (2011). Economic and regional factors in the development of hydrocarbon transportation systems. Scientific and Technical Statements of St. Petersburg State Polytechnic University. Economics. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-i-regionalnye-faktory-razvitiya-sistem-transportirovki-uglevodorodov

[11] Orazgaliyev, S. (2017). Competition for pipeline export routes in the Caspian region: The new Great Game or the new Silk Road? Peer review. Cambridge Journal of Eurasian Studies, 1. https://doi.org/10.22261/5B75G8

[12] Shaikhutdinova, F. (2014). Export strategy of the oil and gas complex of Turkmenistan: status and prospects. Bulletin of Kazan Technological University. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/eksportnaya-strategiya-neftegazovogo-kompleksa-turkmenistana-sostoyanie-i-perspektivy

[13] Shcherbanin, Yu. A., G. D. Y. (2019). Export Cargo Flows via Russian Maritime Ports: Oil Cargo - Some Considerations. Russian Foreign Economic Herald, 4, 18–36. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/eksportnye-gruzopotoki-cherez-morskie-porty-rossii-neftegruzy-nekotorye-soobrazheniya

[14] Shcherbanin, Y. A. (2017). Export Deliveries of Oil and Petroleum Products: Flows, Routs, Transport Mode's Competition. Design, Construction and Operation of Gas and Oil Pipelines and Storages, 1, 22-27`. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/postavka-nefti-i-nefteproduktov-na-eksport-potoki-napravleniya-konkurentsiya-vidov-transporta/viewer

[15] Shmulevich, M. (2017). TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF RUSSIA'S OIL AND GAS INDUSTRY. Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, Economics, (6 (73)). Retrieved from https://translate.google.kz/?hl=ru#view=home&op=translate&sl=auto&tl=en&text=Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке%2C практике%2C экономике

[16] Smirnova, A. (2012). Features of the development of transportation of oil and oil products by various modes of transport. Bulletin of Kazan Technological University. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-perevozki-nefti-i-nefteproduktov-razlichnymi-vidami-transporta

[17] Vatansever, A. (2017). Is Russia building too many pipelines? Explaining Russia's oil and gas export strategy. Energy Policy, 108, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.038

[18] European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy

Az EFM használata dinamikus ráterhelési eljárás alkalmazásával

Dr. Berki Zsolt[1] – Kováts-Szabó Ágnes[2]

[1]FŐMTERV Mérnöki Tervező Zrt.
telefon: +36 1 3459745
e-mail: berki@fomterv.hu

[2]FŐMTERV Mérnöki Tervező Zrt.
telefon: +36 1 3459724
e-mail: kovats.agnes@fomterv.hu

Kivonat: A cikk a dinamikus ráterhelési eljárásnak a Budapest és környékének Egységes Forgalmi modell környezetben való implementációjának tapasztalatait összegzi és javaslatokat tesz a stratégiai modell operatív alkalmazásának feladataira. A modellvizsgálat igazolta, hogy a kapacitásszűkítés hálózati hatása sokkal kiterjedtebb, mint amit az EFM eljárás alkalmazása adott. A hasonló beavatkozások megtervezése ezért nem lehet csak lokális vizsgálatok eredménye, illetve hasonló modellezés nélkül komoly társadalmi költséget okozó állapot kialakuláslának magas a kockázata. A fejlesztés eredményeképpen a vizsgált közúti beavatkozások hálózati hatásai kiterjedtebben leírhatóak, s az értékelési módszertan is új szempontokkal bővíthető.

Kulcsszavak: forgalmi modellezés, EFM, dinamikus ráterhelés, DUE

Bevezetés

Budapest 2014 és 2030 közötti időszakra vonatkozó közlekedésfejlesztési stratégiáját, a Balázs Mór Terv Célrendszer és intézkedések kötetét 2015-ben fogadta el a Fővárosi Közgyűlés. E dokumentum célrendszerét és intézkedéseit a fenntartható városi mobilitás tervezés határozza meg. Célja a budapesti közlekedés, a főváros és térsége versenyképességének javítása, valamint hozzájárulás a fenntartható, élhető városi környezet kialakításához.

A Balázs Mór Terv helyzetértékelésében is megjelenik az a tervezési szemléletbeli probléma, miszerint „A funkcionalitás eszménye a közterekkel kapcsolatos gondolkodást is meghatározta: a közlekedésre is használt közterületeken a motorizált közlekedés került előtérbe minden más szempont kárára; az élhetőség mellékes volt. A motorizáció trendjére adott –a nemzetközi gyakorlatban már ekkor is egyre gyakrabban megkérdőjeleződő –válasz elsősorban a látványosan növekvő keresletet szolgálta a kapacitás folyamatos bővítésével.” [1]

Egyre erőteljesebb az igény, hogy a motorizált közlekedés iránti kereslet kiszolgálására való törekvés és az erre alapuló tervezés helyett a kereslet menedzselése kerüljön előtérbe.

Ennek egyik eszköze a 2015 végére a BKK Zrt. megbízásából elkészült Budapest és agglomerációjának teljes területét lefedő, egységes forgalmi modell (EFM), amelynek célja, hogy egységes alapokra helyezze a fővárost és térségét érintő közlekedési beruházások vizsgálatát.

Az EFM a VISUM programcsomag használatával készült. A VISUM egy széleskörű, rugalmas szoftverrendszer közlekedéstervezéshez, igénymodellezéshez és hálózati adat menedzsmenthez. A szoftvert a világ összes kontinensén használják városi, regionális, országos és nemzetközi modellekhez. Alkalmazkodva a multimodális tervezéshez és hálózati analízis igényeihez, a VISUM-ba beépíthető az összes releváns közlekedési mód (pl.: személygépjármű, személygépjármű utas, teherszállító jármű, busz, vonat, motor, kerékpár és gyalogos.), ami lehetővé teszi a konzisztens hálózati modellek létrehozását.

Az EFM a klasszikus négylépcsős modellt alkalmazza, amely az alábbi lépésekből áll:

1. Forgalomkeltés
   Célja az adott területről kiinduló és az oda beérkező forgalmak definiálása.
2. Szétosztás
   Az előző pontban meghatározott kiinduló és érkező forgalmakat osztjuk szét, tehát a kiinduló utazások célpontját határozzuk meg.

3. Forgalom megosztás
   Ebben a lépésben az utazók eszközválasztását adjuk meg.

A fenti lépések eredője a jelen állapotra vonatkozó utazási mátrixok.

4. Ráterhelés
   Az előzőekben meghatározott forgalmi igényeket hozzárendeljük a közlekedési hálózat elemeihez.

Az első három lépés során a közlekedési igényeket határozzuk meg, míg a negyedik lépés során azt, hogy ezt a keresletet milyen módon szolgálja ki a meglévő, illetve a tervezett hálózat.

Tapasztalatok a statikus ráterhelés alkalmazása során

Az Egységes Forgalmi Modell készítése során olyan ráterhelési mód alkalmazása volt szükséges, amely esetén

- a futásidők az átlagosnál nagyobb sebességű PC-ken még elfogadható hosszúságúak (< 30 perc)
- az eredmény robosztus, változatlan az egymás utáni azonos feltételekkel történő futtatások esetén
- a szokásos modellezési platformokon azonos, vagy hasonló eljárások futtathatók
- kizárólag makro szintű eljárásokként futnak. [2]

A fenti szempontok megfontolása mellett az EFM statikus, egyensúlyi közúti ráterhelési eljárást használ, eredményeként napi forgalmakat kapunk. Az útvonalválasztás többtényezős költségfüggvény segítségével, többlépcsős eljárással történik, amely során az útvonalkereső eljárások a legkisebb költségű útvonalakat keresik meg. [3]

A statikus ráterhelési eljárások feltételezése szerint a közlekedési igények és a kínálat egyensúlya a nap folyamán állandó. Ez azt is jelenti, hogy a releváns változók (pl. eljutási idők, költségek) az időben nem változnak a vizsgált időtartamon belül. Ezáltal ezek a modellek nem adják vissza kielégítően az igények időbeli változását (pl. csúcsóra) és a hálózat teljesítőképességét, továbbá nem adnak vissza olyan dinamikus jelenségeket, mint a sorfelépülés, túltelítettség.

A fentiek következtében az EFM korlátozottan képes támogatni a kereslet menedzselésére való törekvést, ehhez elengedhetetlen a közlekedés dinamikus jellegének figyelembevétele.

Továbblépési lehetőségek keresése

A kutatás célja tehát az volt, hogy a hálózat dinamikus viselkedését visszaadó algoritmust keressünk, ami az EFM környezetben is használható.

Továbblépési lehetőségként adódik a statikus ráterhelési eljárás alkalmazásának megtartása mellett a modellezési metódus továbbfejlesztése, illetve a dinamikus ráterhelési eljárások használatának bevezetése.

A statikus eljárás továbbfejlesztése

A legegyszerűbb megoldásnak a statikus eljárás továbbfejlesztése kínálkozott, mivel így a közúti hálózati modell felépítése és a ráterhelési alapeljárás nem változik lényegesen, de a modell magyarázó ereje növelhető.

Órás mátrixok alkalmazása a statikus ráterhelési eljárással

A Budapest 2024 Nyári Olimpiai és Paralimpiai Játékok pályázat közlekedési szempontú tervezéséhez kapcsolódó forgalmi modellezéskor szükségessé vált órára vonatkozó vizsgálat elvégzése, így az órás mátrixok előállítása. [4] Ehhez a napi mátrix alapján, számlálási és háztartásfelvételből adódó adatok kerültek felhasználásra. A mátrixok előállítása empirikus alapokon, közvetlen mátrixmegosztási eljárással történt, amely a tervezési célok esetében megfelelő közelítésként alkalmazható volt.

Az órás mátrixok alkalmazása közelebb visz a meghatározott idő intervallumra jellemző forgalmi terhelés visszaadásához, ugyanakkor a torlódásokat és azok (akár az adott intervallumon túlmutató) hatását, a közlekedés dinamikus jellegét nem veszi figyelembe.

Blocking back model

A blocking back (visszatorlasztást számító) model átmenetet képez a tisztán statikus ráterhelési módszerek és a dinamikus eljárások között. Nem egy önálló ráterhelési eljárás; a már korábban valamilyen statikus módon kiszámított terhelést számítja újra, így kezelve a torlódásokból adódó szűk keresztmetszeteket.

Kimeneti adatai között az újraszámított terhelés mellett megjelenik a sorhossz és a várakozási idő is.

Amennyiben a blocking back modelt egyensúlyi ráterhelésbe integráljuk, akkor először a kiválasztott eljárás kerül számításra, majd külön hurokban a blocking back model. Ennek az eredménye módosítja a linkek eredeti ellenállás függvényeit a késés számításán keresztül (VDF: volume-delay function - a forgalomnagyság-időveszteség összefüggést leíró ellenállás függvény). Ezek a módosított VDF függvények használhatók az egyensúlyi ráterhelés újabb iterációja során. Az iterációk - beleértve a blocking back modelt és a ráterhelést – addig folytatódnak, amíg a hálózati terhelés változik ezek során, az egyensúlyi állapot elérésre nem kerül.

A blocking back model alkalmazásakor megadható, hogy a ráterhelés során milyen kapacitáskorlátokat vegyen figyelembe:

- szakasz kapacitás: a szakaszról kiáramló forgalmat korlátozza
- csomóponti kapacitás: a csomóponton áthaladó áramok nagyságát korlátozza
- kanyarodási kapacitás: az adott irányban kanyarodó forgalom nagyságát korlátozza.

Az eljárásnak két működési módja van:

- Számítható a blocking back model a ráterhelés után. Ebben az esetben az útvonal választást nem befolyásoljuk.
- Elvégezhető a blocking back model a ráterhelési eljárás iterációja során. Módosulnak a szakasz ellenállások, ezáltal az útvonal választás is. Ugyanakkor az iterációkban való számítás nem javasolt, mert jelentősen csökkenti az adott ráterhelési eljárás konvergenciáját. [5]

A módszer lehetővé teszi, hogy a ráterhelési eljárás eredményeképpen kapott forgalomnagyságok a reális tartományba essenek, azaz a szakaszok túlterhelése elkerülhető legyen.
Az eljárás alkalmazható forgalmi események tovagyűrűző hatásainak vizsgálatára, illetve az okozott késések számszerűsítésére is, azonban az útvonalválasztásra gyakorolt hosszabb távú hatások modellezésére csak közelítőleg alkalmas. [6]

Dinamikus ráterhelés

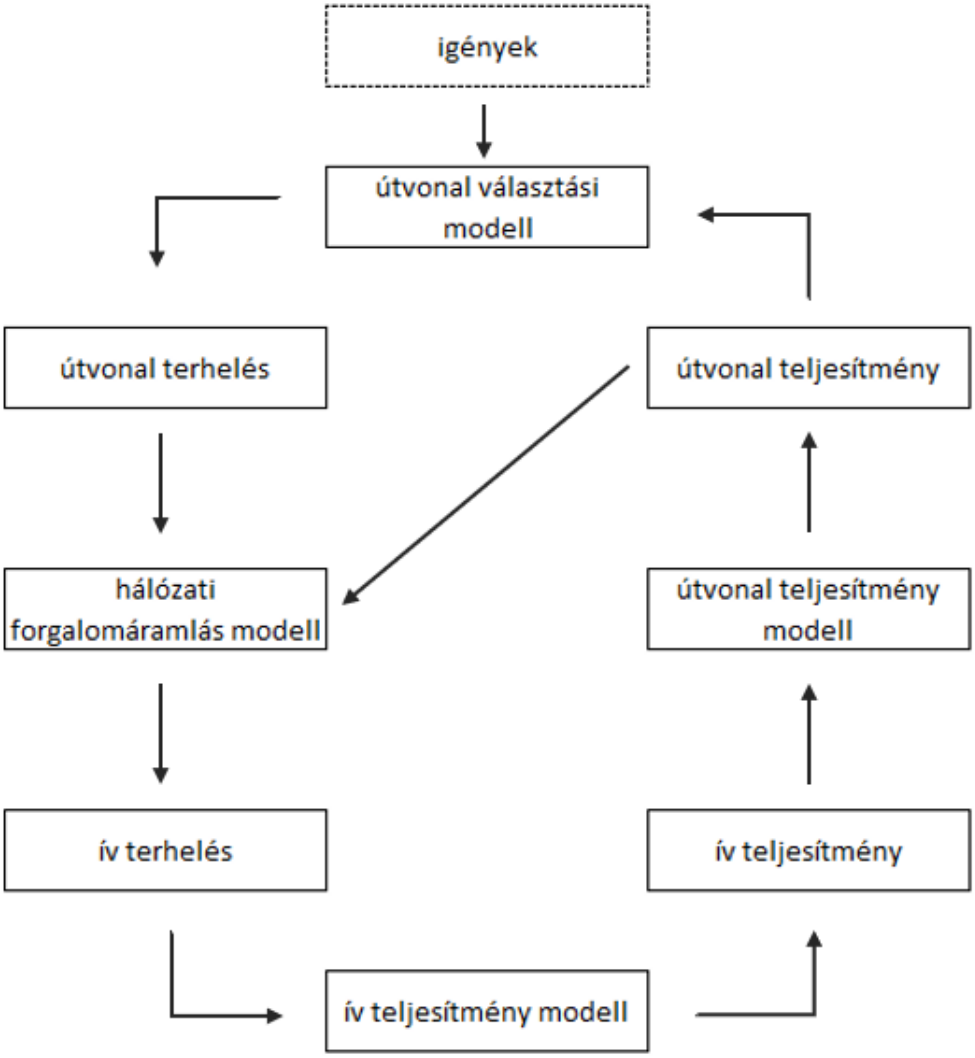
A statikus ráterhelési eljárások említett hiányosságainak elkerülése érdekében használhatók a dinamikus modellek. A VISUM-ban kifejlesztett Dynamic User Equilibrium (DUE) eljárás alkalmazható kiterjedt hálózatok esetén, akár a teljes napi forgalmat tekintve.

Alkalmas az alábbi esetek vizsgálatára:

- zsúfolt városi és városkörnyéki hálózatok működésének szimulálása, ahol a túlzsúfolt állapot a hálózat jelentős részén naponta órákig fennáll
- hálózatok átmeneti torlódásokkal, ami az útvonalválasztás változását okozza a vizsgált idő intervallum folyamán
- dinamikus forgalomirányítás vagy időben változó forgalomirányítás esetén
- balesetek, események hatásának szimulálása és kezelése
- kiürítési tervek vizsgálata.

A ráterhelési eljárás ismertetése

A DUE megközelítést az alábbi ábra szemlélteti.



1. ábra: A DUE megközelítés

A fő különbség a statikus és a dinamikus egyensúly között az ív és útvonal modellek változói között fennálló konzisztenciában rejlik. Míg statikus esetben ez a kapcsolat csak térbeli, dinamikus eljárásnál időbeli dimenziója is van. Ez adott útvonal áramokra az ív áramok meghatározása, amihez statikus modellnél csak az ív-útvonal egybeesés szükséges, dinamikus esetben tartalmazza az eljutási időket is, a hálózati forgalomáramlási modell függ az útvonal teljesítménytől is.

Ennek a megközelítésnek számos előnye van:

- a konzisztencia az útvonal és a szakasz áramok között ugyanabban iterációban elérhető, mint az egyensúly a kereslet és a kínálat között, nincs szükség beágyazott hurkokra
- a ráterhelési periódus feloszthető hosszabb idő intervallumokra (jellemzően 5-15 perc) a másodpercek helyett
- az algoritmus összetettséges hasonló, mintha a statikus ráterhelést ismételnénk meg az intervallumok számával.

Input és output jellemzők

A DUE eljárásnál a kereslet és a kínálat is változhat a vizsgált időtartam folyamán.

A **kínálatot** meghatározó **input** adatok, a rendelkezésre álló hálózat meghatározása a szokásos módon történik, csomópontok, útszakaszok, kanyarodási lehetőségek, zónák és konnektorok megadásával.

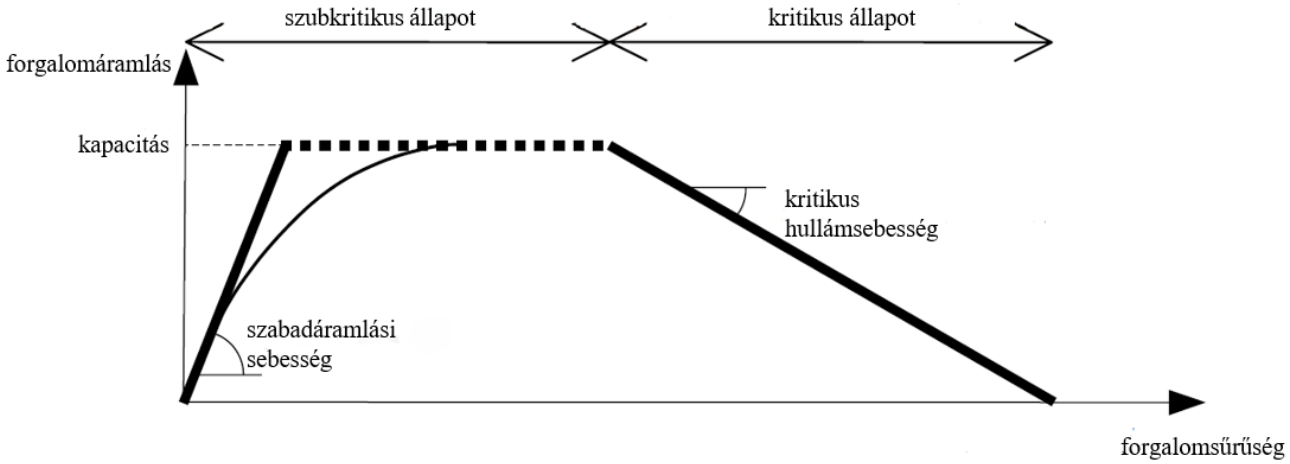
Emellett szükséges néhány új paraméter megadása, ezek:

- a járművek által átlagosan elfoglalt hely
- kinematikus hullám terjedési sebessége hiperkritikus állapotban
- fundamentális diagram: forgalomsűrűség (jármű/km) – forgalomáramlás (jármű/h) összefüggés.

A DUE modellben nincs szükség VDF függvény megadására, kalibrálására.

A fundamentális diagram alapján a forgalomáramlás két állapotban lehet:

- Szubkritikus állapot: torlódásmentes vagy enyhén torlódásos forgalom esetén. A forgalomsűrűség növekedésével a forgalomáramlás is nő.
- Kritikus állapot: súlyosan torlódásos forgalom esetén. Sorok alakulnak ki, és fellép a „stop and go” jelenség. A forgalomsűrűség növekedésével a forgalomáramlás csökken.



2. ábra: Fundamentális diagram

A **kereslet** megadása a VISUM-ban szokásos módon kétféleképpen történhet:

- a teljes igénymátrix és az egyes idő intervallumokra vonatkozó százalékos részarány megadásával
- minden idő intervallumra külön igénymátrix megadásával.

Az eredményként kapott **kimeneti** terhelés és ellenállás adatok rendelkezésre állnak szakaszokra, kanyarodási irányokra és konnektorokra.

A sorhosszak, mint a túltelítettség mértékének meghatározása nem egyértelmű, mivel a DUE modellben a sorok mozoghatnak és csak fokozatosan közelítik meg a helyet, ahol a forgalom áll. Mivel a sorok mozognak, és a járműközök nem állandóak, a „sorok hossza” alatt nem méterben kifejezhető értékeket értünk. A sorhosszon ebben az esetben azoknak a járműveknek a számát értjük (egy adott szakaszra és idő intervallumra vonatkozóan), amelyek kritikus késést szenvednek el, azaz több időt töltenek a szakaszon, mint az akadálymentes átjutási idő és a szubkritikus várakozási idő összege (pl. jelzőlámpánál töltött várakozási idő). [5]

Az EFM átalakítása dinamikus ráterhelési eljárás alkalmazására

Ahhoz, hogy a dinamikus ráterhelést tudjuk az EFM modellben használni, meg kell vizsgálni, hogy annak átalakítása, a paraméterek felülvizsgálata milyen mértékben szükséges.

Órás mátrixok használata

Mivel a dinamikus modell célja részben az, hogy a forgalom napi lefolyását, a torlódásokat és a szükséges intézkedéseket pontosabban vizsgálhassuk, elengedhetetlen a napinál kisebb időtartamokra vonatkozó mátrixok használata.

Kapacitások pontosítása

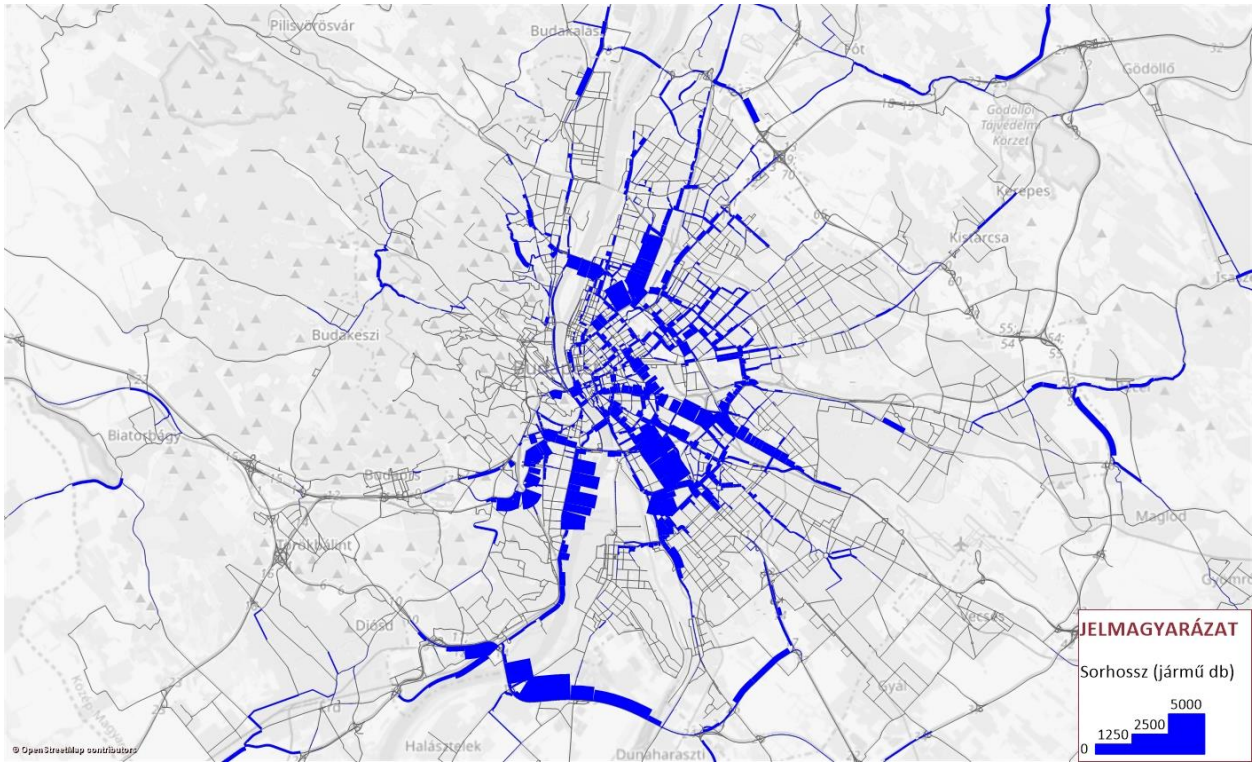
Az eljárás tesztelését módosítás nélküli EFM hálózaton kezdtük, a rendelkezésre álló órás mátrixok felhasználásával. Azt tapasztaltuk, hogy bár technikai problémát nem jelentett a ráterhelést a változatlan paraméterezésű hálózaton futtatni, nem kaptunk meggyőző eredményeket. A sorfelépülés látszólag indokolatlan helyeken indult el, ahol pedig torlódásra számítanánk, nem jelentek meg sorok.

Az alábbi ábra a (DUE értelmezés szerinti) sorhosszakat ábrázolja az eljárást az EFM hálózaton futtatva, reggel 8:00-8:12 intervallumra vonatkozóan.

3. ábra: A sorok kialakulása a hálózaton, 8:00 – EFM paraméterezés

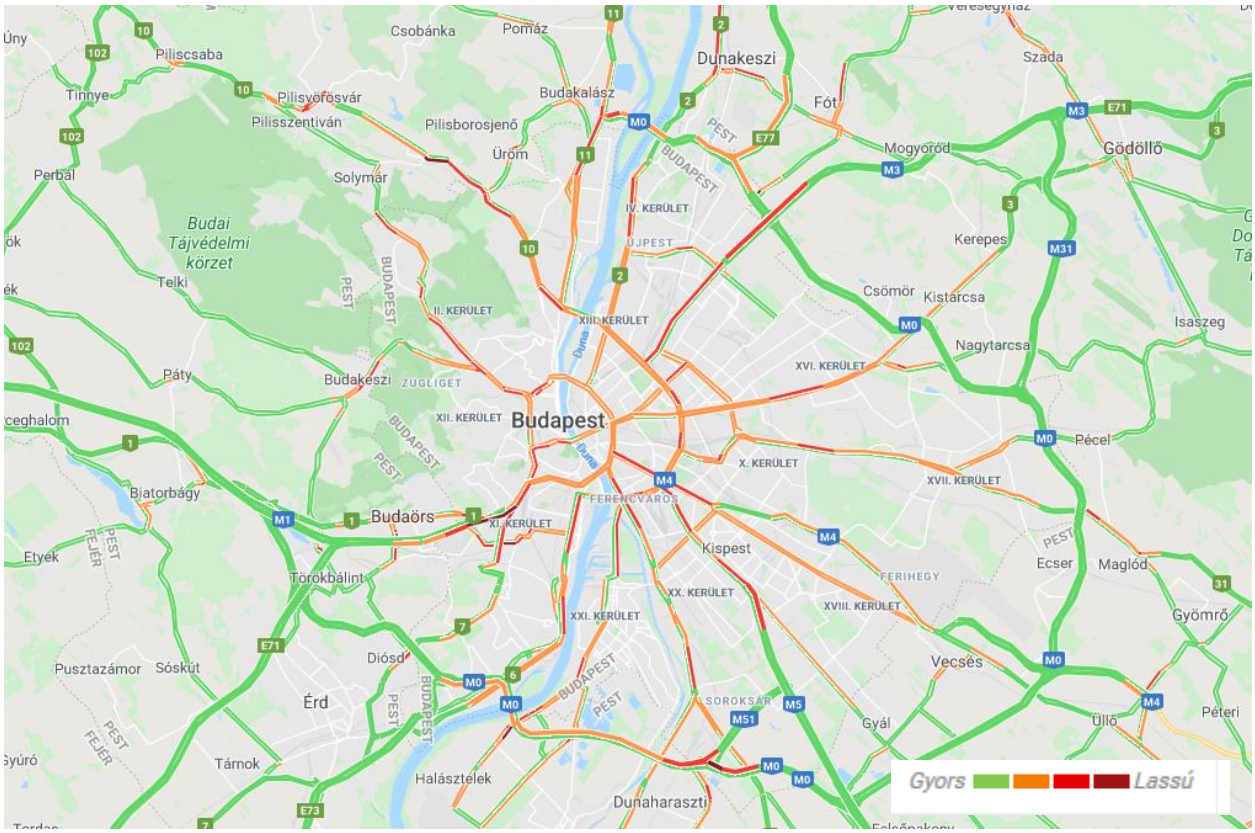
Látható, hogy míg a belvárosban mérsékelt a sorhosszak kialakulása, addig jelentős zavar alakul ki például Zsámbék és Budakeszi térségében, az M0 északkeleti szakaszán, Veresegyház és Fót térségében.

Megvizsgálva azokat a helyeket, ahol az eredmények a legkevésbé tűntek reálisnak, arra jutottunk, hogy a kanyarodási kapacitások okozhatnak problémát. Így felülvizsgáltuk és módosítottuk a kanyarodási kapacitásokat, majd az új hálózati paraméterezéssel is elvégeztük a dinamikus ráterhelést. Az alábbi ábra mutatja az így kapott képet a sorhosszakról, szintén reggel 8:00-8:12 intervallumra vonatkozóan.



4. ábra: A sorok kialakulása a hálózaton, 8:00 – Módosított paraméterezés

Ebben az esetben a kép reálisabbnak tűnik. A sorok elsősorban a belvárosban és az oda sugárirányban vezető szakaszokon alakulnak ki, valamint jelentős késést okoz az M0 déli szakasza is. Összehasonlítva ezt a Google által gyűjtött forgalmi adatokkal, az eredmények, bár nem egyeznek teljesen, nagyfokú hasonlóságot mutatnak. Az alábbi ábra a Google Maps által megjelenített, hétköznap reggel 8 órára vonatkozó forgalmi helyzetet szemlélteti.



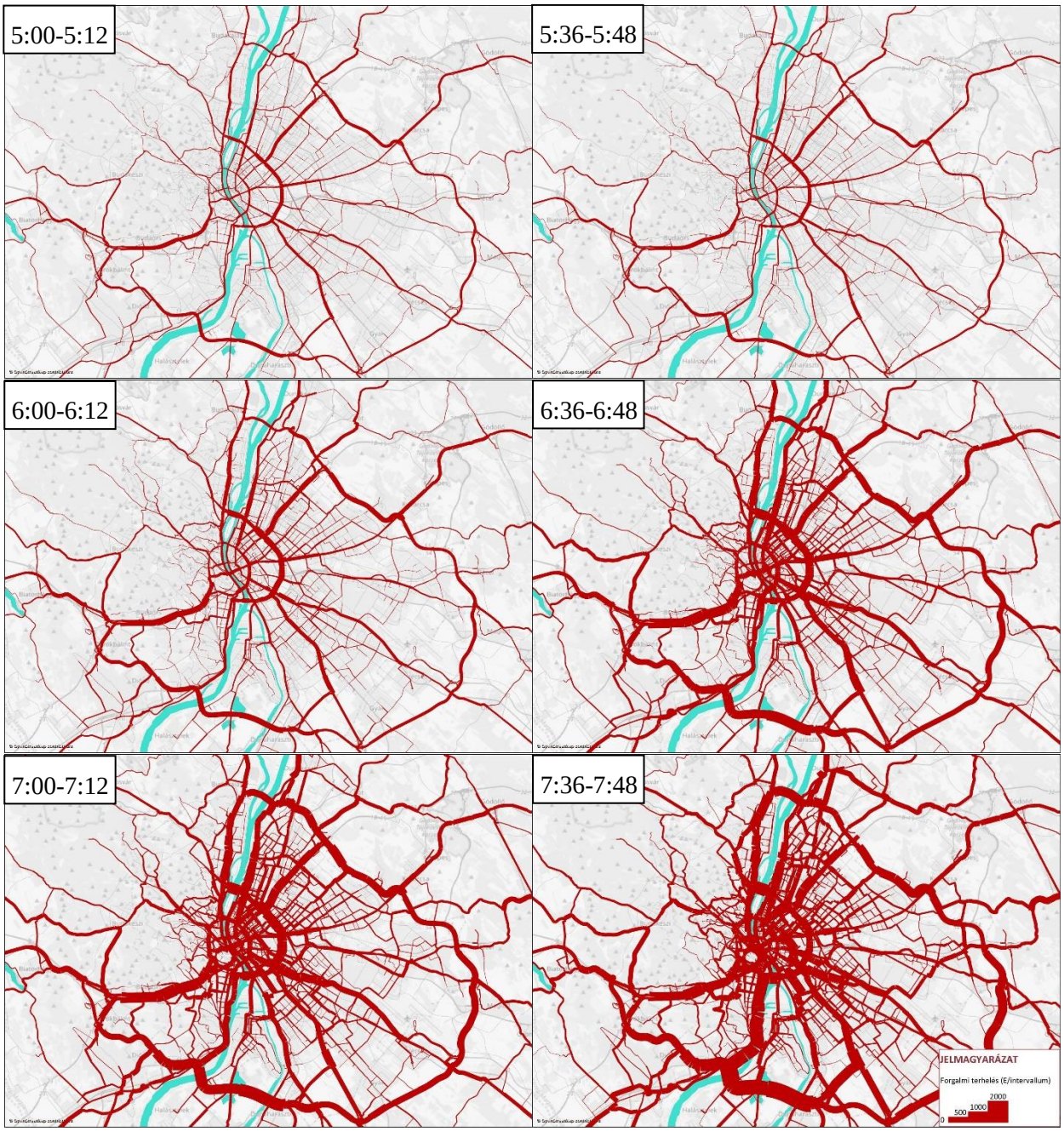
5. ábra: Tapasztalati torlódásos állapot Budapest fő közúthálózatán [7]

A dinamikus ráterhelési eljárás alkalmazása

A DUE ráterhelés alkalmazásának lehetőségét egy erősen terhelt közúti tengely, a Rákóczi út kapacitása csökkentésének vizsgálatakor teszteltük. A módosítás szerint a jelenlegi 2x2 sávos kialakítás helyett 2x1 sávot feltételeztünk.

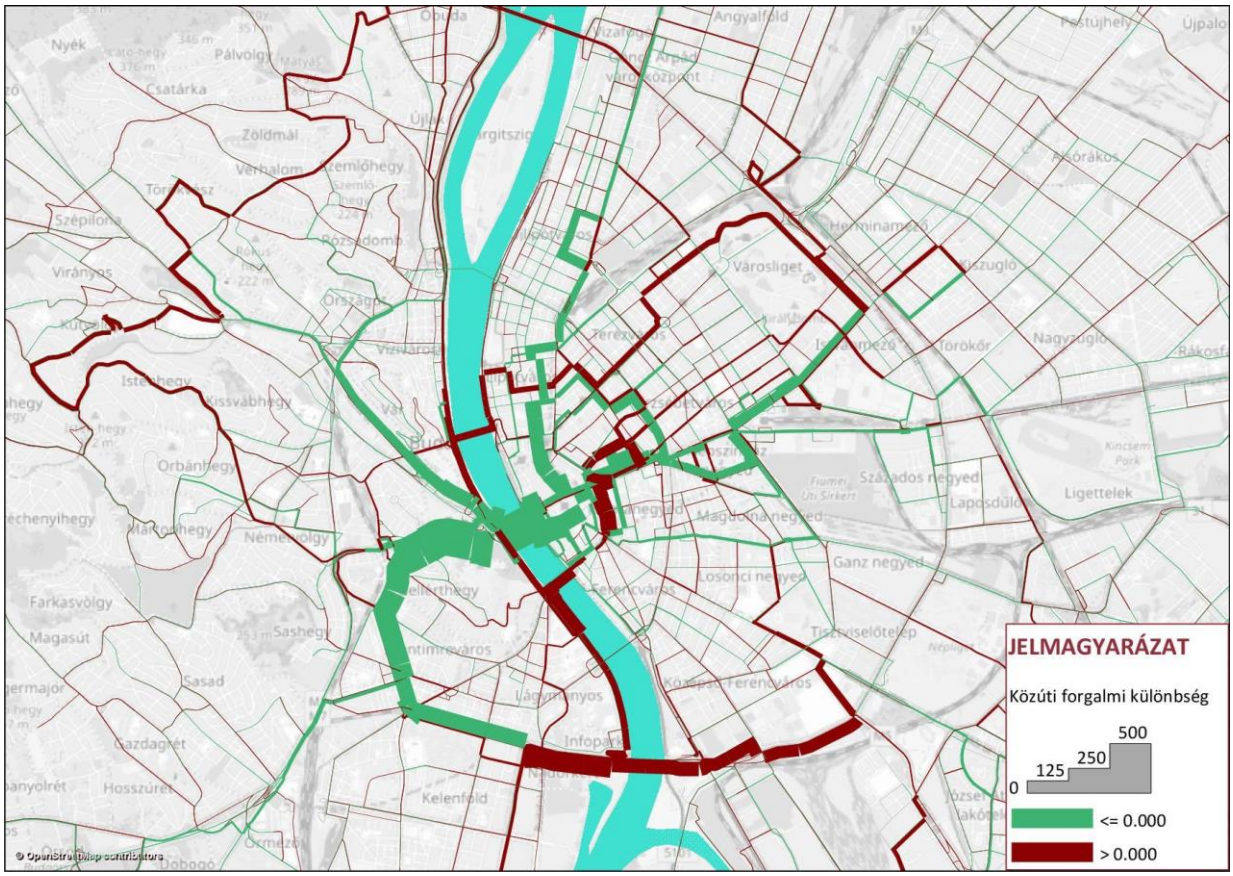
A vizsgálat során az igényeket órás mátrixok segítségével adtuk meg. Az állapotelemzést 12 perces intervallumokra osztva végeztük, az eredmények így ilyen idő intervallumokra adódnak.

Az alábbi ábra a Rákóczi út kapacitásának korlátozása utáni forgalmi terhelést mutatja a megadott intervallumokban. Jól látható a terhelés mértékének a növekedése reggel 5 óra és 8 óra között.

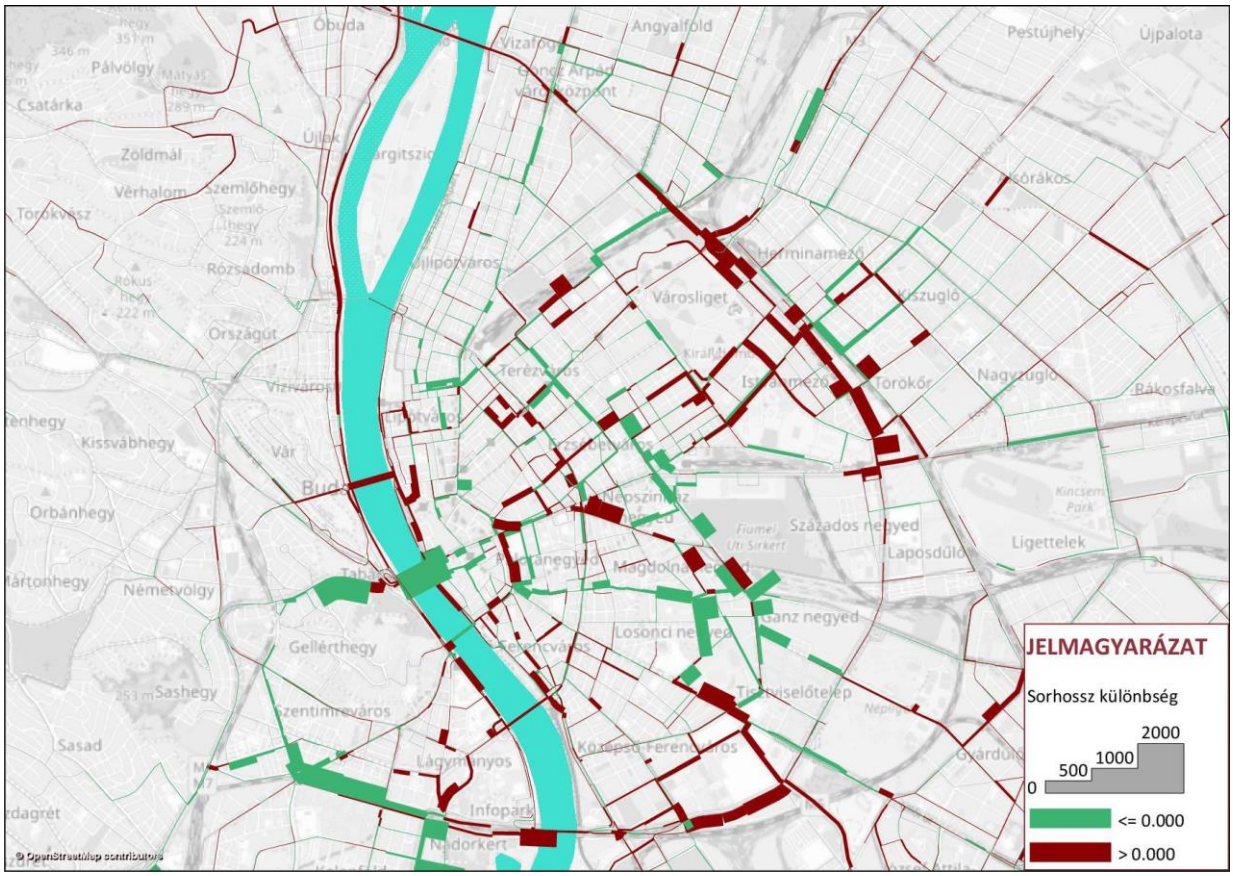


6. ábra: A hálózati terhelés az adott idő intervallumokban

Az alábbi ábrák a Rákóczi úti kapacitáscsökkentéssel és nélküle történő terhelés közúti forgalmi és sorhossz különbségét szemléltetik a 8:00-8:12 intervallumra vonatkozóan.



7. ábra: Közúti forgalmi különbség, 8:00-8:12



8. ábra: Sorhossz különbség, 8:00-8:12

A ráterhelési eljárás eredményének értelmezése a következő főbb megállapításokhoz vezet:

- A kapacitáscsökkentés nélküli állapothoz képest sokkal jobban dugul a Városliget környéke, a belső 7. kerület, ami megfogja a Dózsa György utat (egyébként ma is tapasztalható, hogy a balra kanyarodók reggel belógnak az egyenes sávba, mert nem férnek el a zsebben) és ez a torlódásos állapot visszahat a XIV kerületre.
- Magas a sorhossznövekedés a belső 9. kerületben, pedig a forgalom abszolút értelemben keveset változik!
- Megjelenik egy komolyabb szökőforgalom Budán is.

A modellvizsgálat igazolta, hogy a kapacitásszűkítés hálózati hatása sokkal kiterjedtebb, mint amit az EFM eljárás alkalmazása adott. A hasonló beavatkozások megtervezése ezért nem lehet csak lokális vizsgálatok eredménye, illetve hasonló modellezés nélkül komoly társadalmi költséget okozó állapot kialakuláslának magas a kockázata.

Konklúzió

A legújabb városfejlesztési célok a közlekedésfejlesztés szempontjából is új megközelítést kívánnak. A motorizált közlekedés iránti kereslet feltétlen kiszolgálására való törekvés és az erre alapuló tervezés helyett a kereslet menedzselése válik egyre fontosabbá. Ennek egyik eszköze, a forgalmi modellezés terén is új utak, megoldások keresése szükséges. A jelenleg használatos statikus ráterhelési eljárások helyett a dinamikus megközelítés alkalmazása jelentős előrelépést jelenthet ezen a téren, hiszen ezáltal visszaadhatóvá válik a forgalom dinamikus jellege, az igények időbeli változása és olyan jelenségek, mint a sorfelépülés, várakozási idő.

Jelen vizsgálat eredménye szerint is érdemes ilyen irányban fejleszteni a modelleket, az eredmények más megvilágításba helyezik a közlekedési beavatkozások hatását. Ugyanakkor a dinamikus ráterhelés alkalmazásának gyakorlata még nem kiforrott, további vizsgálatok szükségesek. Ennek egyik területe igény oldali, pontosabb képet kell kapnunk a közlekedés iránti kereslet napi lefolyásáról, hogy ezáltal fejleszthessük az órás mátrixokat. Másrészt a hálózati paraméterek terén is felülvizsgálat szükséges, a kapacitások nagymértékben befolyásolják a modell eredményét, és a statikus ráterhelési eljárásnál alkalmazott értékek nem feltétlenül felelnek meg a dinamikus módszer használata során.

Irodalomjegyzék

[1] Budapesti Mobilitási Terv 2030, Budapest, 2019
[2] Főmterv – Trenecon – Közlekedés: Budapest és agglomerációjának teljes területére egységes forgalmi modell létrehozása – A forgalmi modell felépítése, Budapest, 2014
[3] Főmterv – Trenecon – Közlekedés: Egységes Forgalmi Modell Modellezési és használati útmutató, Budapest, 2015
[4] Budapest 2024 Nyári Olimpiai és Paralimpiai Játékok pályázat közlekedési és közművi vonatkozásainak támogatása, FŐMTERV, 2015
[5] PTV VISUM 18 Manual, Karlsruhe, 2019
[6] B. Verebélyi, G. Uti, Á. Török, and Z. Szalay, “Autonóm járművek és kapcsolódó kibertámadások makroszkopikus modellezési lehetőségei,” in Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2019 Conference on Transport Sciences, 2019, p. 1.
[7] Google Maps

Elektromos személygépkocsik központi töltésütemezési módszere

Csonka Bálint[1] - Dr. Csiszár Csaba[2]

[1]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)
Közlekedésmérnök és Járműmérnöki Kar (KJK)
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszák (KUKG)
telefon: 20/446 4682
e-mail: csonka.balint@mail.bme.hu

[2]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)
Közlekedésmérnök és Járműmérnöki Kar (KJK)
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszák (KUKG)
telefon: 20/446 4682
e-mail: csiszar.csaba@mail.bme.hu

Kivonat: Az elektromos közúti gépjárművek töltése sztochasztikus terhelést okoz a villamos energia hálózaton, amit kezelni kell. Ugyanakkor, az akkumulátoros járművek egy-egy mozgó energiatárolónak is tekinthetők, amelyekkel a terhelésingadozás jelentősen csökkenthető. Emiatt egy olyan matematikai modellt dolgoztunk ki, amivel leképezhető az elektromos járművek töltésigénye és a villamos hálózat kapacitása. A modell alapján a központi töltésütemezést, mint lineáris programozási feladatot definiáltuk, melynek során figyelembe vettük az elektromos járműflotta jellemzőit. A kidolgozott töltésütemezési módszer támogatja az igények időbeli elosztását úgy, hogy a hálózat terhelése optimális legyen. Szimulációs vizsgálatot végeztünk, ami alapján töltésütemezéssel akár kétszeresére is növelhető a megújuló energiaforrások részaránya a töltési igények kiszolgálásában. A gazdaságosságot vizsgálva megállapítottuk, hogy éves szinten megújuló energiaforrásteljesítményre vetítve akár 72600 Ft/kW-tal csökkenthető a töltési költség.

Kulcsszavak: elektromos jármű, töltésütemezés, lineáris programozás, központi irányítás, villamos energia rendszer

Bevezetés

A közúti közlekedés okozta környezetszennyezés csökkentése érdekében egyre nagyobb számban használnak tisztán elektromos személyautókat. A hajtástechnológia előnye a zéró lokális károsanyag-kibocsátás. Globális szinten megújuló energiaforrások alkalmazásával csökkenthető az emisszió. A megújuló energiaforrást használó nap- és szélerőművek teljesítménye jelentősen függ a külső hatásoktól (pl. időjárástól). Továbbá, az elektromos járművek energiaigénye is időben változó. Emiatt a közlekedési- és a villamosenergia-hálózat közötti újszerű összefüggések újszerű megoldásokat igényelnek. A cél, az energia kínálat és az elektromos járművek keresletének összerendelése térben és időben úgy, hogy a lehető legnagyobb legyen a megújuló energiaforrások felhasználási részaránya a közlekedésben. Az összerendelést támogatja, hogy az elektromos járművek a villamoshálózat szempontjából mozgó energiatárolók; így a megtermelt energia eltárolható, és később is felhasználható, akár egy másik járműben is. Az összerendelés alapja egy matematikai modell, amivel leképezhetők a töltési folyamatok, figyelembe véve a közlekedési- és villamosenergia-hálózati szempontokat. Ennek megfelelően, a kutatási kérdéseket a következőképp fogalmaztuk meg:

- Hogyan modellezhetők a töltési folyamatok?
- Milyen mértékben növelhető a megújuló energiaforrások részaránya központi töltésütemezés esetén?

A cikk további részének a felépítése a következő: az 1. fejezetben a témához kapcsolódó szakirodalmat foglaljuk össze és azonosítjuk a kutatási rést. A 2. fejezetben bemutatjuk az elektromos járművek töltési folyamatát leíró fizikai modellt, és az optimalizálás alapját jelentő matematikai modellt. A 3. fejezetben szimulációs vizsgálatban alkalmazzuk a modellt a megújuló energiaforrások teljesítményének optimalizálására. A 4. fejezetben az eredményeket mutatjuk be és elemezzük; végül a legfontosabb megállapításokat összegezzük és a kutatás folytatásának az irányát határozzuk meg.

1. Irodalmi áttekintés

A töltési folyamat időbeli optimalizálásával foglalkozó tanulmányok jellemzően két csoportra oszthatók:

- **Központi (centralizált) irányítás:** a teljes villamosenergia-hálózat terhelés ingadozás minimalizálása a cél. Egy központi vezérlőegység irányítja a hálózathoz csatlakozó elektromos járművek töltését és úgy befolyásolja azt, hogy az aggregált töltési igény a lehető legkisebb terhelésingadozást okozza a hálózaton.
- **Megosztott (decentralizált) irányítás:** az egyes járművek töltésének optimalizálása a cél. A célfüggvény lehet a költség vagy a töltési idő minimalizálása. A járművek egymástól független töltési terv alapján töltődnek.

A centralizált és decentralizált töltési stratégiák jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze. A centralizált irányítással megvalósítható az egyenletes terhelés a villamos hálózaton, így azonban az egyes járművek töltésében jelentkezhetnek csúcsidőszakok, amik jelentősen megnövelik a töltési költséget és csökkenthetik az akkumulátor élettartamát. Ezzel szemben a decentralizált irányítás a jármű számára biztosít egyenletes töltést, és nem garantálja az egyenletes terhelést a villamosenergia-hálózat számára.

1. táblázat: Központi és megosztott töltésütemezés jellemzői

Központi irányítás	Megosztott irányítás
• Villamos hálózati optimum	• Egyéni felhasználói optimum
• Az elektromos jármű használók igényeit részben veszi figyelembe	• A villamos hálózat jellemzőit részben veszi figyelembe
• A villamos hálózat terhelés becslése központilag történik	• A villamos hálózat terhelés becslése központilag történik
• A töltés ütemezés a becsült terhelés alapján központilag megy végbe, az ehhez szükséges alkalmazás a villamos hálózat üzemeltetőnél van	• A töltés ütemezés a becsült terhelés alapján megosztva megy végbe, az ehhez szükséges alkalmazás a felhasználónál van

A [1] tanulmányban a két eltérő irányítási stratégiát hasonlították össze a jelenlegi helyzettel, amikoris nem alkalmaznak töltés optimalizálást. Megállapították, hogy ha a járművek 30%-a elektromos hálózatról tölthető, akkor a villamos hálózat terhelése a csúcsidőszakban 26% és 30%-kal csökkenthető decentralizált és centralizált irányítás esetén. Egy másik tanulmányban kisebb hálózaton vizsgálták a töltés optimalizálás hatásait [2]. A 63 háztartást tartalmazó villamos hálózaton a terhelés csúcsidőszakban 29-70%-kal csökkenthető. A terheléstől függő változó díjtételt feltételezve vizsgálták az eltérő irányítási stratégiák hatását [3]. Megállapították, hogy a centralizált irányítással nagyobb mértékű terhelésingadozás csökkenés érhető el a hálózaton, de a különbség nem jelentős, illetve az elektromos járművek számának növekedésével még tovább csökken ez a különbség a decentralizált irányításhoz képest. A [4] tanulmányban a centrális irányítási stratégiához dolgoztak ki egy genetikus algoritmust. A módszer újdonsága, hogy támogatja a kétirányú energiaáramot a jármű és a hálózat között. Decentralizált irányítási stratégiát dolgoztak ki a [5] tanulmányban. Megállapították, hogy a változó díjtétel gyakori frissítése nélkül is elérhető egyenletes terhelés a hálózaton.

A kínálat és a kereslet egy háztartáson belül egyensúlyának vizsgálatához olyan algoritmust dolgoztak ki, amivel támogatható a megújuló (és sztochasztikus) energiaforrások alkalmazása (például napelem) [6]. Bár csak egy háztartást vettek figyelembe, ez az irányítási stratégia is centralizáltnak tekinthető. A [7] tanulmányban a csúcsidőszak terhelés csökkenés mértékét az elektromos járművek függvényében vizsgálták. Megállapították, hogy a csúcsidőszaki teljesítmény csökkenés 20%-os elektromos jármű penetráció esetén kétszer akkora, mint 10%-os penetráció esetén (17,9% és 35,8%), ami jelentősen nagyobb, mint a decentralizált és a centralizált stratégia közötti különbség. A kétirányú energiaáramnak egy város villamos hálózatára gyakorolt hatását vizsgálva megállapították, hogy a hálózat terhelését leíró paraméterek kedvezőbbek, de megnő a kommunikáció költsége és csökken a járművek akkumulátorának élettartama [8].

A megújuló energiaforrások alkalmazhatóságát vizsgálva megállapították, hogy az elektromos járművek töltésének optimális ütemezésével a megújuló energiaforrások részaránya 56,7%-ról 73%-ra növelhető [9]. Ennek oka, hogy a napközben megtermelt napenergiát az elektromos járművek el tudják tárolni. A [10] tanulmányban az intelligens töltés optimalizálással és a megújuló energiaforrások együttes alkalmazásával elérhető CO_2 csökkenést vizsgálták. Megállapították, hogy a kettő együttes használatával akár 55%-kal is csökkenthető az üvegház hatású gázok kibocsátása, ha az elektromos járművek töltése

szabályozható. A szélerőművek alkalmazhatóságát vizsgálta a [11] tanulmány egy villamos hálózaton, ahol centralizált irányítást feltételeztek. Megállapították, hogy az elektromos járművek jelentősen csökkenthetik a kereslet és a kínálat közötti különbségeket. Végül a smart grid irányításának technikai feltételeit vizsgálva megállapították, hogy az intelligens rendszereknek meghatározó szerepük van [12]. Ezek telepítése egyelőre kihívást jelent az üzemeltetőknek.

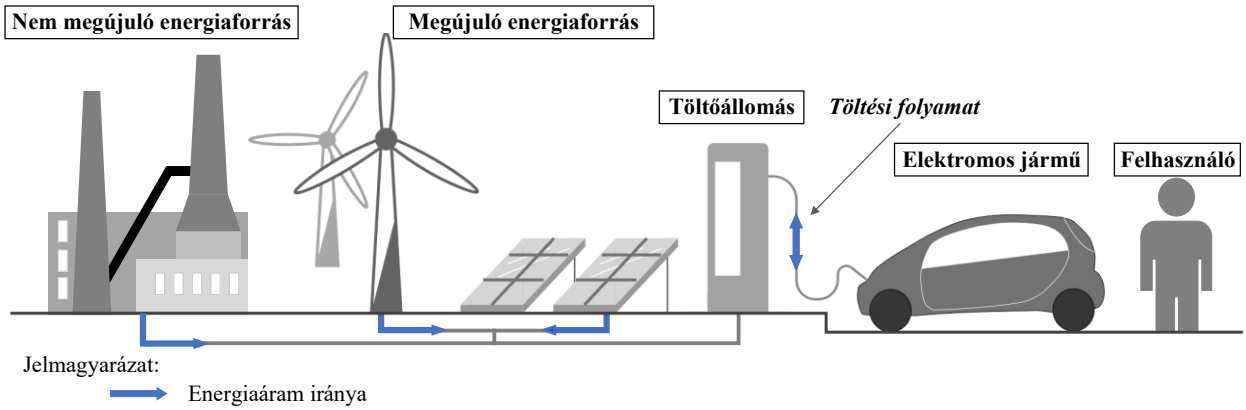
Az irodalomkutatás alapján megállapítottuk, hogy a centralizált irányítás tekinthető ideális, míg a decentralizált irányítás praktikus megoldásnak; ez utóbbinek kisebb a fejlesztési igénye. Továbbá megállapítottuk, hogy központi irányítás esetén nem modellezték és vizsgálták mezo szinten a megújuló energiaforrások alkalmazhatóságát a töltési igények kiszolgálására. Jellemzően teljes villamoshálózatot vizsgáltak és valószínűségi értékekkel vették figyelembe az elektromos járművek számát, vagy egy háztartást modelleztek. Emiatt kutatási célul tűztük ki egy olyan központi töltésütemezési módszer kidolgozását, ami mezo szinten támogatja a megújuló energiaforrások alkalmazását és a megújuló energiaforrás teljesítményének optimalizálását.

2. Modell

A modellalkotás során az első lépés az összetevők, a töltésütemezéshez szükséges bemenő adatok és a lehatárolások meghatározása volt (fizikai modell). Ezt követte a matematikai modell kidolgozása, ahol az energiaáramokat képeztük le, figyelembe véve a kapacitás korlátokat.

2.1 Fizikai modell

Azonosítottuk a központi töltésütemezés összetevőit és meghatároztuk az összetevők közötti energiaáramok irányát (1. ábra).



1. ábra: A fizikai modell

A modellezett elektromos járművek teljes töltöttségét növelő energiaforrások között a megújuló- és nem megújuló energiaforrásokat különböztettük meg. Ennek oka, hogy az elektromos járművek környezetterhelése a megújuló energiaforrások részarányának növelésével enyhíthető. A villamosenergia keresleti oldalán csak az elektromos járműveket vettük figyelembe. Egyéb fogyasztókat nem modelleztünk (például háztartások). A kapacitás korlátok figyelembevételéhez rögzítettük a töltőállomás töltési- és visszatáplálási teljesítményét. Az akkumulátorkapacitás-korlát figyelembevételéhez és az ütemezéshez pedig az elektromos jármű akkumulátorkapacitását és a kezdeti töltöttségi állapotát, mint paraméterek vezettük be. A töltőberendezés és az elektromos jármű között kétirányú energiaáramot feltételeztünk. Mivel a modellben csak a járművek akkumulátorát vettük figyelembe, mint energiatároló, ezért a visszatáplált energiát egy másik járműnek kell felvennie. Továbbá figyelembe vettük a felhasználó közlekedési igényeit is. Vagyis, hogy egy-egy töltési folyamat végén mekkora hatótávra van szüksége. Így a központi töltésütemezési módszer alkalmazásával minden esetben kiszolgálhatók a mobilitási igények és a hozzátartozó töltési igények. A globális optimum a töltésütemezés során egyszerre több elektromos jármű és felhasználó jellemzőinek figyelembevételével érhető el.

A modell legfontosabb újszerűsége, hogy 3 féle energiaáramot különböztetünk meg, melyek az alábbiak:

1. nem megújuló energiaforrásból származó energiaáram,
2. megújuló energiaforrásból származó energiaáram,

3. a modellezett időtartam kezdetekor az elektromos járművek akkumulátorában tárolt energia visszatáplálásakor keletkező energiaáram.

Az energiaáramok közötti fő különbség, hogy a töltőberendezéshez való csatlakozás ideje alatt a nem megújuló és megújuló energiaforrásból származó energia (1. és 2.) összeredője nemnegatív, vagyis növeli a járművekben tárolt teljes energiamennyiséget. Ezzel szemben a modellezett időtartam kezdetekor az akkumulátorokban tárolt energia visszatáplálásakor keletkező energiaáram összeredője 0. Vagyis nem növeli és nem is csökkenti az elektromos járművek akkumulátorában tárolt összes energiamennyiséget.

Feltételeztük, hogy a töltésütemezés diszkrét időintervallumokra valósul meg. Vagyis, hogy egy adott időintervallumon belül nem változnak a kapacitáskorlátok. A jellemzők térbeli változását leegyszerűsítve járművenként vettük figyelembe. Például a töltőteljesítmény járművenként eltérő lehet.

Az energia fajlagos díja azonos töltés és visszatáplálás esetén. Vagyis nem vettük figyelembe például az energiatárolás költségét. Bár ez a megközelítés eltér a várható megvalósítástól, az energiaáramok optimalizálása globális szinten így is megvalósítható. A pontos díjszabás a felhasználókat ösztönzi, hogy a globális optimum eléréséhez szükséges módon ütemezzék a töltésüket. A díjszabás hatását jelen cikkben nem vizsgáltuk.

A modell a központi töltésütemezés optimalizálás alapja, amelynek célja lehet például:

- a megújuló energiaforrások részarányának maximalizálása,
- a rendszerbe beépíthető megújuló energiaforrást hasznosító energiatermelő alrendszerek teljesítményének maximalizálása,
- a keresletingadozás mértékének minimalizálása,
- a teljes töltési költség minimalizálása.

2.2 Matematikai modell

A matematikai modell a fizikai modell összetevőit és töltési folyamatot leíró paraméterek (bemenet) és a célfüggvény értéke (kimenet) közötti kapcsolatot írja le, mint lineáris programozási feladat. Az összetevőket leíró jellemzőket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Az összetevőket és a töltési folyamatot leíró paraméterek

Összetevő	Jelölés	Leírás
Nem megújuló energiaforrás	C^{nr}	A nem megújuló energia előállításának fajlagos költsége [Ft/kWh]
	P^{nr}	A nem megújuló energiaforrást hasznosító energiatermelő alrendszer legnagyobb teljesítménye [kW]
Megújuló energiaforrás	C^{r}	A megújuló energia előállításának fajlagos költsége [Ft/kWh]
	P^{r}	A megújuló energiaforrást hasznosító energiatermelő alrendszer legnagyobb teljesítménye [kW]
Töltőállomás	p^{G2V}	Elérhető legnagyobb töltési teljesítmény [kW]
	p^{V2G}	Elérhető legnagyobb visszatáplálási teljesítmény [kW]
Töltési folyamat	Δt	A diszkrét időintervallum nagysága [óra]
	x	Nem megújuló forrásból származó energiaáram előjelesen; +: töltés, -: visszatáplálás [kWh]
	y	Megújuló forrásból származó energiaáram előjelesen; +: töltés, -: visszatáplálás [kWh]
	z	A modellezett időintervallum kezdetekor az akkumulátorokban tárolt energia visszatáplálásakor keletkező energiaáram előjelesen; +: töltés, -: visszatáplálás [kWh]
Elektromos jármű	BC	Akkumulátorkapacitás [kWh]
	SOC^0	Jármű akkumulátorában tárolt energiamennyiség az optimalizálási időintervallum kezdetén [kWh]
Felhasználó	d	Mobilitási igényhez szükséges energiamennyiség a töltési intervallum végén [kWh]

Az előzetesen tárolt energia (SOC^0) is áramolhat a járművek között (z energiaáram), azonban ehhez nem állítottunk be költségelemet, hiszen a modell a globális optimum elérését támogatja. Vagyis a töltési költség minimalizálása esetén a cél, hogy a rendszerbe betáplált energia (x és y) teljes költsége a legalacsonyabb legyen. Mivel az akkumulátorokban tárolt energiát már előállították, annak a költségét a

továbbiakban nem vettük figyelembe. A modellezés során nem nevezünk meg változót. Az aktuális alkalmazás és célfüggvény határozza meg, hogy melyik paraméter a változó. Az időintervallum (Δt) értéke konstans a modellezett időtartam során. Ezenkívül megkülönböztetünk egy- és kétdimenziós paramétereket. Az egydimenziós paraméterek értéke vagy az időben vagy járművenként térhet el. A kétdimenziós paraméterek értéke időben és járművenként is eltérhet. Az egydimenziós paramétereket sor- vagy oszlopvektorral vettük figyelembe, attól függően, hogy értéke időben vagy járművenként eltérő. A kétdimenziós paramétereket mátrixszal vettük figyelembe.

Egydimenziós, járművenként eltérő paraméterek a következők:

$$\boldsymbol{p}^{\boldsymbol{G2V}} = \begin{bmatrix} p_1^{G2V} \\ p_i^{G2V} \\ p_m^{G2V} \end{bmatrix} \tag{1}$$

$$\boldsymbol{p}^{\boldsymbol{V2G}} = \begin{bmatrix} p_1^{V2G} \\ p_i^{V2G} \\ p_m^{V2G} \end{bmatrix} \tag{2}$$

$$\boldsymbol{BC} = \begin{bmatrix} BC_1 \\ BC_i \\ BC_m \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\boldsymbol{SOC}^{\boldsymbol{0}} = \begin{bmatrix} SOC_1^0 \\ SOC_i^0 \\ SOC_m^0 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Ahol:

$\boldsymbol{p}^{\boldsymbol{G2V}}$	töltési teljesítmény oszlopvektor,
p_i^{G2V}	töltési teljesítmény az *i*-ik jármű esetén,
$\boldsymbol{p}^{\boldsymbol{V2G}}$	visszatáplálási teljesítmény oszlopvektor,
p_i^{V2G}	töltési teljesítmény az *i*-ik jármű esetén,
$\boldsymbol{BC}$	akkumulátorkapacitás oszlopvektor,
BC_i	az *i*-ik jármű akkumulátor kapacitása,
$\boldsymbol{SOC}^{\boldsymbol{0}}$	töltöttségi szint oszlopvektor,
SOC_i^0	töltöttségi szint érték az *i*-ik jármű esetén,
m	járművek száma.

Egydimenziós, időben változó paraméterek a következők:

$$\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{nr}} = \begin{bmatrix} C_1^{nr} & C_j^{nr} & C_n^{nr} \end{bmatrix} \tag{5}$$

$$\boldsymbol{P}^{\boldsymbol{nr}} = \begin{bmatrix} P_1^{nr} & P_j^{nr} & P_n^{nr} \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{r}} = \begin{bmatrix} C_1^{r} & C_j^{r} & C_n^{r} \end{bmatrix} \tag{7}$$

$$\boldsymbol{P}^{\boldsymbol{r}} = \begin{bmatrix} P_1^{r} & P_j^{r} & P_n^{r} \end{bmatrix} \tag{8}$$

Ahol:

$\boldsymbol{C}^{\boldsymbol{nr}}$	nem megújuló energiaforrás fajlagos költség sorvektor,
C_j^{nr}	nem megújuló energiaforrás fajlagos költsége a *j*-ik időintervallumban,

$\boldsymbol{P^{nr}}$ nem megújuló energiaforrás teljesítménykapacitás sorvektor,

P_j^{nr} nem megújuló energiaforrás teljesítménykapacitása a *j*-ik időintervallumban,

$\boldsymbol{C^r}$ megújuló energiaforrás fajlagos költség sorvektor,

C_j^r megújuló energiaforrás fajlagos költsége a *j*-ik időintervallumban,

$\boldsymbol{P^r}$ megújuló energiaforrás teljesítménykapacitás sorvektor,

P_j^{nr} megújuló energiaforrás teljesítménykapacitása a *j*-ik időintervallumban,

n diszkrét időintervallumok száma.

A kétdimenziós paraméterek a következők:

$$\boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} x_{1,1} & & x_{1,n} \\ & x_{i,j} & \\ x_{m,1} & & x_{m,n} \end{bmatrix} \tag{9}$$

$$\boldsymbol{y} = \begin{bmatrix} y_{1,1} & & y_{1,n} \\ & y_{i,j} & \\ y_{m,1} & & y_{m,n} \end{bmatrix} \tag{10}$$

$$\boldsymbol{z} = \begin{bmatrix} z_{1,1} & & z_{1,n} \\ & z_{i,j} & \\ z_{m,1} & & z_{m,n} \end{bmatrix} \tag{11}$$

$$\boldsymbol{d} = \begin{bmatrix} d_{1,1} & & d_{1,n} \\ & d_{i,j} & \\ d_{m,1} & & d_{m,n} \end{bmatrix} \tag{12}$$

Ahol:

$\boldsymbol{x}$ nem megújuló energiaáram mátrix,

$x_{i,j}$ nem megújuló energiaáram az *i*-ik jármű és a töltőinfrastruktúra között a *j*-ik időintervallumban,

$\boldsymbol{y}$ megújuló energiaáram mátrix,

$y_{i,j}$ megújuló energiaáram az *i*-ik jármű és a töltőinfrastruktúra között a *j*-ik időintervallumban,

$\boldsymbol{z}$ a modellezési időtartam kezdetekor az akkumulátorban tárolt energiaáram mátrix,

$z_{i,j}$ a modellezési időtartam kezdetekor az akkumulátorban tárolt energiaáram az *i*-ik jármű és a töltőinfrastruktúra között a *j*-ik időintervallumban

$\boldsymbol{d}$ mobilitási igény mátrix,

$d_{i,j}$ az *i*-ik járműben minimum tárolt energiamennyiség a *j*-ik időintervallum végén.

Ha a visszatáplálás nem engedélyezett, az *x* és *y* paraméterek értéke 0 vagy pozitív, z paraméter értéke pedig konstans 0. A felhasználó csak a töltési időintervallumok végére adhat meg mobilitási igény értéket. Egyéb időintervallumokban a paraméter értéke 0. A 0 értékek bevezetése a visszatáplálás engedélyezése miatt szükséges, hogy a töltési intervallum vége előtt az akkumulátor töltöttségi szintje az elvárt szint alá is csökkenhessen. A paraméterek alapján a következő töltési költségek számíthatók:

- teljes töltési költség egy időintervallumon belül (13),
- a modellezett időtartam alatt a teljes töltési költség (14).

$$\sum_{i=1}^{m} \left(C_j^{nr} x_{i,j} + C_j^r y_{i,j} \right) \forall j = 1..n \tag{13}$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left(C_j^{nr}x_{i,j}+C_j^{r}y_{i,j}\right) \tag{14}$$

A töltési költséget járművenként nem határoztuk meg, mert a cél a globális optimum elérése.

2.3 Korlátozó feltételek

Az optimalizálás eredménye akkor valós megoldás, ha a következő feltételek teljesülnek:

- Energiamegmaradás járművenként: az energiaáramok összeredője nem megújuló és megújuló energiaforrások esetén nemnegatív (15). Az akkumulátorban előzetesen tárolt energia összeredője és a kezdeti töltöttségi szint összege nemnegatív. (16). Vagyis, egy jármű nem táplálhat több energiát vissza, mint amennyit korábban felvett.
- Energiamegmaradás idő intervallumonként: az energiaáramok összeredője nem megújuló és megújuló energiaforrások esetén nemnegatív és kisebb vagy egyenlő, mint a betáplálható energiamennyiség (17). Az akkumulátorban előzetesen tárolt energia összeredője 0 (18).
- Töltési teljesítmény kapacitás: az energiaáramok teljesítménye nem lehet nagyobb, mint a töltőállomás teljesítménye (19).
- Akkumulátorkapacitás: a jármű akkumulátorában tárolt energiamennyiség nagyobb vagy egyenlő, mint 0 és nem haladhatja meg az akkumulátorkapacitás értékét (20).
- Mobilitási igény: a felhasználó adott időintervallum végére érvényes mobilitási igényének teljesülnie kell úgy, hogy az időintervallum végén az akkumulátorban tárolt energia mennyisége nagyobb vagy egyenlő, mint az elvárt energiamennyiség (21).

$$0 \le \sum_{j=1}^{k} x_{i,j} \text{ és } 0 \le \sum_{j=1}^{k} y_{i,j} \text{ ha } k \in \{1..n\}\ \forall i = 1..m \tag{15}$$

$$0 \le \sum_{j=1}^{k} z_{i,j} + SOC^0 \text{ ha } k \in \{1..n\}\ \forall i = 1..m \tag{16}$$

$$0 \le \sum_{i} x_{i,j} \le \Delta t \cdot P_j^{nr} \text{ és } 0 \le \sum_{i} y_{i,j} \le \Delta t \cdot P_j^{r}\ \forall j = 1..n \tag{17}$$

$$\sum_{i} z_{i,j} = 0\ \forall j = 1..n \tag{18}$$

$$-p_i^{V2G} \le \frac{x_{i,j} + y_{i,j} + z_{i,j}}{\Delta t} \le p_i^{G2V}\ \forall i = 1..m \text{ és } \forall j = 1..n \tag{19}$$

$$0 \le SOC^0 + \sum_{j=1}^{k}\left(x_{i,j} + y_{i,j} + z_{i,j}\right) \le BC_i \text{ ha } k \in \{1..n\}\ \forall i = 1..m \tag{20}$$

$$d_{i,k} \le SOC^0 + \sum_{j=1}^{k}\left(x_{i,j} + y_{i,j} + z_{i,j}\right) \quad \text{ha } k \in \{1..n\}\ \forall i = 1..m \tag{21}$$

Mindhárom energiaáram esetén teljesül a feltétel, hogy azt az energiát, amit az egyik jármű visszatáplál, azt ugyanabban az időintervallumban kell felhasználni egy másik jármű töltésére.

3. Szimulációs vizsgálat

A modell alkalmazhatóságának a bemutatásához szimulációs vizsgálatot végeztünk. Egy logisztikai központot feltételeztünk, ahol az alkalmazottak tisztán elektromos személyautói munkaidőben a töltőállomáshoz csatlakoznak. A személyautók használói a munkaidő befejezésére vonatkozóan határoztak meg minimum elvárt töltöttségi szintet. A személyautók és a villamoshálózat között kétirányú energiaáramot feltételeztünk. Emellett a logisztikai központban tisztán elektromos kisáruszállítókat használnak az áruk mozgatásához. A kisáruszállítókat nagyteljesítményű villámtöltőkkel töltik napközben a telephelyen. A kisáruszállítók időalapjának magas kihasználtsága miatt a minél rövidebb töltési idő a cél. A logisztikai központban napelemek is megtalálhatók. A cél, hogy a napenergiával megtermelt energiát a személyautók és a kisáruszállítók energiaigényének kiszolgálására hasznosuljon. Ha túl

alacsony a napelemek teljesítménye, a villamos hálózatból is szükséges tölteni a járműveket. Ha túl magas a teljesítmény, a megtermelt energia egy részét a villamosenergia-hálózatba táplálják és nem a közlekedési igényeket elégíti ki. A szimulációs vizsgálat célja, hogy meghatározzuk mekkora az a legkisebb napelem teljesítmény, amivel a járművek teljes energiaigénye kiszolgálható.

A modellezett időtartam 8:00-tól 16:30-ig tart. A diszkrét időintervallum hossza 15 perc. Vagyis a modellezett időtartamot 34 időegységre osztottuk (m=1..34). A személyautók a modellezett időtartam alatt végig töltőberendezéshez csatlakoznak, a kívánt töltöttségi szintet 16:30-ig kell elérniük. A szimulációs vizsgálatban 3 elektromos személyautó kategóriát és ezekhez tartozó használati jellemzőket különböztettünk meg (3. táblázat).

3. táblázat: Az elektromos személyautó kategóriák és a használati jellemzők paraméter értékei a szimulációs vizsgálat során

Kategória	**Paraméter**	**Érték**
I.	járművek száma	10 db
	BC	30 kWh
	SOC^0	5 kWh
	d(t=16:30)	15 kWh
II.	járművek száma	10 db
	BC	40 kWh
	SOC^0	4 kWh
	d(t=16:30)	12 kWh
III.	járművek száma	10 db
	BC	25 kWh
	SOC^0	3 kWh
	d(t=16:30)	10 kWh

Összesen 30 személyautót vizsgáltunk. Az akkumulátorkapacitás értékét a népszerű tisztán elektromos járművek értékei alapján határoztuk meg (például: Nissan Leaf, 40 kWh). A mobilitási igények meghatározásánál figyelembe vettük egy korábbi kérdőíves kutatásunk eredményét, miszerint az átlagos napi futásteljesítmény 40 km [13].

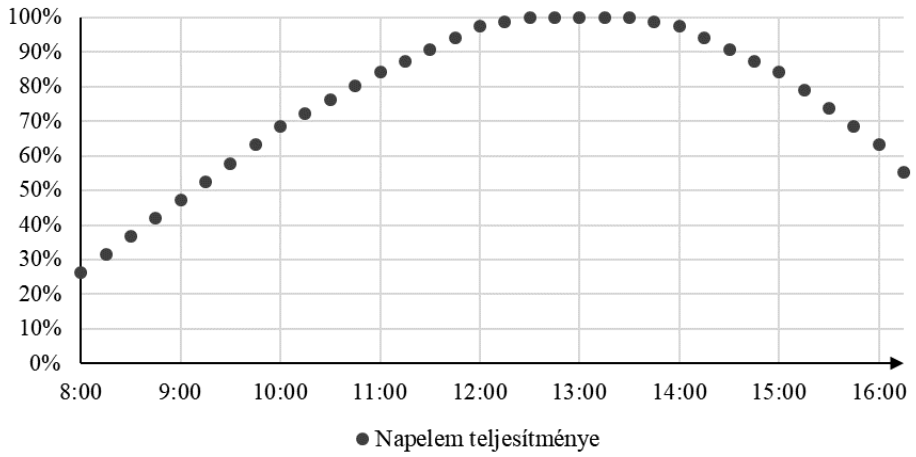
A telephelyen a személyautók 10 kW teljesítményű töltőberendezésekkel tölthetők. A villámtöltők maximális teljesítménye 50 kW, a gyakorlatban azonban nem egyenletes a töltési teljesítmény. Ezért a szimulációs vizsgálat során alacsonyabb, 40kW töltési teljesítménnyel számoltunk a kisáruszállítók esetében. Személyautók esetén a töltés és visszatáplálás teljesítménye megegyezik (p^{G2V}=p^{V2G}). Kisáruszállítók esetében a visszatáplálás nem megengedett. A kisáruszállítók töltési igényét a következőképp határoztuk meg:

- 9:00-kor tölt az első kisáruszállító,
- minden töltés 30 percig tart, az energiaigény töltésenként 20kWh,
- a töltés befejezése és a következő töltés megkezdése között 30 perc telik el,
- az utolsó töltés 16:00-kor kezdődik.

Vagyis a kisáruszállítók és villámtöltők számát nem határoztuk meg, csak a villamoshálózaton jelentkező töltési igényüket. A szimulációs vizsgálatban az energia fajlagos költsége nem megújuló energiaforrás esetén C^{nr} =99Ft/kWh, megújuló energiaforrás esetén C^{r} =5Ft/kWh. A pontos költségértékeknek nincs jelentőségük a jelenlegi szimulációs vizsgálatban. Azért állítottunk be jelentős különbséget a két érték között, mert a megújuló energiaforrásokat részesítjük előnyben. A nem megújuló energiaforrás teljesítménykapacitását végtelennek tekintettük. Figyelembe vettük a napelemek napközbeni teljesítményingadozását a [14] alapján. A 2. ábra a teljesítmény változását mutatja be a modellezett időtartam alatt.

A szimulációs vizsgálatban az x, y és z paramétereket tekintettük változónak. A célfüggvény a teljes töltési költség minimalizálása (14) volt. A megújuló energiaforrás maximális teljesítményértékét (P^r) változtatva több szimulációs vizsgálatot végeztünk. A többi paraméter értékét nem változtattuk. A lineáris programozási feladat megoldásához a MATLAB beépített *linprog* függvényét és a Dual-Simplex

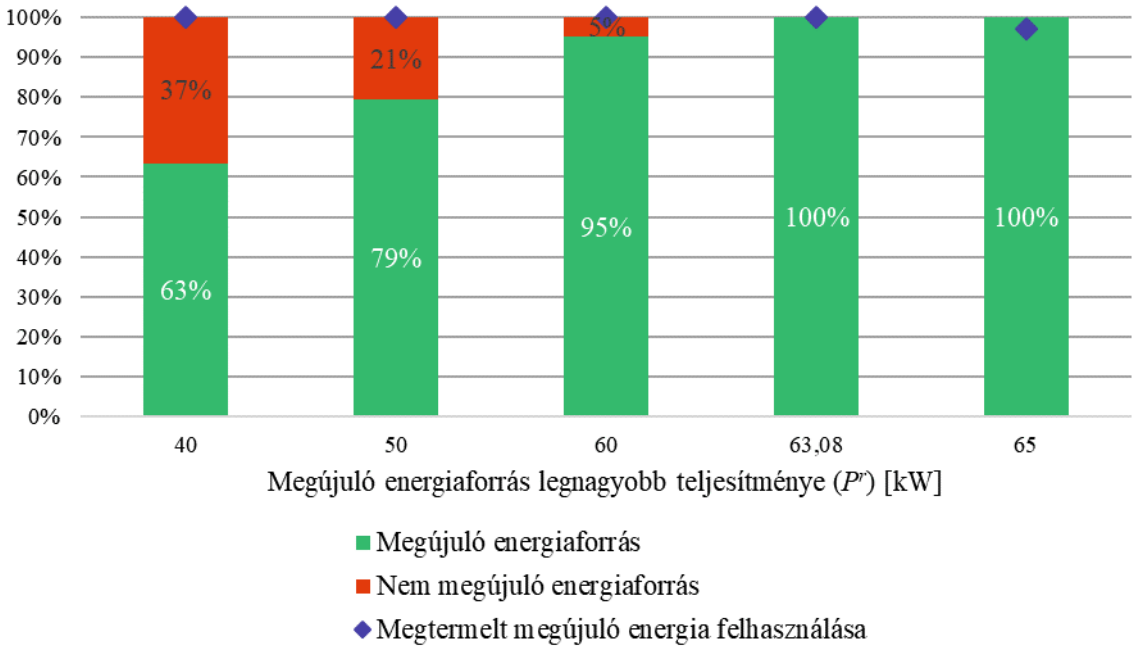
algoritmust alkalmaztuk. Mindegyik szimulációt ugyanazon a számítógépen futtattuk (Windows 10, Intel Core i5-6200U CPU dual-core, 2,4 GHz, 8 GB DDR4 RAM). A futási idő körülbelül 2 másodperc volt.



2. ábra: A napelem teljesítményének változása a modellezett időtartam alatt

4. Eredmények kiértékelése

Megvizsgáltuk, hogy P^r értékének a függvényében hogyan változik a töltési igények kiszolgálására használt nem megújuló és megújuló energiaforrások részaránya, valamint a megtermelt megújuló energia felhasználása (3. ábra).



3. ábra: A nem megújuló és megújuló energiaforrások részaránya, és a megtermelt megújuló energia felhasználási aránya a megújuló energiaforrás teljesítményének (P^r) függvényében

Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a megtermelt megújuló energia felhasználása 100% amíg az kisebb, mint a teljes energiaigény. Továbbá megállapítottuk, hogy a szimulált töltési igény esetén a 63,08kW legnagyobb megújuló energiaforrás teljesítmény az optimális. Ebben az esetben a teljes megtermelt megújuló energiafelhasználásra kerül az elektromos járművekben, és a teljes energiaigényt képes fedezni. Az elektromos személygépkocsik és az elektromos hálózat között kétirányú energiaáram miatt valósulhatott meg, hogy bár a megújuló energiaforrás teljesítménye nem volt elegendő minden napszakban a kisáruszállítók töltésére, a személygépkocsikban tárolt megújuló energiaforrásból származó energiával együtt már ki lehetett szolgálni azoknak a töltési igényét is.

Megvizsgáltuk, hogy P^r=63,08kW esetén intelligens töltésütemezés nélkül mekkora a megújuló energiaforrás részaránya a teljes energiafelhasználáson belül. Ebben az esetben feltételeztük, hogy minden jármű a legnagyobb megengedett töltési teljesítménnyel (p^{G2V}) tölt amíg nem éri el a kívánt töltöttségi szintet. Megállapítottuk, hogy ebben az esetben a megújuló energia részaránya 43%. Vagyis töltésütemezéssel több, mint kétszeresére növelhető a megújuló energia részaránya.

Összehasonlítottuk a töltésütemezés és töltésütemezés nélküli esetet P^r=63,08kW esetén a gazdaságosság szempontjából. Az alábbi költségelemeket feltételeztük:

- Nem megújuló energia díja: 99Ft/kWh [15],
- Megújuló áram kötelező átvételi díja a villamos hálózatba táplálás esetén: 42Ft/kWh [16].

A megújuló energiaforrás teljesítménye mindkét esetben egyenlő, tehát a beruházási költség azonos. Töltésütemezés esetén a teljes 410 kWh energiaigény megújuló energiával szolgálható ki. Fennmaradó szabad kapacitás nincs, így az áramszolgáltató felé nem történik elszámolás. Töltésütemezés nélkül a nem megújuló energiaforrásból származó energia költsége 23163 Ft, míg a hálózatba táplálásból származó bevétel 9827 Ft. Így az áramszolgáltató felé a kiadás 18336 Ft. Éves szinten a különbség közel 4,5 millió Ft, ami megújuló energiaforrásteljesítményre vetítve 72600 Ft/kW.

Konklúzió

Az elektromos járművek környezetre gyakorolt hatását jelentősen befolyásolja az energia előállításának módja. Ezért kidolgoztuk az elektromos járművek központi töltésütemezésének fizikai és matematikai modelljét, ami a kutatás legfontosabb eredménye. A töltési folyamatot, mint lineáris programozási feladat fogalmaztuk meg. A modell újszerűsége, hogy külön kezeli a nem megújuló, megújuló és az akkumulátorban előzetesen tárolt energiaáramokat. Továbbá támogatja a megújuló energiaforrások előnyben részesítését, valamint a kétirányú energiaáramot a jármű és a villamoshálózat között.

Szimulációs vizsgálatot végeztünk, ami alapján megállapítottuk, hogy a modell alkalmas az optimális megújuló energiaforrás teljesítmény meghatározására. Továbbá a modell alkalmazásával akár kétszeresére is növelhető a megújuló energiaforrások részaránya. Végül a gazdaságossági vizsgálat eredménye alapján a költség különbség intelligens töltésütemezés és töltésütemezés hiánya között megújuló energiaforrás teljesítményre vetítve évente 72600 Ft/kW.

A kutatás folytatásának irányaként a modell bővítését tűztük ki az energiatárolás díjának és a villamoshálózati statikus energiatárolóknak a figyelembevételével. Továbbá a töltőteljesítményre vetített költség különbség, valamint a töltési igények jellemzői között kapcsolat pontos meghatározásához további vizsgálatok szükségesek.

Köszönetnyilvánítás

Ez a projekt az Európai Unió Horizont 2020 kutatási és innovációs programja keretében finanszírozásban részesült, a Nemzetgazdasági Minisztériummal kötött NGM_SZERZ/218/2018. számú támogatási szerződés alapján.

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP-MI/FM) tématerületi programja keretében.

Irodalomjegyzék

[1] Mets K. - Verschueren T. - Haerick W. - Develder C. - Turck F. D.: Optimizing Smart Energy Control Strategies for Plug-In Hybrid Electric Vehicle Charging, 2010 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium Workshops, Osaka 2010 június 17. https://doi.org/10.1109/NOMSW.2010.5486561

[2] Mets K. - Hulst R. D. - Develder C.: Comparison of Intelligent Charging Algorithms for Electric Vehicles to Reduce Peak Load and Demand Variability in a Distribution Grid, Journal of Communications and Networks 2012/14(6) 672-681 https://doi.org/10.1109/JCN.2012.00033

[3] Chen N. - Tan C. W. - Quek T. Q. S.: Electric Vehicle Charging in Smart Grid: Optimality and Valley-Filling Algorithms, IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing 2014/8(6) 1073-1083 https://doi.org/10.1109/JSTSP.2014.2334275

[4] Alonso M. - Amaris H. - Germain J. G. - Galan J. M.: Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles in Smart Grids by Heuristic Algorithms, Energies 2014/7(4) 2449-2475 https://doi.org/10.3390/en7042449
[5] Gan L. - Topcu U. - Low S. H.: Optimal Decentralized Protocol for Electric Vehicle Charging, IEEE Transactions on Power Systems 2013/28(2) 910-951 https://doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2210288
[6] Wu X. - Hu X. - Teng Y. - Qian S. - Cheng R.: Optimal Integration of a Hybrid Solar-Battery Power Source Into Smart Home Nanogrid with Plug-In Electric Vehicle, Journal of Power Sources 2017/363 277-283 https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.07.086
[7] Qian K. - Zhou C. - Allan M. - Yuan Y.: Modeling of Load Demand Due to EV Battery Charging in Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Systems 2011/26(2) 802-810 https://doi.org/10.1109/TPWRS.2010.2057456
[8] Habib S. - Kamran M. - Rashid U.: Impact Analysis of Vehicle-to-Grid Technology and Charging Strategies of Electric Vehicles on Distribution Networks – A Review, Journal of Power Resources 2015/277 205-214 https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.12.020
[9] Forrest K. E. - Tarroja B. - Zhang L. - Shaffer B. - Samuelsen S.: Charging a Renewable Future: The Impact of Electric Vehicle Charging Intelligence on Energy Storage Requirements to Meet Renewable Portfolio Standards, Journal of Power Sources 2016/336 63-74 https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.10.048
[10] Tarroja B. - Shaffer B. - Samuelsen S.: The Importance of Grid Integration for Achievable Greenhous Gas Emissions Reductions from Alternative Vehicle Technologies, Energy 2015/87 504-519 https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.05.012
[11] Druitt J. - Früh W.-G.: Simulation of Demand Management and Grid Balancing with Electric Vehicles, Journal of Power Sources 2012/216 104-116 https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.05.033
[12] Sanchez-Hidalgo M.-A. - Cano M.-D.: A Survey on Visual Data Representation for Smart Grids Control and Monitoring, Sustainable Energy, Grids and Networks 2018/16 351-369 https://doi.org/10.1016/j.segan.2018.09.007
[13] Csonka B.- Csiszár Cs.: Elektromos járművek töltőinfrastruktúrájának kiépítéséhez a felhasználói elvárások feltárása, Közlekedéstudományi Konferencia, Győr 2017. március 30-31.
[14] https://www.transnetbw.de/de/presse/presseinformationen/presseinformation/sonnenfinsternis-transnetbw-hat-stresstest-bestanden (2020.01.28)
[15] https://www.eon.hu/hu/uzleti/aram/arak-tarifadijak.html (2020.01.29)
[16] http://www.mekh.hu/kotelezo-atveteli-rendszer-villamos-energia (2020.01.29)

Gráf alapú integrált díjképzési rendszer hazai alkalmazási lehetőségei

Németh András - Dr. Tóth Bence

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
telefon: 1 / 432 9000 (29260)
e-mail: nemeth.andras.90@gmail.com, toth.bence@uni-nke.hu

Kivonat: A hazai közösségi közlekedés egyik legnagyobb hátránya az egyes közlekedési alágazatok számos pontban hiányos integrációja, amely a menetrend és az infrastruktúra mellett a tarifarendszerben is megjelenik. Kutatásunk célja egy olyan új díjképzési módszertan alapjainak kidolgozása, amellyel országos szinten bármely két pont között integrált utazási ajánlat képezhető.

A hazai közforgalmú közlekedési hálózat díjszabási szempontból történő modellezésére többféle, külföldön már beváltan alkalmazott módszertan létezik, ezek közül a jól programozható megállóhely-csoporti modellt vettük kiindulási alapul. E tarifamodell alapja egy súlyozott gráf (hálózat), amely a valós környezetet oly módon egyszerűsíti le, hogy a csúcsok a településeket, mint az azon belül található megállóhelyek csoportját reprezentálják (logikai megállók), míg az élek a településeket összekötő közlekedési útvonalaknak feleltethetők meg. Az élek súlyozásával a logikai megállók (csúcsok) közötti távolságok nyernek értelmet.

A tarifamodell országos szintű felépítésének időigényessége miatt egy kisebb országrészen hajtottuk végre a vizsgálatokat. Erre ideálisnak bizonyult Vas megye területe, amelyet változatos topológiájú település- és közlekedéshálózat jellemez, ráadásul még a kisebb településekről is rendszerint legalább kettő különböző központ (járás) irányába ingáznak a lakosok, így még az egyszerűsített célforgalmi mátrix is változatos eredményeket mutat.

A tarifamodell tesztelése érdekében megvizsgáltuk, hogy az egyes fizikai megállók milyen légvonalbeli távolságra találhatók a hozzájuk kapcsolt logikai megállóktól, az eredményeket hisztogramon ábrázoltuk. Mindemellett három különböző módon végeztük el a gráf éleinek súlyozását: a csúcsok légvonalbeli távolsága, a csúcsok jelenlegi díjszabási távolsága, illetve képzett távolságok alapján. Az így létrejött három hálózatra távolságmátrixot generáltunk. E mátrixokat összehasonlítottuk egy olyan mátrixszal is, amelyben a csúcsok egymástól vett távolságát nem a hálózaton bejárt élek súlyainak összege, hanem egyszerűen a csúcsok légvonalbeli távolsága alapján határoztuk meg.

A létrejött négy távolságmátrixhoz hozzárendeltük a 2011. évi népszámlálás ingázással kapcsolatos, településenkénti adatbázisa alapján képzett célforgalmi mátrixot, így egy kivonatos képet kaphattunk arról, hogy Vas megyén belül mekkora napi utaskilométer-teljesítmény keletkezik a lakosok megyén belüli ingázásából. Ezt tovább bontva megkaptuk azt, hogy jelenleg mennyi ingázó utazik adott kilométer-övezeten belül, amelyhez a jelenlegi bérletárakat rendelve egy összbevételt határoztunk meg. E bevételt fix összegűnek meghatározva árazási javaslatot tettünk a kilométer alapon meghatározott bérletekre.

Kulcsszavak: díjképzés, közösségi közlekedés, tarifarendszer, gráfelmélet

Bevezetés

A hazai közösségi közlekedés egyik legnagyobb hátránya az egyes közlekedési alágazatok számos pontban hiányos integrációja, amely a menetrend és az infrastruktúra mellett a tarifarendszerben is megjelenik. Problémát jelent, hogy az autóbuszos és a vasúti tarifarendszer csak a menetdíjak táblázatait tekintve egységes, ráadásul ez a menetdíj-táblázat önmagában is elavult, hiszen 5, 10, majd 20, illetve 50 km-es övezeti lépcsőkkel számol, kilométer pontosságú árazás helyett. A díjképzés szinte kizárólag a megtett távolságtól függ, ennek díjszabási szempontból történő számítása során azonban számos kivételt és egyedi esetet kell figyelembe venni (pl. ha az autóbusz nem a legrövidebb úton, hanem betérésekkel közlekedik), ami jelentősen megnehezíti egy egyszerűen programozható, országos szintre kiterjesztve működtethető, rugalmasan módosítható, integrált tarifarendszer létrehozását. A több tízezer pontból (megállóhelyből) és megannyi élből (vonalszakaszból) összeálló hazai közforgalmú közlekedési hálózat tehát díjszabási szempontból egyszerűsítésre szorul, amelyre több, külföldön bevált tarifamodell ad példákat.

Jelen cikkben a megállóhely-csoportok képzésén alapuló tarifamodell [1] alapján készítettük el a hazai közforgalmú közlekedési hálózat matematikai leképezését. A munka során a területi lehatárolást egy megyére szűkítettük, e területen belül ugyanakkor számos vizsgálatot, tesztet hajtottunk végre a modell gyakorlati használhatóságának bizonyítása érdekében. A létrehozott matematikai modell forgalmi ráterheléses vizsgálat végrehajtására, illetve bérletárazási függvények generálására, árazási javaslat megfogalmazására is alkalmasnak bizonyult.

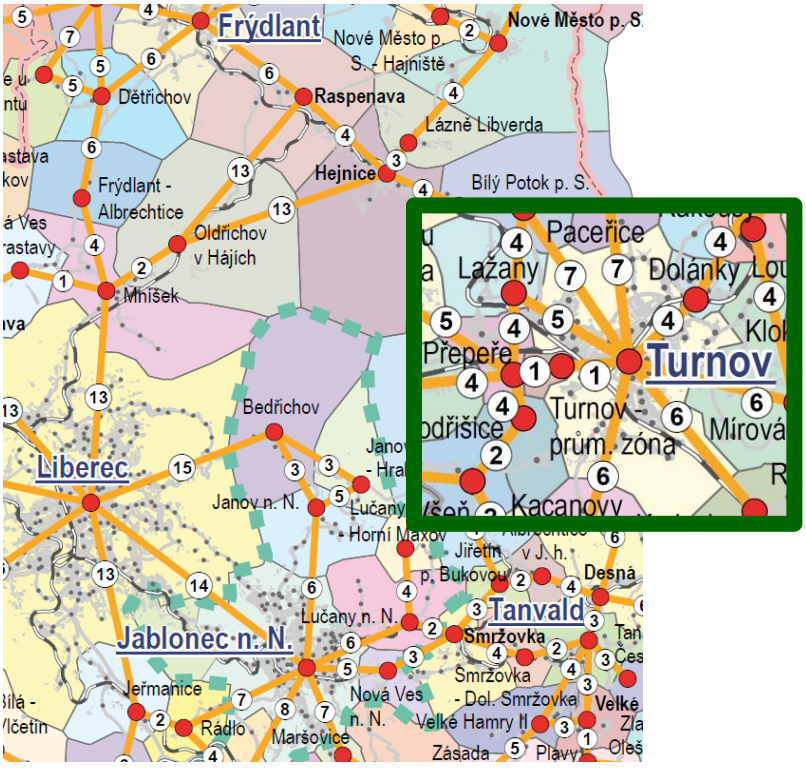
1. A megállóhely-csoporti modell

A szomszédos Ausztria területén valamennyi tartománynak saját belső tarifarendszere működik, ez alól csak a keleti régió három tartománya (Wien, Niederösterreich, Burgenland) képez kivételt, ők ugyanis 2016 óta közösen üzemeltetnek egy közlekedési szövetséget (Verkehrsverbund Ost-Region, VOR), ahol ma már az ún. Haltestellengruppenmodell, azaz megállóhelycsoport-modell a díjképzés alapja.

Ennek a modellnek az a lényege, hogy egy-egy tarifapontba (ún. logikai megállóba) néhány fizikai megállóhelyet integrálnak. Bármely két tarifapont (logikai megálló) közötti utazás során az utas szabadon eldöntheti, hogy mely járatokat veszi igénybe, a tarifát pedig az határozza meg, hogy a két logikai megálló között mekkora távolság van. Bizonyos esetekben szükséges lehet megadni azt is, hogy útközben mely egyéb tarifapontokat érint az utas. A legkisebb díjtételt a tarifaponton belüli utazás jelenti, amikor az adott tarifapont (logikai megálló, avagy megállóhely-csoport) két fizikai megállója között történik az utazás (például egy adott településen belül található két fizikai megállóhely között).

Korábban a Verkehrsverbund Kärnten (VVK) is ilyen rendszert alkalmazott, majd egy ideig egyedül a Verkehrsverbund Niederösterreich-Burgenland (VVNB) alkalmazta ezt a modellt, viszont a VVNB és a VOR 2016 nyarán történt összeolvadását követően az utódként megmaradt VOR tovább vitte e modell alkalmazását. Az átállást hosszas munka előzte meg, ugyanis már 1999 és 2001 között elkészültek az első tanulmánytervek a keleti régióban akkor még működő SBV, valamint a VVNB és a VOR tarifarendszereinek összehangolására, és a területen belül egységes, átjárható és átlátható tarifarendszer létrehozására. [2]

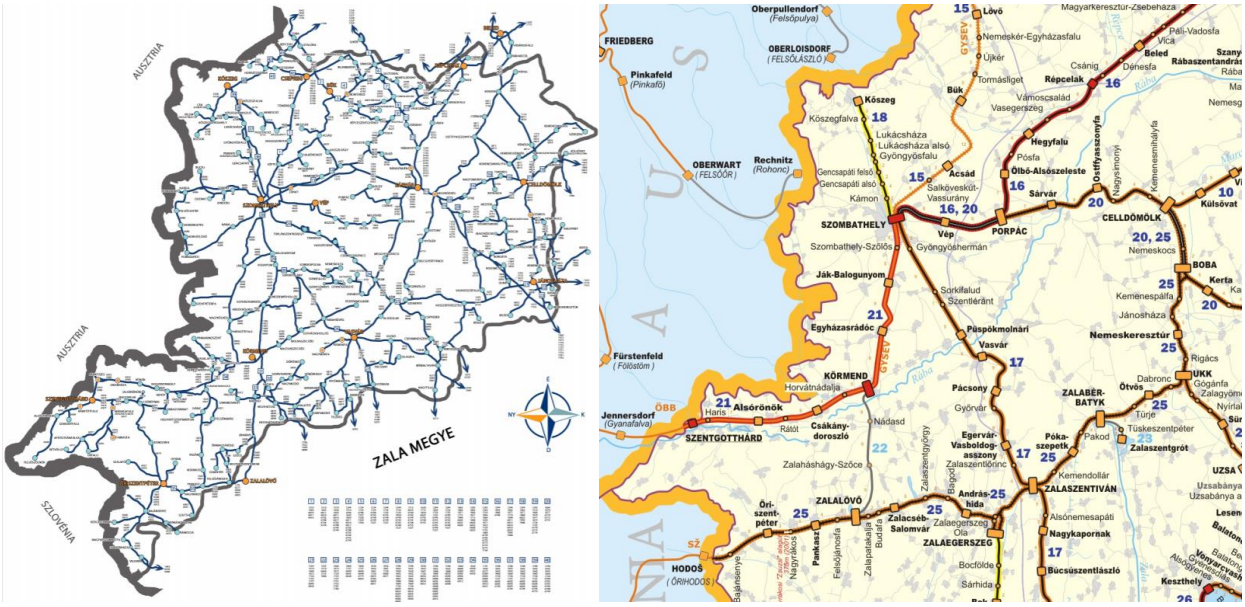
A megállóhely-csoporti modellt Csehország négy északi megyéjében ugyancsak alkalmazzák. Ústi nad Labem megyéje 2016-ra tért át a megállóhely-csoporti modell alkalmazására [3], emellett Pardubice és Hradec Králové megyéje közös, megyehatáron átnyúló tarifarendszert vezetett be. Az 1. ábra szemléletesen ábrázolja Liberec megyéjének tarifarendszerét.



1. ábra: A csehországi Liberec megye tarifahálózati térképe [4]

1.1 A vizsgált terület lehatárolása

A jelen cikkben bemutatott kutatás – a korábbi vizsgálatokat [5] folytatva – Vas megye területére és egyes szomszédos településekre terjed ki. A területválasztás indokául szolgál az is, hogy Vas megye közlekedési hálózata kifejezetten ideális feltételeket teremt különféle modellek tesztelésére, összefüggések kimutatására, hiszen megyén belül is változatos sűrűségű és topológiájú közlekedés- és településhálózat jellemzi, ráadásul három nagy közlekedési közszolgáltató társaság is (MÁV-Start Zrt, GYSEV Zrt, Volánbusz Zrt.) aktívan részt vesz a közforgalmú közlekedés lebonyolításában.



2. ábra: Vas megye autóbusz-hálózati, illetve vasúti térképe [6][7]

Ugyancsak szempontként szolgált, hogy a 2011-ben lezajlott népszámlálás eredményei alapján Vas megyében volt tapasztalható országos szinten az egyik legnagyobb mértékű ingázási hajlandóság, csak a szombathelyi agglomerálódó térségben naponta 20 ezer fő ingázott a munkahelyére. [8] Mindösszesen egy olyan Vas megyei település (Nemesmedves) található, amelyről a KSH nem tudott közölni ingázási adatokat az Adatvédelmi Szabályzatban [9] foglaltak miatt. A fennmaradó 215 Vas megyei település, valamint a vizsgálatba vont további 18 település lakosai közül összesen 26 963 fő ingázott a lakóhelye és valamelyik Vas megyén belüli település között. A vizsgált terület ingázási adatainak kivonatát az 1. táblázat tartalmazza. Az adatok legyűjtéséhez az Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer (TeIR) internetes felületét vettük igénybe, ahol a 2011. évi népszámlálásról települési szinten érhetők el a jelen cikk szempontjából kulcsfontosságú forgalmi adatok.

Célpont \ Kiindulási pont	Acsád	Adorján-háza	Alsószöl-nök	Alsóújlak	Andrásfa	…	Vönöck	Zalalövő	Zsédeny	Zsennye	Zsira
Celldömölk		47				…	132				
Körmend			3			…		57			
Kőszeg						…					11
Sárvár		3		14		…	23		29		
Szentgotthárd			59			…		7			
Szombathely	112			51		…	7	11	3	13	9
Vasvár				38	4	…					

1. táblázat: A vizsgált terület belső ingázó forgalmának célforgalmi mátrixa (adatok forrása: TeIR)

A vizsgált terület ingázási adatainak összegzése alapján Vas megye centralizáltságára utal, hogy az ingázók 58%-ának a központi, Szombathelyi járás területén volt a munkahelye, ugyanakkor a változatosságot növeli, hogy a települések kétharmadáról 2 vagy annál több különböző járás irányában ingáznak a lakosok. A vizsgált 233 településből mindössze 13 olyan település található, amelynek egyetlen Vas megyén belüli pontra ingázó lakosa sem volt a 2011-es népszámlálás szerint.

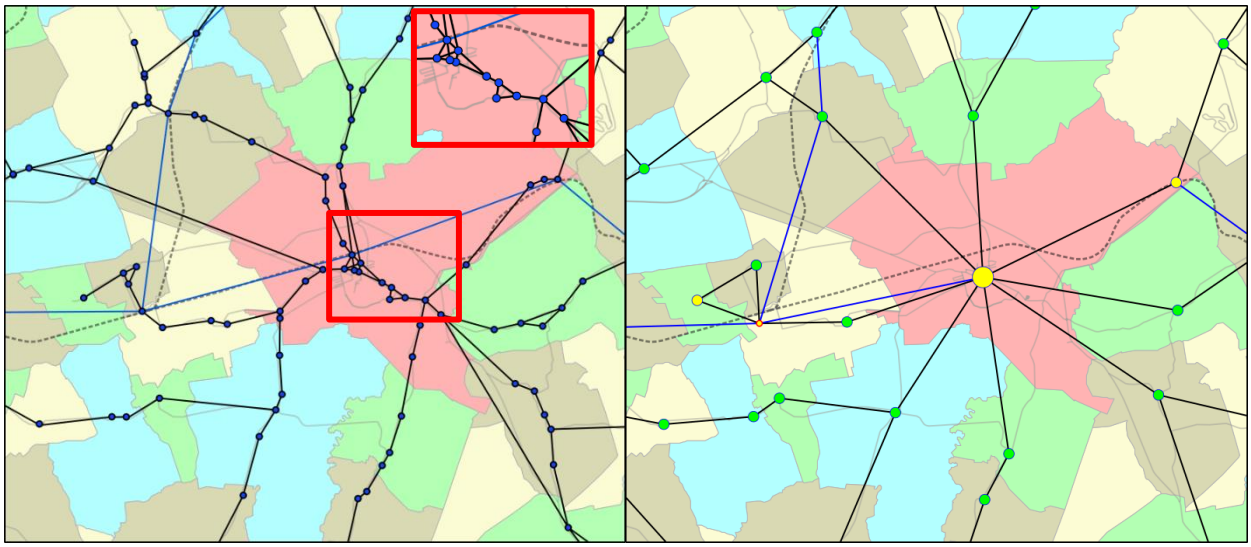
2. Vas megye közforgalmú közlekedési hálózatának gráfmodellje

A következőkben bemutatjuk a modellezéshez használt matematikai apparátust és az alkalmazott számítási módszereket.

2.1 Fizikai és logikai állomások

Fizikai állomásoknak tekintjük az összes közforgalmú autóbusz- és vasúti megállóhelyet, állomást. A vizsgált területen összesen 964 ilyen állomás található, amelyből 42 a GYSEV Zrt, 18 a MÁV Zrt, a fennmaradó 904 pedig a Volánbusz Zrt. üzemeltetése alatt áll. A 3. ábra bal oldalán szereplő, Sárvár környékét illusztráló metszetben összesen 83 fizikai állomás található, melyek egymással való kapcsolatát egyes esetekben (pl. piros keretes részlet) csak bonyolult összeköttetésekkel lehet leírni, hiszen az autóbuszjáratok a városon belül sokszor nagyon változatos útvonalvezetéseket követhetnek.

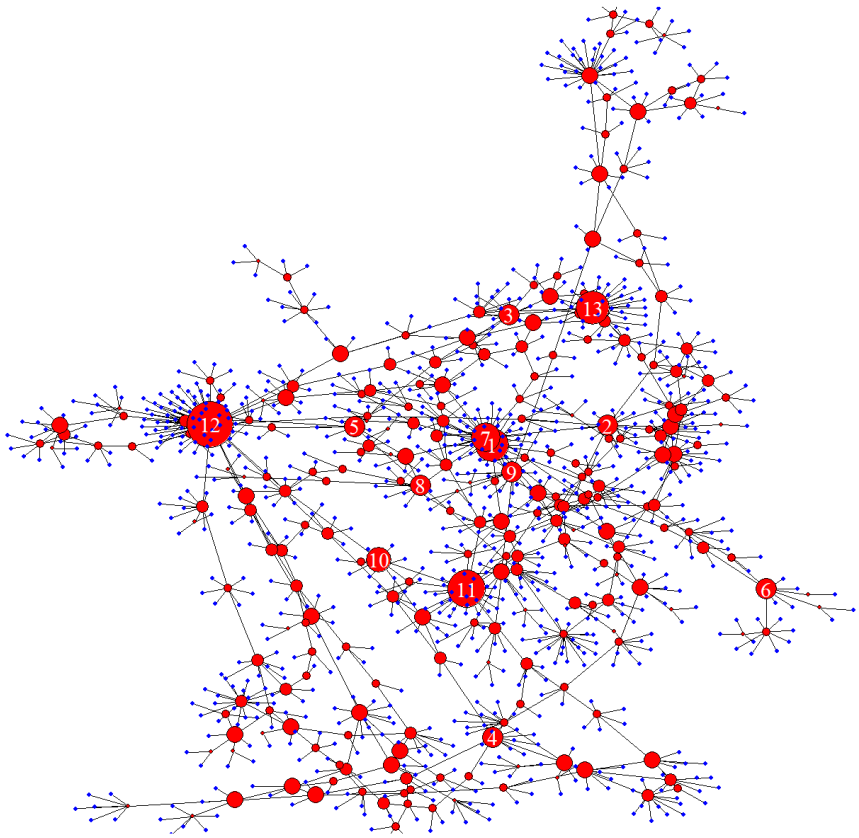
A logikai állomások (avagy megállóhelycsoportok) e fizikai állomások szisztematikus összevonásából képződnek. Egy ilyen megállóhelycsoport földrajzi elhelyezkedésének többnyire az adott település helyközi menetrendben szereplő „autóbusz váróterem” nevű megállóját, illetve a településhez tartozó fő megállót feleltettük meg, de emellett minden egyes megállóhely-csoporthoz földrajzi koordinátákat is rendeltünk. Az egyszerűsítésnek köszönhetően a vizsgált területen mindössze 251 logikai állomás maradt, a példaként szolgáló, 3. ábra jobb oldalán szereplő metszetben pedig már csak 21 logikai állomás található.



3. ábra: Fizikai állomások és az összevonásukkal képzett logikai állomások Sárvár térségében

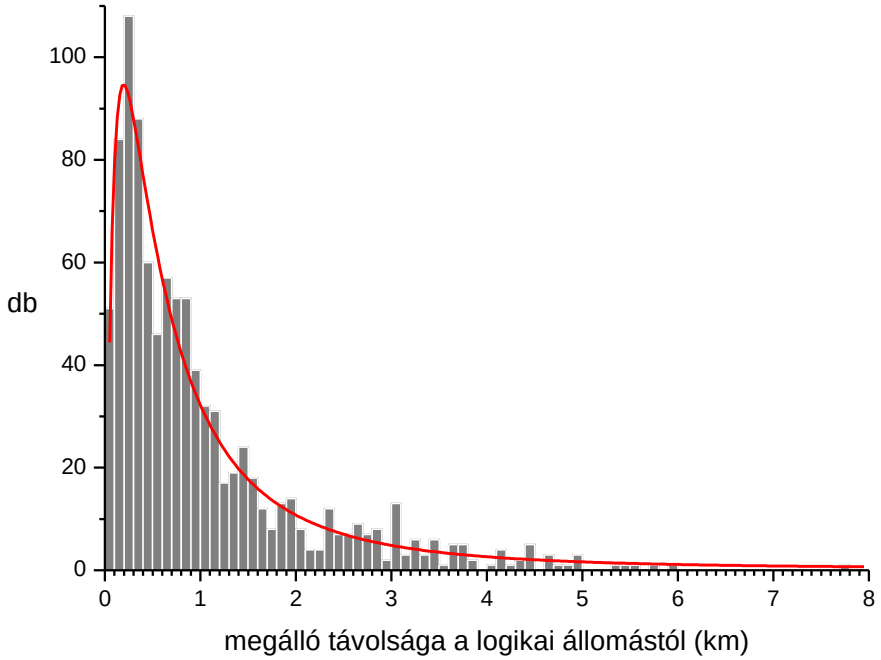
Harmincöt esetben megkülönböztettünk egy adott település közigazgatási határán belül további logikai állomás(oka)t is, amennyiben ezt az adott településrész jelentős elkülönülése (pl. Celldömölkön belül Alsóság vagy Szentgotthárdon belül Farkasfa) vagy egy külterületen, településközponttól távol elhelyezkedő vasútállomás (pl. Acsád vá. vagy Porpác vá.) ezt indokolta.

Felvettünk emellett 18, nem Vas megye területén található települést is logikai állomásnak a széleffektusok kiküszöbölése végett: több esetben szomszédos megyén keresztül rövidebb az eljutás két Vas megyei település között, mely útvonalak figyelmen kívül hagyása torzította volna kapott eredményeinket. Az egyes logikai állomásokba aggregált megállóhelyek számát a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: Az egyes logikai állomásokba aggregált megállóhelyek számának szemléltetése. A számozott csúcsok ötnél több másik logikai állomással vannak kapcsolatban. 1: Celldömölk, 2: Csákánydoroszló, 3: Gersekarát, 4: Hegyfalu, 5: Hegyhátsál, 6: Jánosháza, 7: Körmend, 8: Nádasd, 9: Őriszentpéter, 10: Porpác VÁ, 11: Sárvár, 12: Szombathely, 13: Vasvár

Ezt követően megvizsgáltuk, hogy az egyes fizikai állomások és a hozzájuk rendelt logikai állomások egymástól vett légvonalbeli távolsága milyen eloszlást mutat (5. ábra). Az találtuk, hogy a fizikai és logikai állomások egymástól vett távolsága lognormális eloszlást mutat és a fizikai megállóhelyek közel kétharmada kevesebb, mint 1 kilométerre esik a hozzá rendelt logikai állomástól, így a választott tarifamodell jó pontosság mellett egyszerűsíti a valós – fizikai megállóhelyekből összeálló – környezetet.



5. ábra: Fizikai és logikai állomások egymástól vett távolságának sűrűségfüggvénye

2.2 A modellezéshez használt gráf

Az így képzett logikai állomásokat és a köztük levő kapcsolatokat egy élsúlyozott gráffal, a közlekedési hálózatok és azok viselkedésének leírására általánosan használt matematikai struktúrával modelleztük. A gráf egyes csúcsainak az egyes logikai állomásokat, az éleknek a köztük levő közlekedési kapcsolatokat (és nem a köztük található közutakat) feleltettük meg. A számításokhoz használt gráf az egyes logikai állomásokkal a 6. ábrán látható, mely összesen tehát a 251 logikai állomásnak megfelelő csúcsot és 326, a köztük levő közlekedési kapcsolatnak megfelelő élt tartalmazott.

6. ábra: A számításokhoz használt gráf Vas megye térképén.

2.3 Útkeresés

A gráfot az *R* programozási nyelv és környezetben [10], a Csárdi Gábor és Nepusz Tamás által kifejlesztett *igraph* csomaggal kezeltük [11]. Az *igraph* csomagban egy gráfot egy ún. éllistával lehet definiálni, mely gyakorlatilag egy kétoszlopos mátrix. Először a gráf minden csúcsának meg kell feleltetni egy pozitív egész számot. Ekkor az éllistában egy sor egy gráfbeli élnek, azaz két csúcs kapcsolatának felel meg úgy, hogy az első és a második oszlopbeli számoknak megfelelő csúcsok között található az adott él. Irányított gráf esetében jelentősége van, melyik csúcs szerepel az első, melyik csúcs a második oszlopban, ugyanis ez definiálja az adott él irányítottságát, esetünkben azonban erre nincs szükség, a logikai állomások sorszáma tetszőleges sorrendben szerepelhet egy adott élt kódoló sorban.

Az egyes gráfbeli élekhez hozzárendelhetők súlyok is, minden élhez egy súly. Két csúcs közötti legrövidebb út keresésekor az érintett élek súlyainak összege adja az adott út hosszát. A gráfbeli csúcspárok közötti legrövidebb utak hossza egyszerűen kiszámíthatóak az *igraph* csomag *distances()* függvényének segítségével, mely a Dijkstra-algoritmust [12] használja ehhez. Ugyanakkor a pontos útvonal, az érintett élek is meghatározhatóak a csomag *shortest_paths()* függvényének segítségével.

2.4 Logikai állomások távolságainak mérőszámai

Az egyes logikai állomások egymástól vett távolságának meghatározását négy különböző mérőszámmal jellemeztük. Az egyes mérőszámokat a modell jóságának jellemzésére is felhasználtuk.

2.4.1 Légvonalbeli távolság

Légvonalbeli távolság ($d_{\text{légvonal}}$) alatt két logikai állomást összekötő, a Föld felszínén futó gömbi ív hosszát értjük. Ennek meghatározásához az ún. Haversine-formulát használtuk:

$$d_{\text{légvonal}}(\mathrm{V}_1, \mathrm{V}_2) = 2R\arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2-\varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_2)\cos(\varphi_1)\sin^2\left(\frac{\lambda_2-\lambda_1}{2}\right)}\right), \quad (1)$$

ahol R a Föld sugara; φ_1 és λ_1 a V_1, φ_2 és λ_2 az V_2 logikai állomás földrajzi szélessége, illetve hosszúsága.

2.4.2 GPS távolság

A gráfban két szomszédos, azaz éllel összekötött logikai állomás közötti élhez súlyként hozzárendelhetjük a két logikai állomás légvonalbeli távolságát, melyet ebben az esetben GPS távolságnak (d_{GPS}) nevezünk. Ezen távolságmérték abban különbözik a légvonalbeli távolságtól, hogy amikor két olyan gráfbeli csúcs, azaz logikai állomás távolságát keressük, melyek között nincs közvetlen él, akkor ezen két logikai állomás GPS távolságát a gráfbeli éleken haladva az útvonal összsúlya adja meg:

$$d_{\text{GPS}}(\text{V}_0, \text{V}_n) = \sum_{i=1}^{n} d_{\text{légvonal}}(\text{V}_i, \text{V}_{i-1}), \tag{2}$$

ahol V_0 az n+1 érintett logikai állomásból álló utazás kiindulási állomása, V_i pedig az egyes érinett logikai állomások úgy, hogy V_{i-1} és V_i szomszédosak.

2.4.3 Díjszabási távolság

Két szomszédos logikai állomás díjszabási távolsága ($d_{\text{díjszabási}}$) alatt az adott állomások menetrendben található távolságát értjük. Két tetszőleges logikai állomás díjszabási távolságát úgy határozhatjuk meg, ha a két logikai állomást jellemző gráfbeli csúcs között megkeressük az ezen távolságértékekkel súlyozott gráfban a legrövidebb utat. Ennek az útvonalnak az összsúlyát értjük ezen két logikai állomás díjszabási távolsága alatt.

2.4.4 Logikai távolság

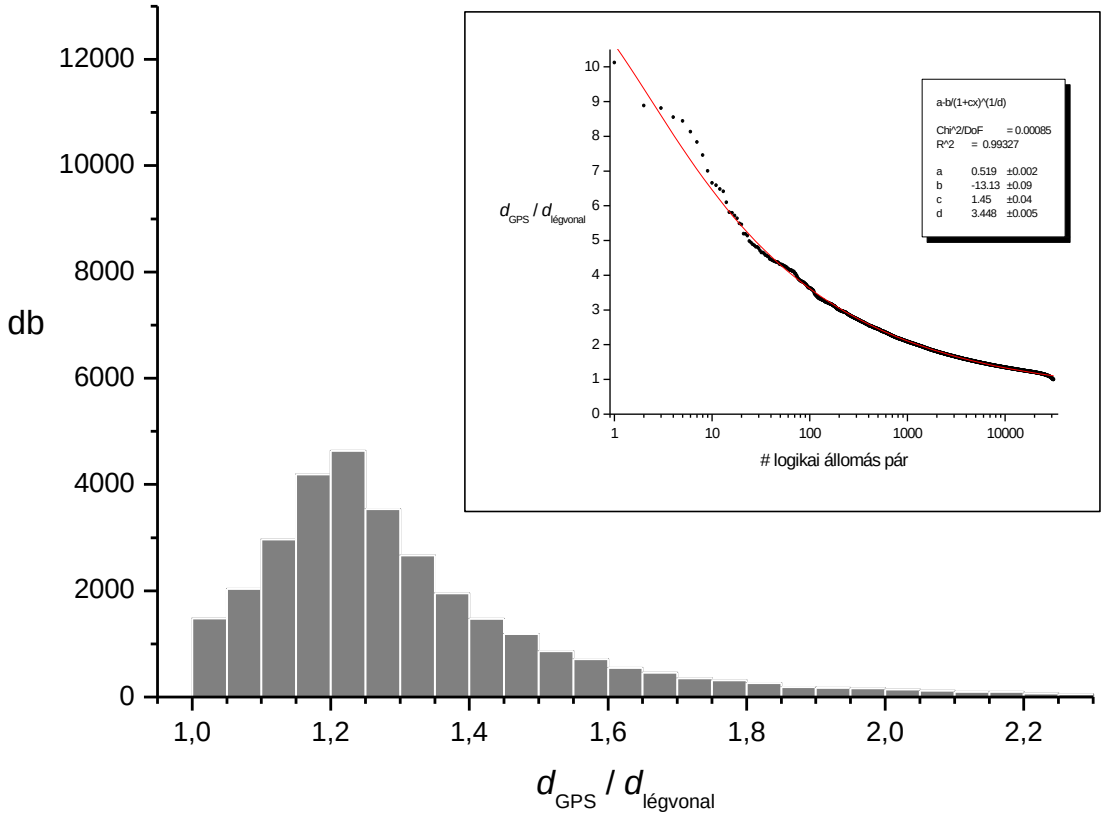
Minden, a gráfban szereplő élhez meghatároztunk egy ún. logikai távolságot is (d_{logikai}). Két tetszőleges logikai állomás logikai távolsága alatt az őket ezzel a súlyozással összekötő legrövidebb út összsúlyát értjük.

3. Díjképzési (távolságszámítási) módszerek

A következőkben az egyes logikaiállomás-párok egymástól vett távolságát hasonlítjuk össze a különböző távolságmértékek szerint.

3.1 Légvonalbeli és GPS távolság

Az egyes logikaiállomás-párokra kiszámítva a légvonalbeli és a GPS távolságot, ezek arányát képezve minden állomáspárra és meghatározva ezek gyakoriságát a 7. ábrán látható hisztogramot kapjuk.



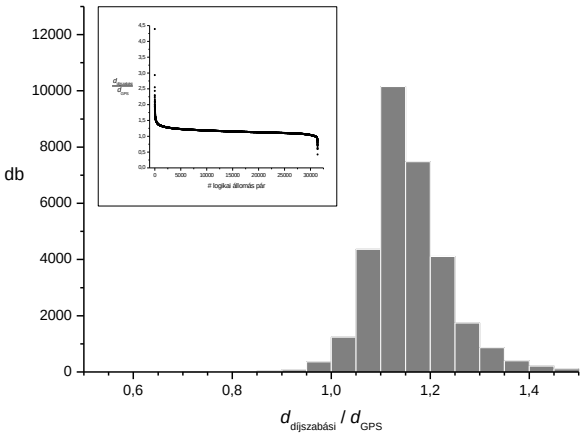
7. ábra: Az egyes logikaiállomás-párok közötti GPS távolság és légvonalbeli távolság arányok gyakorisága. A betétábrán az egyes értékek láthatók csökkenő sorrendbe rendezve és lin-log skálán ábrázolva. Az adatpontokra egy négyparaméteres, a–b/(1+cx)^(1/d) alakú hiperbola illeszthető, ahol x *a független változó.*

A hisztogram maximuma 1,22-nél található, azonban az adatok mediánja, azaz amely értéknél az adatok fele kisebb, fele nagyobb, 1,255. Ez azt jelenti, hogy a logikai állomások között a gráfon mozogva az utazások átlagosan negyedükkel lesznek hosszabbak, mintha légvonalban tudnánk közlekedni közöttük.

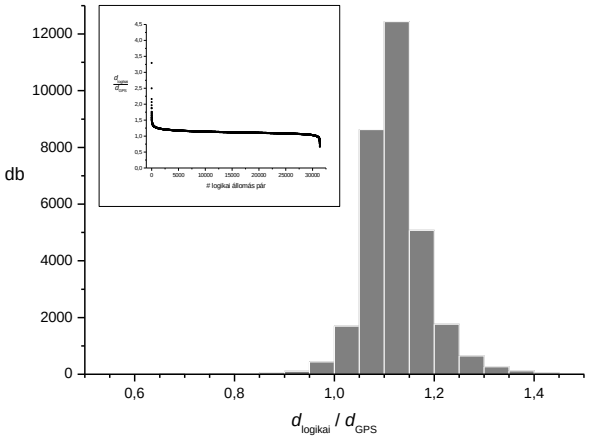
Az egyes hányadosértékeket csökkenő sorrendbe állítva kapjuk a 2. ábra betétábráján látható viselkedést, melyre egy négyparaméteres, a–b/(1+c*x*)^(1/d) alakú hiperbola illeszthető, ahol *x* a független változó. A legnagyobb érték (10,12) a Gyanógeregye–Rábatöttös útvonalhoz tartozik, melyek 34,81 km-es GPS távolsága mellett a légvonalbeli távolságuk mindössze 3,44 km. Ez a legszélsőségesebb, azonban korántsem egyetlen példája annak a helyzetnek, hogy bár szomszédos települések, a köztük található 8702-es úton nincs helyközi autóbusz-forgalom, ezért a két település közösségi közlekedéssel csak Vasváron át érhető el.

3.2 GPS távolság és díjszabási távolság

Az 8. ábrán látható az egyes logikaiállomás-párok díjszabási távolságának és GPS távolságának aránya és az ezekből az adatokból képzett hisztogram. A hisztogram maximuma 1,15-nél van, azaz a díjszabási távolság alapú hosszai a legrövidebb utaknak átlagosan 15%-kal nagyobbak, mint a GPS távolságból számoltak. Ez a TeIR adatbázis forgalmi adatai alapján az utaskilométerekben 17%-kal magasabb értéket jelent.



8. ábra: Az egyes logikaiállomás-párok közötti díjszabási távolság és GPS távolság arányok gyakorisága. A betétábrán az egyes értékek láthatók csökkenő sorrendbe rendezve.



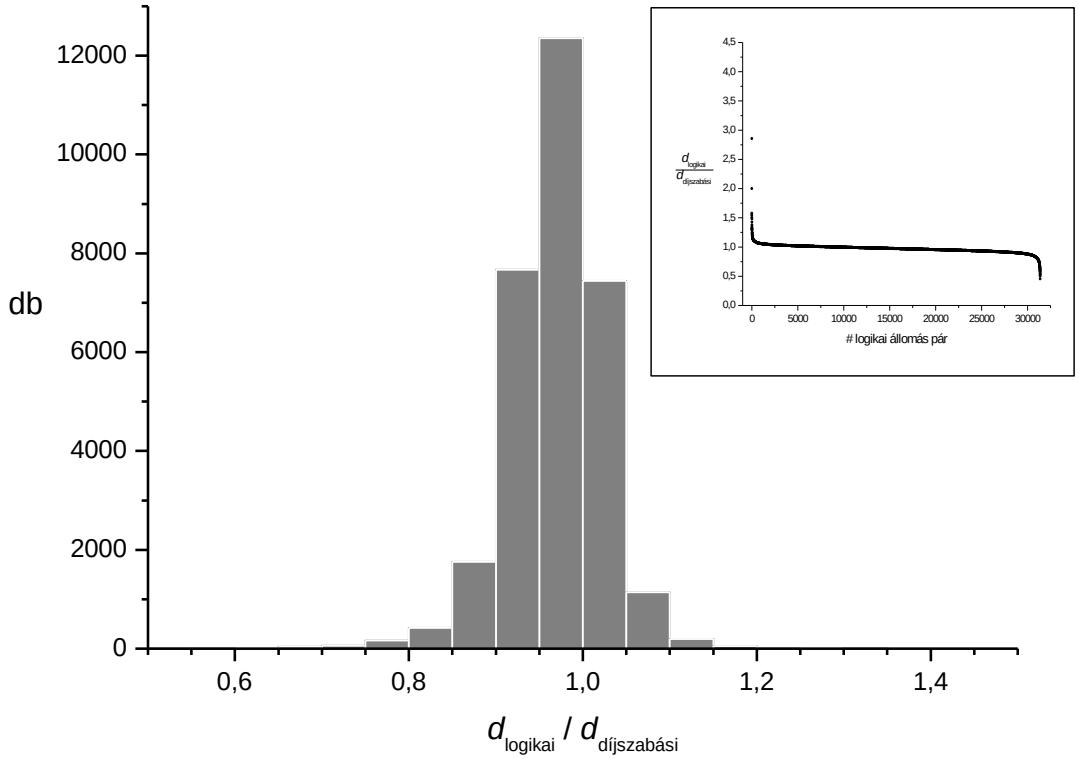
9. ábra: Az egyes logikaiállomás-párok közötti logikai távolság és GPS távolság arányok gyakorisága. A betétábrán az egyes értékek láthatók csökkenő sorrendbe rendezve.

3.3 GPS távolság és logikai távolság

A 9. ábrán látható az egyes logikaiállomás-párok logikai távolságának és GPS távolságának aránya és az ezekből az adatokból képzett hisztogram. A hisztogram maximuma 1,11-nél van, azaz legrövidebb utak logikai távolság alapú hosszai is nagyobbak, átlagosan 11%-kal, mint a GPS távolságból számoltak. Ez a TeIR adatbázis forgalmi adatai alapján az utaskilométerekben 12%-kal magasabb értéket jelent.

Mivel mind a díjszabási távolság, mind a logikai távolság közel azonos arányban ad nagyobb távolságértékeket a GPS távolság értékeknél, érdemes megvizsgálni a jelenleg alkalmazott díjszabási és az általunk javasolt logikai távolság összefüggését is.

3.4 Díjszabási távolság és logikai távolság



10. ábra: Az egyes logikaiállomás-párok közötti logikai távolság és díjszabási távolság arányok gyakorisága. A betétábrán az egyes értékek láthatók csökkenő sorrendbe rendezve.

A 10. ábrán látható az egyes logikaiállomás-párok logikai távolságának és díjszabási távolságának aránya és az ezekből az adatokból képzett hisztogram. A hisztogram maximuma 0,96-nál van, azaz a logikai távolság alapú hosszai a legrövidebb utaknak átlagosan 4%-al kisebbek, mint a díjszabási távolságból számoltak. Ugyanez az érték jelenik meg a forgalmi adatok felhasználásával kapott utaskilométer-értékek csökkenésében is, vagyis az egyes települések egymástól vett távolságának a logikai távolság segítségével történő meghatározása a díjszabási távolság helyett az össz-utaskilométert sem befolyásolta jelentős mértékben.

3.5 Ráterhelés a logikai távolságokkal súlyozott hálózatra

Az 1.1 pontban ismertetett, TeIR adatbázis alapján összeállított célforgalmi mátrix alapján forgalom-ráterheléses vizsgálatot végeztünk el a létrehozott hálózat mindhárom, előzőekben bemutatott módon súlyozott változatára. A három forgalom-terhelési ábra közül az bizonyult a leginkább életszerűnek, amely a logikai távolságokkal súlyozott hálózatra terhelte rá az ismert utasforgalmat (11. ábra).

Tekintettel arra, hogy a két pont között ingázó összes utast az első legrövidebb útra tereltünk, egyes esetekben, bizonyos éleken alul- illetve felülreprezentáltság mutatkozhat. Erre az egyik legjobb példa a Szombathely-Vasvár tengely, ahol a 11. ábra szerint a nyílegyenesen futó vasútvonal „elviszi" az utasokat (a Sorokpolány-Rábahidvég szakasz kvázi 0 terhelést kapott), holott a valóságban a párhuzamos közúton is jelentős utasforgalom zajlik a két város között. A vasút ugyanakkor „hátrányba is kerülhet", hiszen pl. a Porpác-Ölbő vasútvonal-szakaszra elhanyagolható mértékű utasforgalom terhelődött, miközben a valóságban ennél erőteljesebb az itt áthaladó utasforgalom – igaz, az itt utazók többsége nem napi ingázó, miközben az összeállított célforgalmi mátrix csak az ismert ingázó forgalmat számszerűsíti.

A 11. ábrán Bük és Répcelak térsége annak ellenére mutat alacsony terheltségű éleket, hogy e településeken több nagyfoglalkoztató is működik, és jelentős az ide irányuló, napi ingázó forgalom. Mindeközben viszonylag nagy terheltséget mutat pl. a Sárvár-Rábapaty vonalszakasz. Ennek oka az lehet, hogy a 2011. évi népszámlálás során felvett ingázási adatok nem a céltelepülésre, hanem a céltelepülés járásközpontjára vonatkoznak. Emiatt az összeállított célforgalmi mátrix és az abból generált forgalom-ráterhelési térkép nem teljes mértékben tudja tükrözni a valós állapotot, egy Szombathelyről Bükre ingázó utas a Szombathely-Kőszeg tengelyt fogja erősíteni, egy Rábapatyról Répcelakra ingázó utas pedig ugyanúgy a Rábapaty-Sárvár tengelyt fogja tovább terhelni, mint az, aki e településről Sárvárra jár dolgozni.

11. ábra: A TEIR adatbázis forgalmi adatainak ráterhelése a logikai állomások gráfjára. Az egyes élek vastagsága arányos az utasforgalommal.

4. Várható költségfüggvények

Az előző fejezetben részletezettek miatt az 1. táblázatban szereplő célforgalmi adatbázis, illetve az az alapján generált, 11. ábrán látható forgalmi ráterhelés nem pontosan tükrözi a valóságot, ráadásul arról sincsenek megbízható információk, hogy az egyes településeken milyen arányban használják a közforgalmú, illetve az egyéni közlekedési módokat. Mindazonáltal, ha azt feltételezzük, hogy az egyes települések közlekedési módválasztási hajlandósága között nincs nagy különbség, és az ingázók által megtett út nem lényegesen különbözik, ha a járásközpont helyett valamely másik, adott járáson belüli településre ingáznak, akkor a TeIR adatbázisból kinyert adatok a bérlet-árazással kapcsolatos vizsgálatok folytatására alkalmasnak tekinthetők. A vizsgált területen belüli, napi ingázások viszonylatának a négy távolságmérték alapján meghatározva a hosszát, majd ezt az értéket (a jelenlegi szabályok alapján) a következő 5, illetve 10 kilométeres értékre felkerekítve az alábbi utasszámokat kapjuk (2. táblázat):

utazás hossza (km) → / távolságmérték ↓	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90
légvonal	1210	9989	5362	3716	3043	800	519	265	346	39	34	0	0	0
GPS	996	9328	5517	3666	2534	1618	726	368	288	117	131	24	10	0
díjszabási	255	6884	6163	4519	2565	2399	1015	647	283	278	166	119	16	14
logikai	191	7980	5342	3725	3438	2515	777	517	303	280	180	45	23	7

2. táblázat: A vizsgált területen ingázók által megtett utazási távolságok kilométer-övezetek szerinti eloszlása, a négy távolságmérték esetén

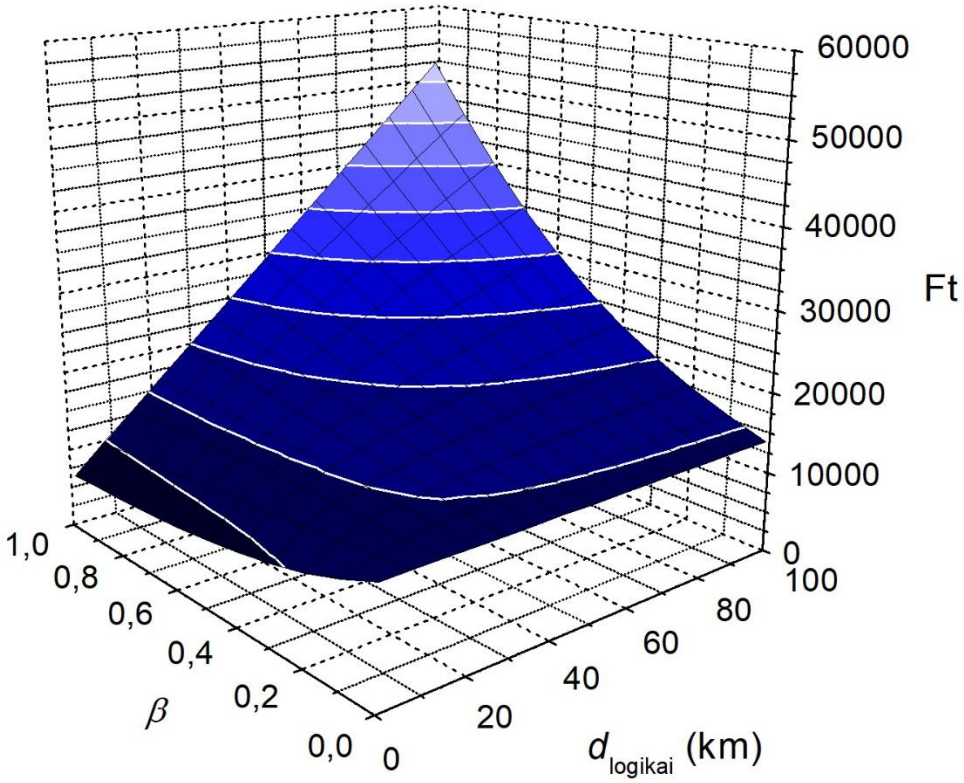
A jelenlegi, övezetesen emelkedő összegű bérletárakkal kalkulálva meghatároztuk, hogy mennyi bevétel keletkezne, ha a táblázatban szereplő valamennyi ingázó utas bérletet váltana. Minden utasra egy bérlet megváltását feltételeztük, tehát nem kívántuk azzal bonyolítani a végösszeg számítását, hogy ma az ingázók

egy részének két, egyenként rövidebb szakaszra vonatkozó bérlet vásárlásával kell megoldania ingázását, mert két közlekedési társaság szolgáltatását is igénybe veszi. A négy távolságmérték közül a díjszabási távolságmérték alkalmazása esetén bizonyult a legmagasabb értékűnek az ingázók által vásárolt bérletekből eredő összes bevétel (379,55 millió Ft).

Az eredő bevétel ismeretében meghatároztuk, hogy a jelenlegi, övezetes bérletár-képzéshez képest milyen más, kilométer-alapú bérletár-képzéssel lehet a „jelenlegivel" megegyező összbevételt elérni. Továbbra is konstans, 5940 Ft-os alapdíjat feltételeztünk, és ehhez egy, a logikai távolság kerekítetlen, pontos értékének hatványfüggvényével változó értéket adtunk. Az egyes bérletek árát így az

$$\alpha \, d_{\text{logikai}}^{\beta} + 5940 \tag{3}$$

képlet alapján számítottuk. Az α és β paraméterek értékét úgy állítottuk be, hogy a modell a jelenlegi összebevételt adja eredményül, amiből az $\alpha(\beta)$ függvény meghatározható és ennek segítségével felrajzolható az egyes utazási távolságokhoz tartozó bérletárak függése az alkalmazott β hatványfüggvény-kitevőtől. (12. ábra)



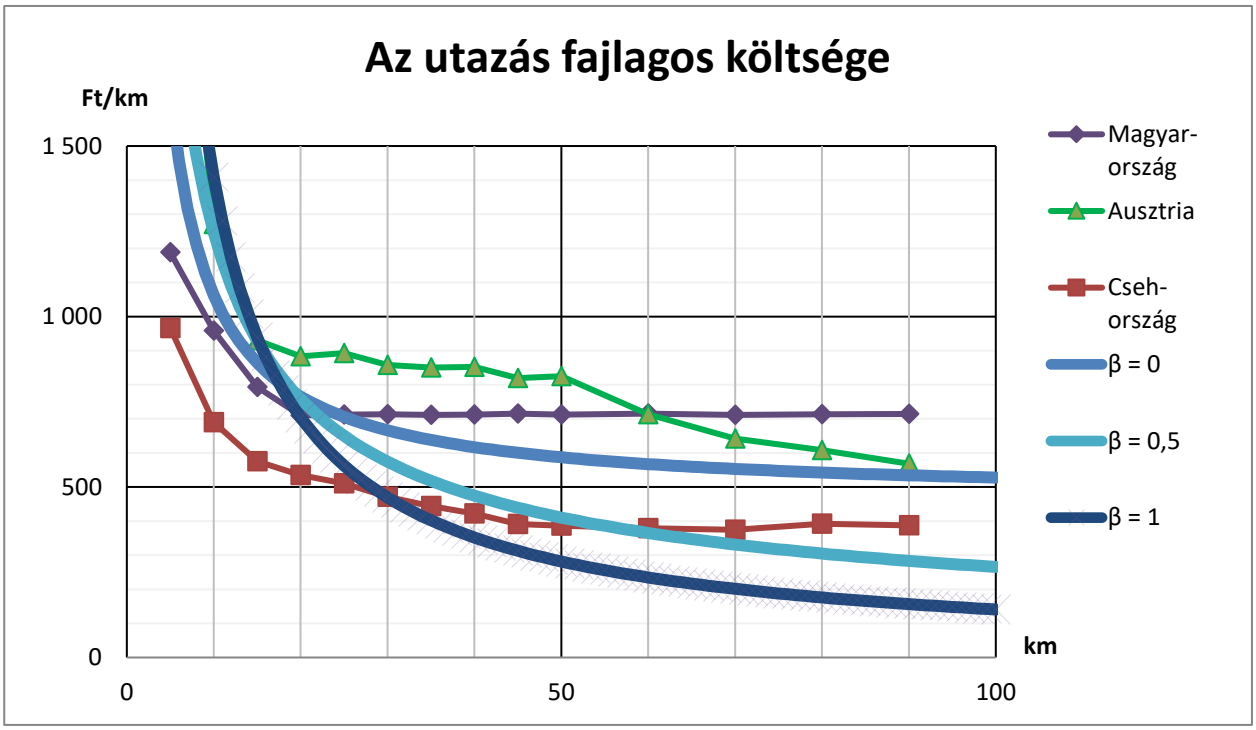
12. ábra: A jelenlegi bérletár-bevételt eredményező díjszabás kerekítetlen logikai távolságok figyelembevételével különböző távolságfüggések esetén.

A β paraméter értéke 0 és 1 között változott. A 0 érték azt jelenti, hogy minden bérlet azonos árú, azaz ez egy egész megyére érvényes bérletet modellez távolsági és viszonylati megkötés nélkül. Ezen bérlet ára 14084 forintnak adódott. A β paraméter 1 értéke az utazási távolsággal egyenesen arányos bérletárat jelent: a bérlet árának alapdíjon felüli része kétszer akkora logikai távolságra váltva kétszer annyi.

Ha a bérletár-képzéshez kapcsolódó korábbi cikkben [5] szereplő 7. ábrát a fenti árazási függvénnyel kiegészítjük, akkor β = 0..1 kitevős függvényekkel képzett bérletárak fajlagos – kilométerre vetített – költsége a 13. ábrán látható függvény szerint fog alakulni a távolság függvényében. A β = 0..1 kitevők alapján vett függvények metszéspontja egymáshoz közel, a 17-18 kilométeres sávban található, és közel ugyanezen a ponton metszik a „Magyarország" elnevezésű görbét is, amely 20 km övezetig hasonló meredekséggel bír, utána azonban kvázi konstans (710 Ft/km) értéket vesz fel.

Egyrészt megállapítható, hogy a különböző β kitevőkre képzett árazási függvények metszéspontjai nagyon jól közelítik a TeIR adatok alapján felvett ingázó utasok által megtett átlagos utazási távolságokat (ami törvényszerű is). Másrészt viszont az a tény, hogy az egyes árazási függvények egymással és a „Magyarország" elnevezésű görbével közös metszéspontjai ilyen közel esnek egymáshoz, alátámasztja,

hogy az általunk alkalmazott tarifamodell és a hozzá kapcsolódó árazási függvények a jelenlegi valós körülményeket jó közelítéssel reprezentálják. Fontos különbség azonban, hogy valamennyi β paraméterű árazási függvény lényegesen nagyobb költségeket terhel a rövid távon ingázókra, miközben a távolabbról ingázókat „nagyvonalúan támogatja”, ugyanis pl. a 90 km-es sávban még a $\beta = 0$ árazási függvény esetén is mintegy negyedével kedvezőbb Ft/km értékkel árazza be a bérleteket.



13. ábra: Az ismert bérletár-képzési módszerek összehasonlítása három különböző β kitevős árazási függvénnyel

Konklúzió

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a cikkben bemutatott, Vas megye közforgalmú közlekedési hálózatát díjszabási szempontból modellező súlyozott gráf segítségével jelentősen egyszerűsíthető a fizikai állomások és az azokat összekötő viszonylatok sokaságából összeálló hálózat, oly módon, hogy az igénybe vevő utasok számára igazságos, az értékesítési rendszert üzemeltető számára pedig hatékony és rugalmasan módosítható tarifamodellt hozunk létre.

Az alkalmazott megállóhely-csoporti modell külföldön beváltan alkalmazott példákon alapul, a fizikai megállókat logikai megállók alá vonja össze, amely logikai megállók többnyire településeknek vagy külterületi településrészeknek, vasútállomásoknak feleltethetők meg. Az összevonás során a vizsgált területen mintegy negyedére csökkent a csúcsok száma, annak ellenére, hogy a fizikai megállók túlnyomó többsége 1 km-en belüli légvonalbeli távolságban maradt a hozzá rendelt logikai megállótól.

A logikai megállók egymástól vett távolságát négyféle módon határoztuk meg. Először csak bármely két pont légvonalbeli távolságát vettük, majd három különböző módon súlyoztuk a gráfot, ezt követően a csúcsok (logikai megállók) közötti legrövidebb távolságot a súlyozott gráfokon is kiszámítottuk.

A vizsgált területre célforgalmi mátrixot határoztunk meg a 2011. évi népszámlálási adatok alapján, így forgalmi ráterheléses vizsgálatot végeztünk az eltérő súlyozású gráfokra. Ezek közül a logikai távolságokkal súlyozott gráf bizonyult a valósághoz leginkább közel állónak, ezért e gráfra vetítve határoztuk meg, hogy az egyes kilométer-övezetekben mekkora utasforgalom jelenik meg.

A jelenleg érvényes, övezetes bérletárakat véve kiszámítottuk, hogy az összes utas mekkora bevételt „termel”, majd meghatároztuk, hogy kilométer-alapú bérletár-képzés esetén milyen árazási függvény alkalmazása mellett érhető el a meghatározott összbevétel. Ezután az eredményül kapott árazási függvényekkel bérletárakat képeztünk, melyek fajlagos – kilométerre vetített – költségét a távolság függvényében ábrá-

zolva arra jutottunk, hogy a fajlagos költségeket ábrázoló görbék közel ugyanazon pontban metszik egymást, amely pont rendkívül közel esik a hazánkban jelenleg alkalmazott árazáshoz kapcsolódó görbe töréspontjához.

A logikai megállók képzésével, majd a gráf súlyozásával tehát egy olyan modellt hoztunk létre, amelynek valóságot jól reprezentáló mivoltát teszteléssel is alá tudtuk támasztani. A célforgalmi mátrix hálózatra történő ráterhelésével, majd a bázis összbevételt célul kitűző árazási függvényekkel olyan eredményekre jutottunk, amelyek a jelenleg alkalmazott megoldásokat jól közelítik. Ebből kifolyólag a gráf alapú integrált díjképzés reális alternatívának tűnik a hazánkban jelenlegi alkalmazott tarifamodellek leváltása, új és egységes tarifarendszer bevezetése esetén.

Irodalomjegyzék

[1] http://dopravni.net/mhd/17392/integrovany-dopravni-system-ceske-republiky/
[2] https://www.herry.at/index.php/verkehrsmodellierung/137-modellrechnung-verbundtarifsystem-fuer-die-ostregion-vorbereitung-einer-umstellung-des-verbundtarifsystems-fuer-die-ostregion
[3] https://slideplayer.cz/slide/11137512/
[4] http://www.iidol.cz/stranky/3:mapy-idol.html
[5] Kovács Máté – Németh András: Elővárosi tarifarendszer bevezetésének lehetőségei Szombathely vonzáskörzetében. Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2018. március 22-23.
[6] https://www.volanbusz.hu/hu/menetrendek/vonalhalozati-terkep
[7] http://ballal.gofree.hu/G/Fali/MAV2011V1S.jpg
[8] Magyarország településhálózata 1. Agglomerációk, településegyüttesek 82-91. o. Központi Statisztikai Hivatal, 2014. ISBN 978-963-235-460 http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mo_telepuleshalozata/agglomeracio.pdf
[9] https://www.ksh.hu/docs/szolgaltatasok/adatigenyles/ksh_adatvedelmi_szabalyzat_2017.pdf
[10] R Core Team: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2012. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/
[11] Csardi G. – Nepusz T.: The igraph software package for complex network research, InterJournal, Complex Systems 1695. 2006. http://igraph.org
[12] Dijkstra E. W.: A note on two problems in connexion with graphs, Numerische Mathematik 1/1, 269-271, 1959, DOI: 10.1007/BF01386390

Greta Thunberg EuroNight: a vasút és a repülés változó versenyhelyzete

Lévai Zsolt[1] – Molnár Balázs[2]

[1]Széchenyi István Egyetem, Építész-, Építő- és Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedési Tanszék
telefon: +36 96 503-400/3308
e-mail: levai.zsolt@sze.hu

[2]MÁV-START Zrt.
telefon: +36 1 511-5055
e-mail: molnar.balazs@mav-start.hu

Kivonat: Jelen cikk a globális klímaváltozás nyomán kialakuló mozgalmak közlekedésre gyakorolt hatásaival foglalkozik. A munkavállalási célú utazás (az ehhez kötődő rokoni látogatások) és a turizmus egyre növekvő ágazat a világon, hatása világgazdasági jelentőségű. Az utazási mód választását nagyon sok tényező befolyásolja, melyek közül ma már nem elhanyagolható szempont a környezetvédelmi tudatosság. Ugyanakkor a közlekedési eszközök általi össz-károsanyag-kibocsátás olyan mértékűre nőtt, hogy a környezet védelmének érdekében szükséges a környezetkímélő járművek előtérbe helyezése. A klímavédelmi programokban nagy jelentősége lehet a vasúti közlekedésnek, mint a legkevésbé környezetszennyező távolsági közlekedési módnak. A cikk szerzői a közlekedéstudomány, az üzleti tudományok és a gazdaságföldrajz határterületein mozogva bemutatják a rövid távú repüléssel szemben a nemzetközi vasúti közlekedés lehetőségeit, kiemelten foglalkozva a vasút versenyelőnyével és a lehetséges fejlesztésekkel.

Kulcsszavak: globális klímaváltozás, vasúti közlekedés, repülés, versenyelemzés, vasúti fejlesztések

Bevezetés

A cím szándékosan provokatív, a fiatal környezetvédelmi aktivista neve ugyanis sokak számára ismert. Következetessége, hogy nem hajlandó repülőre ülni, egy globális fogyasztási divathullám részeként jelentősen formálja az európai közlekedési szokásokat. Döntő fordulat vele kapcsolatban, egyfajta sajátos minőségbiztosítása az aktivizmusának, hogy az amerikai Time magazin az Év emberének választotta 2019-ben. A már sokszor és sok formában újjászületett környezetvédelmi mozgalom ezzel új arcot kapott: a közösségi és a hagyományos média együttesen erősítette föl azon fiatalok hangját, akik fogyasztási kultúrájukkal szembe kívánnak fordulni a korábbi középosztályi mintákkal. Greta Thunberg tevékenységével környezetünk mai állapotára, illetve a jövő kilátásaira kívánja felhívni a figyelmet, de élénk jelenléte a médiában elsődlegesen a kommunikációs tér egy hirtelen jött jelensége, csak másodlagosan tényleges környezetvédelmi tevékenység. A környezetvédelem ügyének vannak még világszerte ismert arcai, például David Attenborough természetfilmjei vagy Ferenc pápa Laudato si' kezdetű enciklikája szintén hatalmas közönséghez jutnak el.

A klímaváltozással kapcsolatos téma aktualitása megkérdőjelezhetetlen és egyértelműen kirajzolódnak a fejlett országokban követett fejlődési irányvonalak. Az európai politikai térben a fenntarthatóság kérdésköre kiemelt területté vált: Ursula von der Leyen, az Európai Bizottság elnöke ezt tette politikája központi fogalmává. Témánk szempontjából kulcsfontosságú, hogy a Bizottság elindította egy új közlekedési „fehér könyv" előkészítését. Ez az európai zöld megállapodás egyik kezdeményezése annak érdekében, hogy 2050-re az EU klímasemlegessé váljon [1; 2. o.].

A médiában és a közéletben sokat szereplő aktivista tevékenysége mellett a tudományos figyelemfelhívás is fontos, melyre reményeink szerint cikkünk is például szolgál. A provokatív cím tehát nem véletlen: az erősödő nemzetközi környezetvédelmi mozgalom egyszerre hat a fogyasztókra és a választókon keresztül a politikai döntéshozatalra. A tudomány és a szakpolitika kapcsolatának erőteljes katalizátora, ha a pénzükkel szavazó vásárlók, a politikát meghatározó választók és meghatározó érdekcsoportok azonos fő irányba mozdítják a kutatókat, a tudomány világát, valamint az abból építkező szakpolitikai és a rájuk támaszkodó általános politikai döntéshozókat. Az európai politika tehát leadta a „megrendelést", a zöld

megoldásokat most a szakpolitikai tanácsadóknak kell kidolgozniuk. Eközben a piac viharos gyorsasággal alakul át és a néhány éve még reménytelennek tűnő vasúti közlekedési szegmensek üzemeltetői már kapacitásgondoktól tartanak.

Cikkünk ezért a vasúti és a leginkább környezetszennyező légi közlekedés összehasonlításával foglalkozik. Az első részben elemezzük a két közlekedési módot, majd a második részben bemutatjuk a vasút versenyelőnyét a rövid távú repüléssel szemben. Kiemelt jelentőséget tulajdonítunk annak, hogy az utasok tudjanak érdemben választani a két közlekedési mód között, ezért javaslatokat fogalmazunk meg a vasút jobb elérhetősége érdekében. Jelen tanulmányunk csak az Európán belüli személyszállítási kérdésekkel foglalkozik. Célunk az, hogy további, a témában folytatott kutatásra ösztönözzük a szakmát a változó hazai igények jobb megismerése érdekében.

1. A közlekedés környezeti hatásai

A globalizált gazdaság jelentős helyváltoztatási igényeket generál. A termelés és a fogyasztás térbeli elkülönülése szükségessé teszi az áruk szállítását, a termelési helyek térbeli elhelyezkedése pedig a munkaerő utazását. A munkahelyekhez való könnyebb eljutás pedig magával hozzá a születési helyről való elmozdulást, így egy újabb utazási szegmenst, a családlátogató utazásokat generálva.

Az utazási szükségletek másik nagy csoportja a turizmus keltette forgalom. A világgazdaság fejlettsége és az egyre inkább biztosított mozgási szabadság sokakat ösztönöz a világ megismerésére és felfedezésére. A turisztikai iparág folyamatosan bővül és fejlődik, mely tovább generálja a helyváltoztatási igényeket.

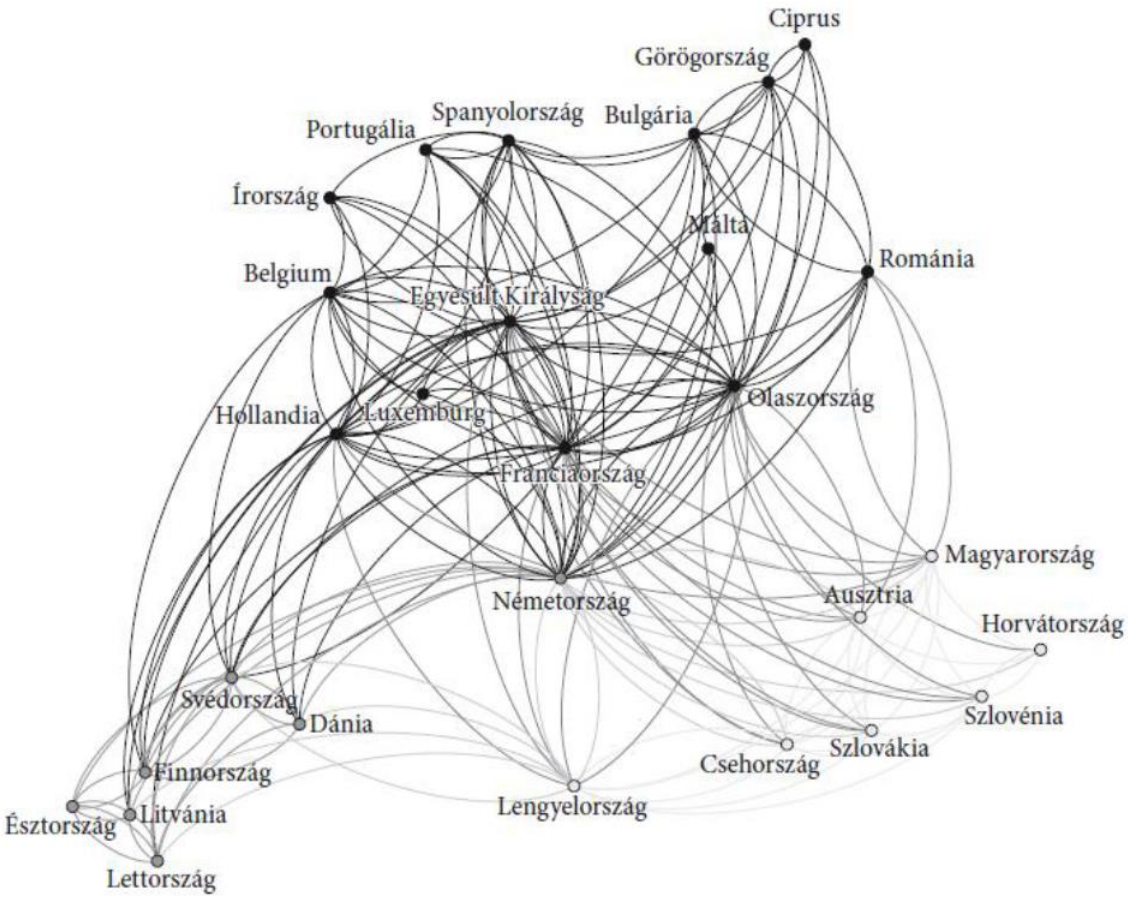
Ezek az utazási igények a közlekedési szektor teljesítményére is jelentős hatással vannak. A nagyobb távolságú utazások esetén a legfőbb közlekedési eszközzé a repülő vált, mert az utazási idő sok ember számára kieső időként jelentkezik, és ezt szeretné minél előbb letudni, ezért a lehető leggyorsabb utazási eszközt választja.

Ugyanakkor, ma már a környezettudatosság is szerepet játszik sok ember esetében a közlekedési mód kiválasztásakor. A repülés, mint leginkább környezetszennyező, ugyanakkor gyors és viszonylag kényelmes közlekedési eszköz mellett előtérbe kerülhetnek a kevésbé szennyező, ugyanakkor kényelmetlenebb utazási módok is, mint például a vasúti és a vízi közlekedés. A kényelmet itt most nem csak ergonómiai értelemben használjuk, hanem beleértünk mindent, ami a közlekedési móddal összefügg (például: rendelkezésre állás).

A fentiek miatti jelentős közlekedési igény hatással van bolygónk klímájára, a károsanyag-kibocsátás növekedése veszélyezteti környezetünket. Úgy gondoljuk, hogy jövőnk érdekében szükséges a szemléletváltás a közlekedés területén is, és előtérbe kell helyezni a kevésbé környezetszennyező közlekedési eszközök igénybevételét. Ezért a továbbiakban megvizsgáljuk az legfőbb európai központokat, illetve az azokat összekötő vasúti és légi hálózatot.

2. Európai gazdasági, kulturális és turisztikai központok

A világgazdasági átalakulásai során Európa magterülete, ha mindig változó formában is, de a világ (egyik) gazdasági központja volt. A központi szerepű európai államok gazdasági kapcsolatai már a fejlettebb, specializáltabb ipar kialakulásától kezdve meghatározóak voltak. A vasút megjelenése tette lehetővé, hogy a szárazföldi szállítás révén az ipari tömegtermelés központjai közötti logisztikai kapcsolatok megszülessenek. Napjainkra az ipari termelés kiváltotta kereskedelem az 1. ábrán látható hálózattal modellezhető. A kereskedelmi kapcsolatok magukkal hozták a közlekedési kapcsolatok széles körének kialakulását is. A személyszállítás sok szempontból hasonló mintázatot mutat, hiszen a gazdaság fő ütőerei mentén mozog az utasforgalom zöme. Néhány eltérítő faktor miatt azonban az utasok mozgása az áruk mozgásától jelentősen eltér. A következőkben röviden áttekintjük ezeket a faktorokat.



1. ábra Az Európai Unió kereskedelmi hálózata 2013. (forrás [2])

Az ábra középpontjában a német – francia – brit tengely áll, mely országok nem csak az Unióban, hanem világkereskedelmi szempontból is meghatározóak. Ezen államok jelentős ipari térségei mellett az észak-olaszországi gazdasági régió játszik hasonló szerepet. A kapcsolatrendszer fejlődése során olyan földrajzi akadályokat kellett legyőzni, mint a La Manche csatorna vagy az Alpok hegyvonulata. A gazdasági központok közötti közlekedési szükségletek kielégítése érdekében épült ki az európai közlekedési hálózatok központi része, a kapacitások bővítése folyamatos, a forgalom egyre élénkebb.

Az elsődlegesen árufuvarozási céllal épült közlekedési pályák és az egyre szabadabbá váló utazási lehetőségek megnyitották az utat a világ épített kulturális örökségének felfedezésére. A korábbi korokból fennmaradt építmények, művészeti alkotások megtekintése iránti vágy ugyancsak elősegítette ezeknek a közlekedési hálózatoknak a fejlődését. A városlátogató turizmus igen komoly közlekedési igényeket generál. Ennek kapcsán szólni kell továbbá a természeti lehetőségekről is. A vízpartok, hegyek, gyógyforrások kedvelői számára is megnyíltak az utazási lehetőségek, így minden évszakban keletkezik utazási igény a kiemelt természeti célpontokra. E célpontok látogatottsága azonban sokkal erősebb szezonalitást mutat, amelyet a közlekedési rendszerek nehezebben tudnak kezelni. Már a XIX. században nagyon sok vasúti pálya kimondottan vagy elsődlegesen személyszállítási céllal, a turisták érdekében épült, és a folyamat a mai napig sem állt le. Jelenleg is zajlik például a Balaton északi partján húzódó vasútvonal korszerűsítése, amely gyakorlatilag csak a személyszállítás érdekében működik.

A globalizáció következtében kinyíló társadalmak hatására igyekeztek magukat megmutatni az egyes országok is. Nemzetközi vásárokat és konferenciákat szerveztek, így kialakultak a hagyományos vásárvárosok, amelyek rendezvényei ugyancsak közlekedési szükségleteket generáltak, melyhez hozzáadódott a központosított irányítás mobilitása is, ilyen például az uniós intézmények keltette utazási igény.

Összességében elmondható, hogy Európa számos területe vonz különböző okok miatt utasokat (turistákat, munkavállalókat, tanulókat, rokonlátogatókat). Ezt a közlekedési igényt a kontinensen kiépült közlekedési alágazatok hálózatai vezetik le. Hazánk az EU-ban közlekedési szempontból határterület, elsődlegesen a központi térség felé tekintő igényekkel. E peremvidék jellegéből következik, hogy a fő gazdasági gócok kb. 1000-2000 kilométeres sávban találhatóak, mely 2-3 órányi repülésnek vagy 10-15 órányi vasúti

utazásnak felel meg. Az autóbuszos személyszállítás vagy az autózás a hosszú menetidő miatt ilyen távolságok esetében kisebb szerepet játszik.

3. A vasúti közlekedés jellemzői

3.1 A nemzetközi vasúti közlekedés hatótávolsága

3.1.1 Éjszakai vonatok

A vasút személyszállítási közlekedési módként igen heterogén. Tanulmányunkban a nagy távolságú, hosszú menetidejű, éjszakai vasúti személyszállítással foglalkozunk elsődlegesen.

Éjszakai vonatnak azt tekintjük, amely esti, éjszakai indulással és hajnali, reggeli érkezéssel kínál távolsági eljutási lehetőséget. Ezen a körön belül alapesetben olyan vonatokat értünk, amelyben az alvást a vonaton kialakított fekvőfelületekkel segítik. A gyakorlatban ez beépített ágyakat jelent, az alvószékes megoldást csak kiegészítő lehetőségnek tekintjük. A továbbiakban tehát az éjszakai vonat olyan vonat, amelyben éjszakai utazásra alkalmas ágyakon fekhetnek az utasok és ez az üzemeltető által jellemzően felkínált utazási mód. Hasonló definíciót alkalmazott az Európai Parlament is, amikor az éjszakai vonatok kapcsán vizsgálódott 2017-ben. Ők azonban az „ágy” meglétét nem tartották lényegesnek, csak az éjszakai utazásra tervezett jármű volt a döntő [3; 21. o.].

3.1.2 Utazási lehetőségek a kontinensen – a vasút versenykörnyezete

A továbbiakban cikkünkben a menetrend szerinti közforgalmú személyszállítással foglalkozunk. Ennek leegyszerűsített definíciója szerint, előre meghirdetett módon, a menetdíj fizetésre és az utazási feltételek elfogadására hajlandó igénybe vevők számára nyitott és meghirdetett közlekedési szolgáltatásról van szó.

Európában minden közlekedési forma jelen van, egyes utazások megtehetők repülővel, autóval, autóbusszal, vonattal sőt olykor hajóval is. A világ tendenciáihoz igazodva a nemzetközi forgalomban a személyautó és a repülés a két legtöbbet használt közlekedési eszköz. A vasút szerepe általánosságban visszaszorult, csak a nagyvárosi agglomerációkban és ritkán néhány főbb (nagysebességű) vonalon jut a közutat meghaladó vagy azzal egyenértékűnek tekinthető részesedéshez.

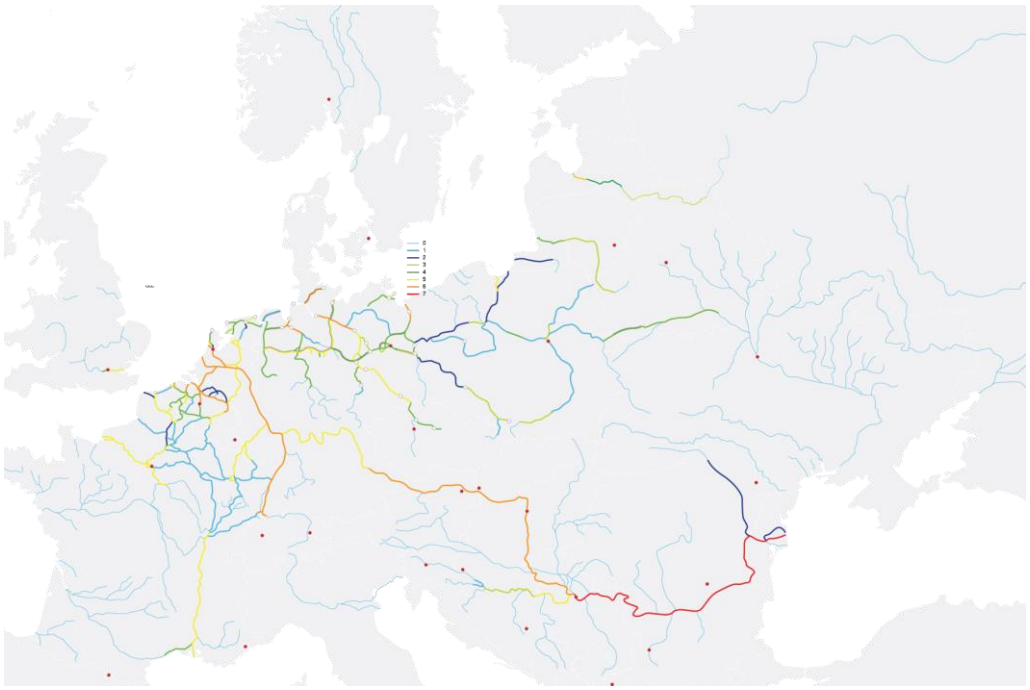
A kontinens magterületein az akkor Európai Közösség országaiban már az 1960-as évekre kiépültek kiépültek azok az autópályák, amelyek az egyes nagyvárosok közötti gyors eljutást biztosítják. A gyorsforgalmi utak megépítése és a gazdasági fejlődés egymást gerjesztő hatást váltott ki, de egy idő után az útépítések üteme nem tudta követni a közlekedési szükségleteket, így az úthálózat zsúfolttá vált. Az autópálya-ellátottságot mutatja a 2. ábra.

2. ábra Európa autópályaellátottsága (forrás: wikipedia.org)

A műszaki fejlődéssel párhuzamosan a repülés is fejlődésnek indult, egyre nagyobb és gyorsabb gépeket építettek, ezzel is egyre több utast és egyre gyorsabban eljuttatva a célállomáshoz. A repülés elemzésével külön fejezetben foglalkozunk.

A XIX. században kiépült, a domborzathoz alkalmazkodó vasúti vonalak nem tudták személyszállítás szempontjából felvenni a versenyt a 100 évvel későbbi autópályákkal. A vasúton a technikai fejlesztések az 1980-as évek legelejére tették lehetővé a nagysebességű közlekedés beindítását. Az első ilyen vonatok a francia TGV szerelvények voltak, melyek 260 km/h sebességgel közlekedtek 1981-től Párizs és Lyon között. Ezzel a technikai ugrással a vasút az adott útvonalakon az autózással szemben újra versenyképessé vált.

A vízi közlekedés az elérhető alacsony maximális sebesség miatt egyre inkább csak turisztikai célokat szolgált, nem pedig a nagytömegű személyszállítást. A rendelkezésre álló vízi utak alacsony száma szintén a turizmus irányába tolta a hajóközlekedést. A szállodahajók tömeges megjelenésével a vízi személyszállítás új korszakba lépett, kétséges azonban, hogy e szolgáltatási mód összevethető-e bármilyen más személyszállítási móddal, bár versenytársnak a szabadidős utazások esetén mindenképpen jelentős. Az európai vízi utakat mutatja a 3. ábra.



3. ábra Európa Vízi útjai (forrás: wikipedia.org)

3.2 A vasúthálózat szerkezete Európában

Az európai vasúthálózat összeköti a kontinens minden jelentősebb települését. A törpeállamok és a szigetországok kivételével valamennyi ország fővárosa elérhető vasúton. A földrészen az Ibériai-félszigeten, az orosz utódállamokban és Finnországban találunk eltérő nyomtávot az általánosan használt 1435 mm-estől. Európa nagy részén azonban az egységes nyomtávhasználat nagyban elősegíti az európai vasúti rendszer átjárhatóságát. A megfelelően kialakított személy és teherkocsik országok tucatjaiban közlekedhetnek. Sokkal nehezebb az átjárhatóságot a mozdonyok és a motorvonatok számára biztostani.

Az egyes országok nagyon különböző technológiákat alkalmaztak a vasútépítések során, és ez azt eredményezte, hogy a legtöbb országhatáron technológiát kellett váltani. A technológiaváltás főbb okai a következők voltak [4; 153. o.]:

- a jelzési rendszerek eltérőek (4. ábra),
- a jelző-, biztosító- és távközlőberendezések sokfélék,
- a határokon a különböző szakmai felkészültséggel rendelkező, máshol és másképpen kiképzett, eltérő nyelvtudású személyzetet cserélni kell.

Az infrastruktúra és vontató járműpark műszaki jellemzőinek jelentős eltérései miatt a határátmenetekben mozdonycserék váltak szükségessé. Ez az öröklött helyzet a XXI. században a vasúti személyszállítás fejlődésének egyik legfontosabb akadályává vált. A XIX. században kiépült, általában sok szűk ívet

tartalmazó, tájba illeszkedő európai vasúti vonalak a XX. század második felére korszerűsítésre szorultak. A hálózat korszerűsítése mellett a szakemberek megkezdték az emelt sebességű vasúti közlekedés kialakítási feltételeinek megteremtését. A cél a versenyképes vasúti infrastruktúra létrehozása volt, mely egyes esetekben versenytársa lehetett a repülésnek is. A versenyképesség alapfeltétele, hogy a vasúti pályák minden szempontból átjárhatók legyenek és minél nagyobb sebességgel lehessen rajtuk közlekedni. Ennek érdekében számos ívkorrekció, alagút, völgyhíd és egyéb műtárgy létesült, sőt már elavult alagutakat mentesítő korszerű alagutakat is létesítettek a nagyobb sebesség elérése érdekében (például: Gotthard-bázisalagút, Svájc).

4. ábra Jelzési rendszerek Magyarország/Ausztria (forrás: https://docplayer.hu/7620925-Vasuti-jelzo-es-biztositoberendezesek-bocz-peter-egyetemi-adjunktus.html, http://www.regionalbahn.hu/2012/06/sogorek-fenyei.html)

A műszaki feltételek teljesítése mellett ugyanakkor a jogi és adminisztratív feltételeknek is meg kellett felelni. A vasúti forgalom növekedése ugyanakkor ilyen akadályok mellett már nehézségekbe ütközött, ráadásul a vasutak az egységesítés helyett inkább költséges kiegészítő berendezéseket kívántak üzembe állítani, hogy a problémákat áthidalják. Ez a tendencia még ma sem állt meg, a határok átjárhatósága vasúti járművekkel ma sokkal összetettebb probléma, mint a közút esetében. Általában erős politikai támogatással tudnak a személyszállító társaságok új, közvetlen kapcsolatokat kiépíteni.

A versenyképességi problémák megoldását a szakpolitikusok és a vasúttársaságok a nagysebességű közlekedés megindításában látták. A kontinens nagyobb vasúttársaságai nagysebességű vonalaikat 200 – 350 km/h sebességűre építették ki, így jelentősen csökkentve a menetidőt a rendszerbe bevont városok között. Közép-Európa volt szocialista blokkhoz tartozó országaiban eközben a cél a 160 és a 200 km/h sebesség elérése, ehhez azonban a pályák átépítésére, korszerűsítésére van szükség. Sok helyen el is kezdődtek a munkák, bár egyelőre a 160 km/h sebesség bevezetése látszik inkább reálisnak Európa keleti felében.

A jelentős különbség az, hogy a nagyon nagy sebességű vasúti közlekedés esetében a repülést is versenytársnak tekintik a vasutak, miközben a 200 km/h-s vasúti sebesség elsődlegesen a 130 km/h-s legnagyobb sebességgel járható autópályákkal összevetve lehet vonzó. A nagyobb sebességű pálya ellentételezi azt, hogy a vasútállomásra eljutás és onnan a célhoz jutás időigénye általában meghaladja az autópálya elérésének idejét.

Ahol tehát nem épülnek 250-300 km/h-val járható pályák, így az utazási idő nem csökkent jelentősen, ott az éjszakai vonatok jelenthetik a vasúti alternatívát a rövidebb távú repüléssel szemben. Ez azért is előnyös, mert kisebb forgalmi intenzitás és vegyes teher-elővárosi-távolsági forgalmú pályákon is megoldást jelent.

3.3 Történelmi vonalak és vonatok, fordulat az éjszakai hálózat történetében

Európa nyugati fele a hagyományos, nem nagysebességű, nemzetközi, nagy távolságú vasúti közlekedés utolsó aranykorában, az 1970-es években már nyitott, szabadon beutazható volt. Így magas minőségű, a felső-közép és a felső kategóriába tartozó nemzetközi vonatok egész sora közlekedett, hogy kielégítse a megfelelő utazási igényeket. A kínálati paletta igencsak széles volt, és ezek a történelmi vonatok a média megjelenések miatt ma is nagy hatásúak, a mai potenciális utasok jelentős része ezeken keresztül ismeri a nagy távolságú szárazföldi utazást. A sort kezdhetjük a legendás Orient-expressz valamennyi változatával, illetve a sokszor csak első osztályú Trans Europ Express (TEE) vonatok különböző viszonylataival [5; 55.

o.]. A hajózással kombinált távolsági utazás szép példája a Londonba eljutáshoz igénybe vett, Bécsből Oostendébe (és Amszterdamba) közlekedő éjszakai vonat [5; 57. o.]. A különböző nyomtávú hálózatokon Nyugat-Európban is jártak közvetlen vonatok, ilyen volt például a Párizs és Lisszabon közötti Sud-Express, nyomtávváltós kocsikkal [5; 56. o.].

Magyarországról például a Wiener Walzer nemzetközi gyorsvonat jelentette a kapcsolatot a Nyugattal Svájc felé, de keleti irányba ugyanilyen emblematikus vonat volt a Tisza-Expressz Moszkvába.

Az 1990-es évek azonban nem kedveztek a nagy távolságú nemzetközi vasúti közlekedésnek. A forgalom a volt szocialista országok között és nyugat felé is eleinte hirtelen felfutott, majd amikor megemelkedtek a közép-kelet-európai vasúti jegyárak és megszűnt a „piacozás", a forgalom hanyatlásnak indult. A légi közlekedés előretörésével, különösen a fapados légitársaságok megjelenésével a vasúti utazások száma csökkent, ez pedig sok nemzetközi vasúti kapcsolat megszűnéséhez vezetett. A híres vonatok útvonala, közlekedési időszaka lerövidült, majd pedig jó pár viszonylat meg is szűnt.

A visszakapaszkodás évei a XXI. század első évtizedében jöttek el, amikor a rövidebb és közepes távolságú főbb útvonalakon érezhetően sűrűbbé vált a forgalom, és gazdaságosabb megoldást kerestek a vasúttársaságok a hosszabb útvonalakra is. Ez magyar viszonylatban a bécsi és prágai irányban volt megfigyelhető. Az éjszakai vonatok száma azonban még ekkor is csökkenőben volt Európában. A 2010-es években a közép-európai térségben meghatározó Deutsche Bahn (DB) fokozatosan kihátrált az éjszakai vonatok üzemeltetéséből, és ezzel párhuzamosan, bár térségünkben alig érzékelhető módon, fokozatosan leépült a francia és az olasz hálózat is. Ez megrázta az európai vasúti piacot, a közlekedési szakma és szakpolitika zöme elfogadta ezen utazási forma lassú kimúlását. A közlekedési szakpolitikusok az éjszakai vonatok visszaszorulásának folyamatát úgy észlelték, hogy a nagysebességű közlekedésé a jövő. Az éjszakai forgalom inkább a nosztalgikus vasútrajongók szívügye volt.

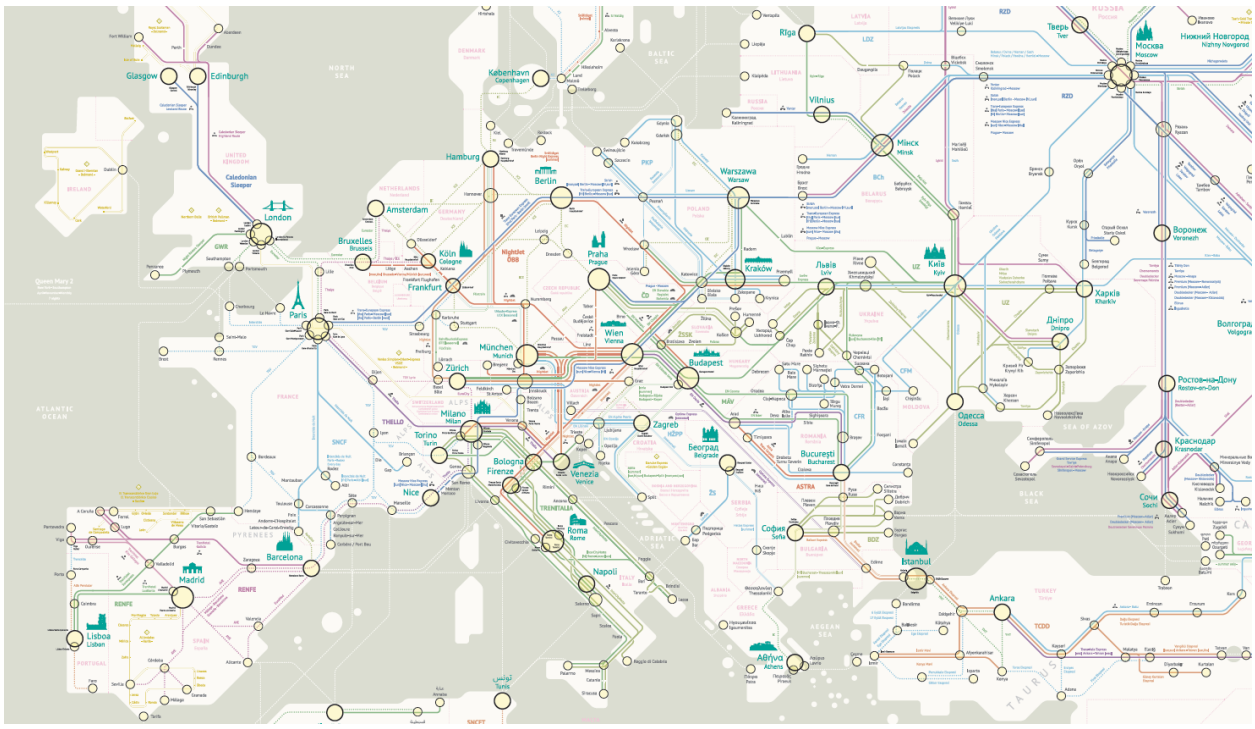
Közép-Európában az mentette meg az összeköttetéseket, hogy hiányoztak a nagysebességű kapcsolatok, és a térség éjszakai vonatait folyamatosan vonták össze közvetlen kocsicsoportokat továbbító komplex és olcsóbb üzemű rendszerekké. Így például Budapestről Zürich és München, illetve Berlin, Prága, Varsó és Krakkó is ugyanazzal a vonattal érhető el a mai napig. Több útirányt vontak össze egy szerelvénybe: központi helyeken tolatásokkal új vonatokat képeznek belőlük. Ez az árufuvarozásból ismert, hatékonyabb rendszer átemelése a személyszállításba alacsonyabb (rész)utasforgalmakat kombinál egy gazdaságosabb egységgé.

Ebben a környezetben merész lépésnek tűnt, hogy az osztrák szövetségi vasúttársaság (ÖBB) készséget mutatott arra, hogy átvegye a DB egyes éjszakai vonatait, melyet saját hálózatába integrált, fokozatosan kiépítve egy nyugat-közép-európai éjszakai közlekedési rendszert. Az ÖBB persze kényszerhelyzetbe került, több okból is:

a) Bécs a német nyelvterület peremén helyezkedik el, óriási távolságra fontos német nyelvű gazdasági központoktól. Nagysebességű hálózat híján ezeket éjszakai vonattal lehet vasúton hatékonyan kiszolgálni. A főváros olyannyira szélső helyzetű, hogy belföldi éjszakai viszonylat is működik. A vasút szerepének látványos visszaesése következett volna be, ha leállnak az éjszakai vonatok;
b) az ÖBB is számos esetben a DB-vel közös vonatokat működtetett a hatékonyság érdekében, éjszakai tolatásokkal, sok úti cél egy rendszerbe szervezésével. A DB kiszállása az ÖBB éjszakai hálózata számára végzetes lett volna.

Az ÖBB menedzsmentje és politikai hátországa egyetértett abban, hogy a nagyobb nemzetközi szerepvállalás a kockázatok ellenére az ország érdeke. Így létrehoztak egy egységes márkanevet az osztrák, a svájci, a német és az olasz piacon (nightjet) és további fejlesztéseket határoztak el. Tették mindezt úgy, hogy közben az éjszakai vonatok gazdaságosságáról Európa szerte vita folyt, a többségi vélemény szerint az éjszakai közlekedés nem gazdaságos. Az ÖBB tehát szembe ment a trenddel, és éppen megfelelő időben jött számukra a zöld politikai fordulat, a fenntarthatóság előtérbe kerülése és a magas fizetőképességű, zömmel idősebb, a vasutat érzelmi alapon kedvelő törzsutas szegmens piaci ereje.

Az ÖBB törekvéseit jól kiegészítette a MÁV-Csoport, a MÁV-START éjszakai hálózata. Bécs után ugyanis Budapest rendelkezik Európában a második legnagyobb éjszakai hálózattal: a szezonális úti célokkal együtt több, mint egy tucatnyi végállomás és rengeteg köztes település érhető el közvetlen éjszakai vonattal a magyar fővárosból. A magyar hálózat apróbb lépésekkel épül és korszerűsödik, hiszen kisebb kereslettel lehet számolni és sokkal erősebb fapados légiközlekedési versenytárs van jelen a piacon. A jelenlegi közép-európai éjszakai hálózatot mutatja az 5. ábra.



5. ábra Éjszakai vonatok hálózata Európában 2020
(forrás: http://www.night-trains.com/files/night-trains-world-map.pdf)

Jelenleg a svéd kormány végeztet vizsgálatot a közszolgáltatási megrendelő szervezettel a nemzetközi éjszakai forgalom megújítására, a jövőben tehát állami szereplők is formálni fogják a piacot nagy eséllyel, és valószínűsíthető a közszolgáltatási forma újbóli megjelenése az éjszakai vonatok kapcsán. Ez azt jelenti, hogy új szerződési, járműbiztosítási, finanszírozási és tendereztetési megoldások jöhetnek szóba. Olyan konstrukciók kidolgozása várható, amely a hagyományos, belföldi közszolgáltatások mintájára kezeli a nemzetközi éjszakai vonatokat is, azaz a határon átnyúló részek is beletartozhatnak a szerződésbe.

3.4 Nappali és éjszakai utazás

A vasúti közlekedés 24 órás üzemű, azaz a vonatok egész nap tudnak közlekedni. Ez lehetővé tette azt, hogy kialakuljon az vasúti utazás két alapvető formája a nappali és az éjszakai utazás.

A nappali utazás ülőkocsikban történik, alapvetően és hagyományosan két kocsiosztályon (1. és 2. osztály), de ma már ennek is csak a vasúttársaságok kreativitása szab határt (például economy, business, stb.). A hosszú út során a szolgáltatók igyekeznek az utasok legtöbb, utazással kapcsolatos igényét kielégíteni. Így közlekedhetnek a vonatokban étkezőkocsik, kerékpárszállító, illetve a fogyatékkal élők közlekedést elősegítő kocsik. Az utazási komfort elősegítése érdekében ma már áramforrás, WI-FI biztosítása alapkövetelménynek számít. A kocsik kialakítása kétféleképpen lehetséges. A termes kocsikban az üléseket nem választják el egymástól falak, minden utas egy légtérben foglal helyet. A fülkés kocsik esetében a kocsit a kocsiosztálynak megfelelően térrészekre osztják, melyekben 4-8 utas foglalhat egyszerre helyet.

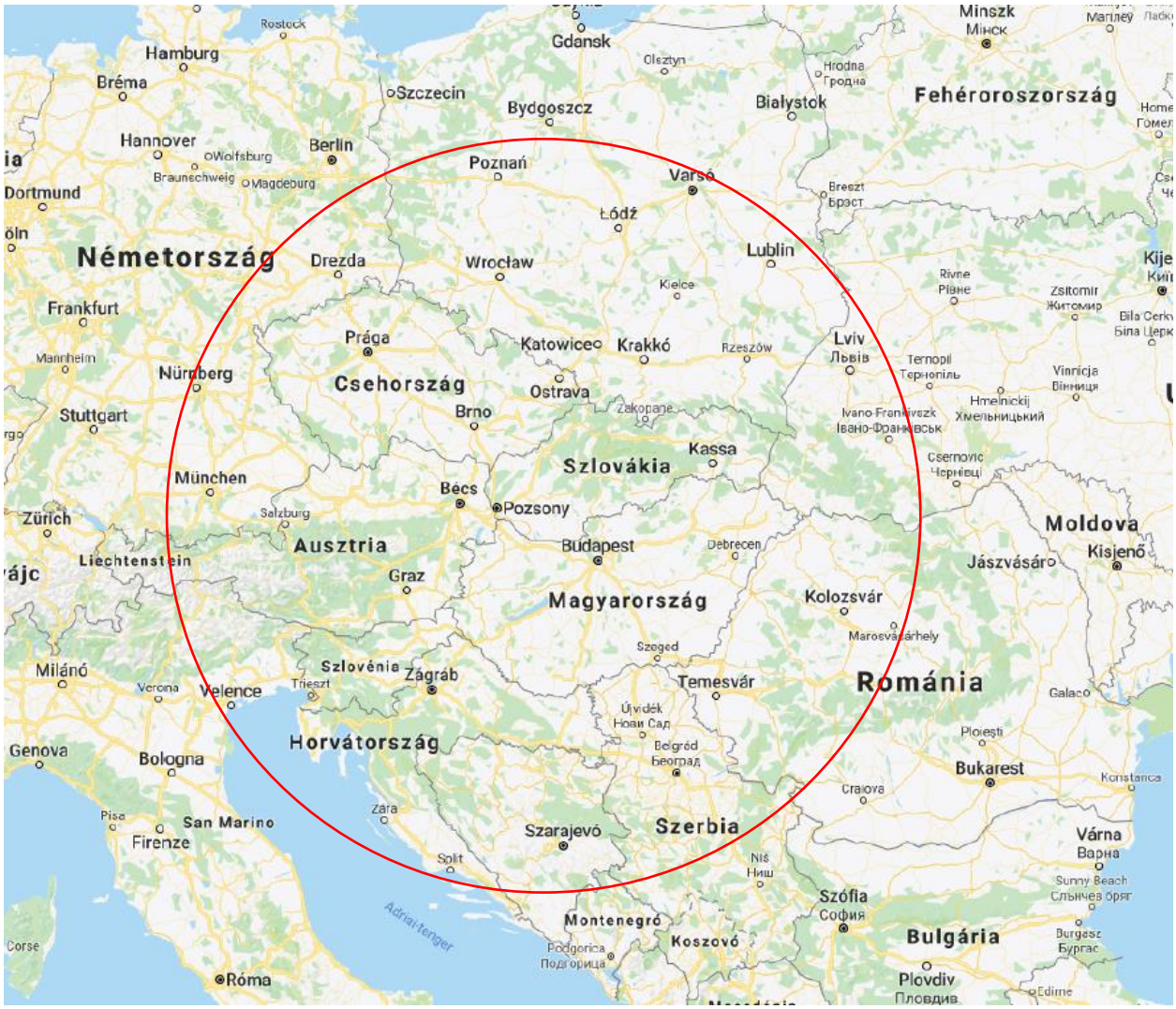
A nappali utazás jelenleg legfontosabb fejlesztési iránya, hogy a fedélzeti munkavégzést segítsék elő a berendezés tervezésével. Ezzel javul az utazási idő hatékonysága. A hordozható számítástechnikai eszközök és a vezeték nélküli internet elterjedése lehetővé tette, hogy a vonaton is végezhessék az irodai jellegű munkát az utasok. Ezzel a környezetbarátabb közlekedési módon töltött hosszabb utazási idő sem tekinthető meddő időnek munka szempontjából. A korszerű nappali vonatok tehát környezeti és munkavégzési hatékonyság szempontjából is elfogadhatók ma már. Ha az utazási idő a normál irodai munkaidővel egybeesik, és a fedélzeten laptopon el tudja végezni a szokásos munkáját az utas, akkor még a hosszabb eljutási idő is semleges számára, nem jelentkezik veszteségidőként. Ez azért nagyon fontos megállapítás, mert a közlekedési szektor hagyományosan a sebesség növelését tűzi ki célul. Vannak azonban olyan helyzetek, amikor egy munkavégzésre jól berendezett vasúti kocsin 8 órát hatékonyabban el lehet tölteni, mint ugyanezt a távot egy két órás repülőúttal megtéve. Az utazás előtti és utáni procedúrák a légi közlekedésben ugyanis lényegesen több idő kiesését jelentik, mert ekkor más tevékenység nem végezhető.

A visegrádi országokban jellemző, 100-160 km sebességű pályákon, nappali vonatok esetében nagyjából 600 km az a távolság (6. ábra), illetve maximum 9-10 óra az az időtartam, amelyet az emberek egy helyben ülve még gond nélkül elviselnek, így a vonatok jellemző célállomása Budapestről kiindulva a Prága – München – Zágráb – Belgrád – Brassó – Lemberg – Varsó körön belül lehetséges. A vasút sajátossága, hogy az útvonalak köztes megállói – jellemzőek középvárosok – is közvetlen kapcsolatot kapnak egymással. Ez komoly versenyelőny is lehet.

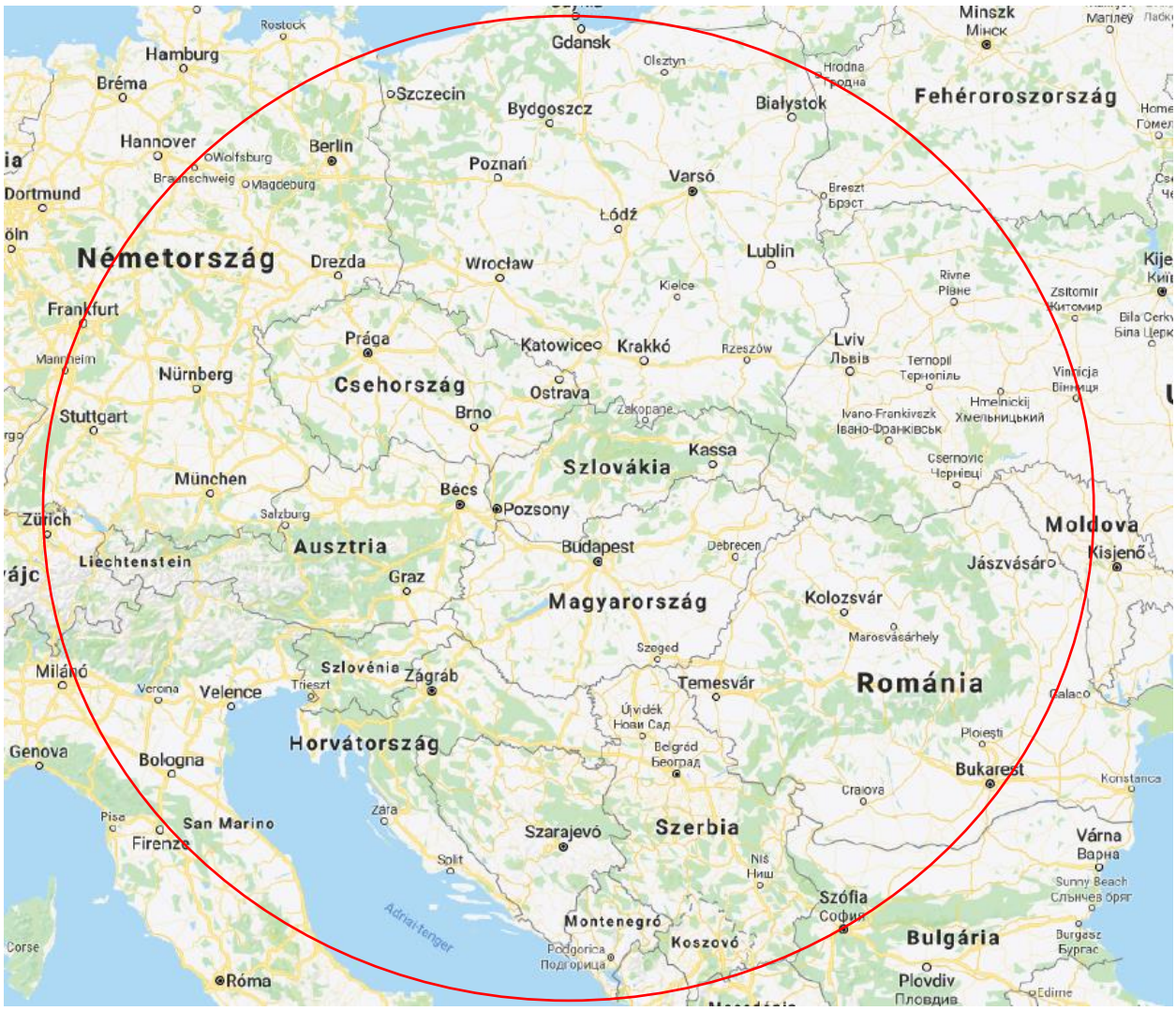
Az elviselhető utazási távolság az utazási sebesség fokozásával növelhető. A nagysebességű vonatok átlagos 300 km/h utazási sebességével 1000 km is megtehető kb. 3,5-4 óra alatt. Az ilyen utazás egyértelműen a légi közlekedés helyettesítője, annak eljutási idejével versenyképes.

Éjszakai vonatok esetében az utazási távolság hagyományos, 100-160 km/h-s sebességű, domborzatot követő pályákon is túllépheti az 1000 km-t (7. ábra), a kényelmes utazási idő a 13-14 órát is elérheti, ugyanis az utas útjának nagy részén alszik (pihen), így nem válik unalmassá és elviselhetetlenné az éjszakai sötétben robogó vonat. Az éjszakai közlekedés hatótávolsága Budapestről jelenleg, elvben a Berlin – Frankfurt – Zürich – Velence – Split – Szófia – Bukarest – Kijev kör.

Éjszakai közlekedés esetén jelenleg térségünkben a maximális sebesség 200 km/h, így bár a vonatok lassabbak, de az éjszakai közlekedés miatt az utazási távolság elérheti elvben az 1200 km-t.



6. ábra A nappali vasúti közlekedés hatótávolsága Budapestről (forrás: maps.google.hu)



7. ábra Az éjszakai vasúti közlekedés hatótávolsága Budapestről (forrás: maps.google.hu)

4. Az európai légiközlekedés lehetőségei

Az európai égbolton naponta több száz repülő közlekedik. A repülés általában pont-pont közötti összeköttetést valósít meg, a rövid távú, Európán belüli utazásoknál kellemetlen kényszer az átszállás, így jellemzően két (polgári) repülőtér között közlekedik közvetlenül a légi járat. Ez a pont-pont összeköttetés jelleg nagyon meghatározza az ágazatot, a teljes tervezési, üzemeltetési, értékesítési rendszert. A fogyasztók számára ma már ez a pont-pont jelleg az alapvető jellemzője a személyszállításnak. Ehhez képest a buszok sok megállást kiszolgálni képes vonalai, és a vasút elágazó közvetlen vonalakat is tartalmazó menetrendje lényegesen összetettebb a fogyasztók számára.

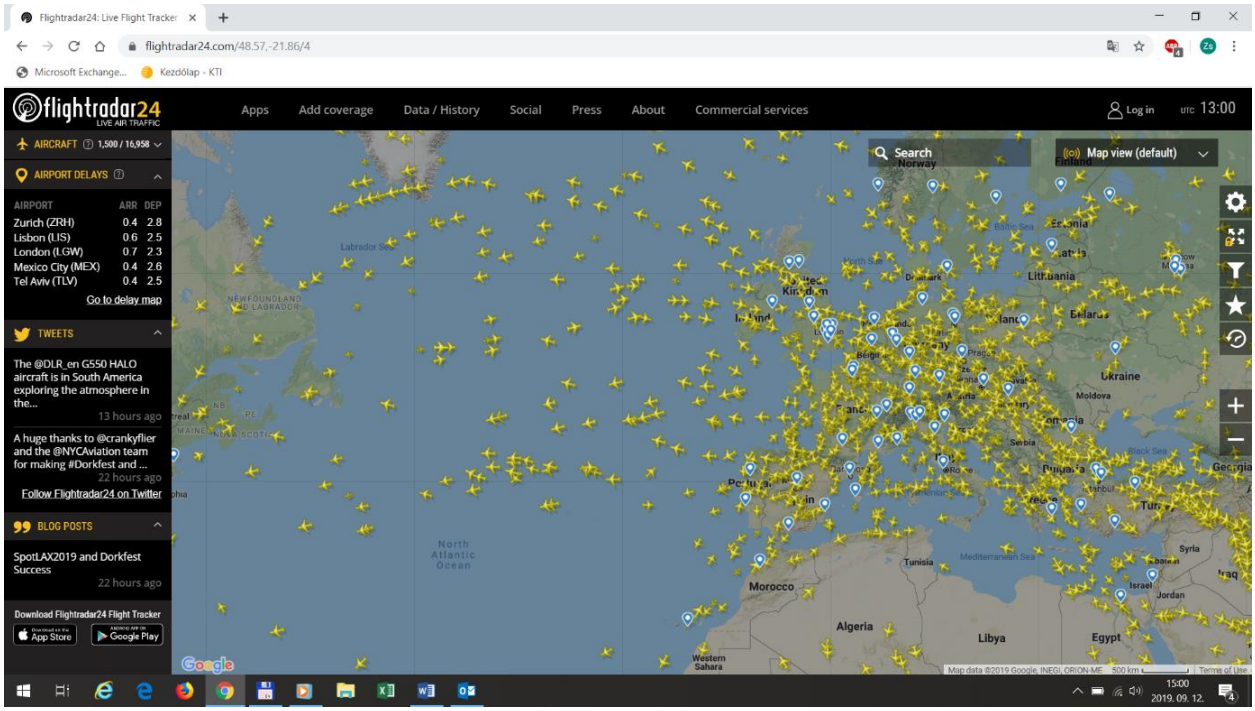
4.1 A repülési idő és az eljutási idő összefüggése

A kontinensen belüli repülőút legkisebb részét teszi ki a repülőnek a levegőben töltött ideje. A legnagyobb távolságok is leküzdhetők 3 óra alatt, ugyanakkor egy repülős utazás esetén ehhez még hozzá kell adni legalább 3-4 órát a kiindulási ponttól a célpontig történő utazáskor. A légi közlekedésben is ismertek a kapacitásgondok és a torlódások. Egy átlagos nap délutánjának légiforgalmát mutatja a 8. ábra. A torlódások sokszor vezetnek késéshez, a gazdaságos, de szűk fordulások miatt ez a késés könnyen halmozódik.

Az utasok számára a légi közlekedés okos előrelátást igényel. A szigorú biztonsági előírások ugyanis szükségessé teszik a repülőtérre való 1,5-2 órával korábbi kiérkezést. Ezen idő alatt történik meg a személyek és csomagok ellenőrzése, a csomagok feladása és a beszállás. Az utas felelőssége, mennyi időt szán erre a kötelező folyamatelemre. Az érkezés után bizonytalan ideig tart az esetleges útlevélellenőrzés és a csomagokra várás, mindez jelentősen növeli az eljutási időt. A légi közlekedéshez kapcsolódó rá- és

elhordás a közlekedéstervezésben egy speciális ágazat, hiszen nagyon sokféle igényt kell kiszolgálni. A repülőterek a városközponttól olykor 15-30 km-re helyezkednek el, így a kijutás és a bejutás is akár 1-2 órás időtartamot vesz igénybe, a késésekért pedig szinte mindig az utasra hárul a felelősség. A légi utazásba tehát jelentős biztonsági tartalékidőt kell beépíteni az utas egyéni kockázatvállalásától függő mértékben.

Látható tehát, hogy a légi utazás eljutási idejét a repülési idő és további kb. 4 óra egyéb időfelhasználás adja. Ez kulcsfontosságú a versenyképesség megítélésekor.



8. ábra Európa légiforgalma egy átlagos napon egy délutáni időpontban (forrás: flightradar24.com)

4.2 A légtérhasználat felszabadítása

A repülés repülőterek között valósul meg. A repülőterek futópályái a kapacitásuk függvényében terhelhetők, átlagban 5 percenkénti fel- és leszállást tesznek lehetővé. A repülőgépek útjuk során, bizonyos korlátozásoktól eltekintve, maguk választják meg a repülési útvonalukat, így az előzetes repülési tervnek megfelelően a legrövidebb útvonalat választhatják. Ez az időjárási körülmények (például szél) miatt módosulhat ugyan, de a korábban kötelező haladási irányt kijelölő légifolyosók már megszűntek.

A légifolyosók megszüntetése lehetővé teszi a tényleges légvonalban repülést, de korlátozások azért akadnak a repülés elől ideiglenesen elzárt térségekben (például sűrűn lakott városközpontok, ipari vagy katonai objektumok), a cél mindazonáltal a legrövidebb útvonalon történő repülés az üzemanyag-fogyasztás és a légtér zsúfoltságának csökkentése érdekében [6; 131. o]

4.3 Légiforgalmi korlátozások

Bár a repülőterek berendezései lehetővé teszik, a gépek fogadását és indítását azok zajhatása miatt sok esetben korlátozzák. Leginkább az éjszakai órákban tiltják meg a le- és felszállásokat. Ez természetesen a repülés korlátozásának tekinthető, azaz a gépek nem indulhatnak és érkezhetnek a nap 24 órájában. Ennek következtében a repülőgépek menetrendje részben kötött, azokat úgy kell meghatározni, hogy a korlátozás előtt elinduljanak vagy megérkezzenek.

A területi korlátozásokról az előző pontban volt szó, bizonyos védendő létesítmények felett nem lehet a légteret használni, ugyanakkor ezek kiterjedése nem jelentős, így nem okoznak jelentős menetidő növekedést.

Szólni kell ugyanakkor az időjárási és a természeti okokra visszavezethető repülési korlátozásokról. A repülés biztonsága érdekében bizonyos időjárási (például sűrű hóesés) és természeti körülmények (például tűzhányó füstfelhője) között nem engedik a gépeket repülni, felszállni vagy leszállni. A korlátozások miatt jelentős késések is kialakulhatnak, illetve járattörlésekre is sor kerülhet, valamint a már úton lévő járatokat más légikikötőkbe irányíthatják át, mely esetenként több száz km út megtételét jelentheti más közlekedési eszközzel.

5. A vasúti közlekedés versenyelőnye

A vasút versenyképességét jelenleg az utasok többsége a fenntarthatósági szempontoktól függetlenül ítéli meg. Az USA-t, Németországot, Franciaországot és az Egyesült Királyságot vizsgáló svájci kutatás megállapítása szerint a repülést tudatosan, környezetvédelmi okok miatt az utazók ötöde kerüli el [7].

Egy friss holland kutatás szerint [8; 64. o.] a nagy távolságú személyszállítási piacon, például Amszterdam és Bécs között elérhető akár 60% fölötti piaci részesedés is a vasút számára, ha magas minőségben szolgáltat és a lehető leggyorsabb menetvonalon közlekedik. A kutatás szerint a legfontosabb kényelmi tényező az éjszakai összezártság kérdésköre, azaz e cikk szóhasználatával élve a szálloda és az ifjúsági szálló kínálata közötti határvonal. A többség csak szabadidős utazás céljára választana éjszakai vonatot, üzleti célú odautazásra, fontos tárgyalás előtt nem. A szabadidős utasok nagy része kétágyas elhelyezést igényel – a jellemző szállodai foglaláshoz hasonlóan. A kutatás szerint az alacsonyabb kényelem és alacsonyabb ár kombinációja nem általánosan keresett a holland piacon.

A többség számára a nemzetközi vasúti személyszállítás versenyképességét jelenleg elsősorban a fapados légitársaságok és a közúti közlekedés (ideértve az autóbusz közlekedést is) áraival történő összevetés, továbbá az eljutási idő és az utazási komfort együttesen határozzák meg [9].

Ez a mozgástér és az egyes desztinációk iránti várható kereslet kijelöli. Jelenleg az a jellemző kérdés térségünkben, hogy egy adott irányban mennyi vonat közlekedését bírja el a piac, vagy esetleg rendeli meg a közszolgáltatásért felelős szerv. Az első eset a távolsági személyszállítási forgalomra jellemző, míg ez utóbbi a határmenti regionális forgalomra. Néhány európai nagyváros közelében, csúcsidőben a piaci igények meghaladják a vasút kapacitását – ez azonban általánosan nem jellemző.

A vasúti közlekedés versenyelőnye annak sokfélesége miatt nehezen adható meg pontosan, hiszen útvonaltól függően nagyon sokféle szolgáltatással találkozik az utas. Ha egyszerűsítjük a kérdést, és az európai fővárosok és azokkal azonos szerepű nagytérségi központok (pl. München vagy Milánó) közötti közlekedésre szűkítjük a vizsgálódás körét, akkor az alábbi, általános megállapításokat tehetjük a vasútra:

- a történelmi pályaudvarok általában a város szövetében találhatók,
- a fedélzeti kényelem és tágasság a legkönnyebben biztosítható a repüléssel és az autóbusszal összevetve,
- munkára alkalmas berendezés könnyen kiépíthető,
- lazább csomagszabályok és az utazás alatt végig hozzáférhető poggyász,
- fedélzeti étkezés a legkönnyebben szervezhető a földi kiszolgáláshoz hasonló módon,
- speciális utazási igények kielégítése gördülékenyebben történik (kerékpár, babakocsi, kerekesszék szállítása; gyermekek mozgásigényének kielégítése; kutya és egyéb állat szállítása).

5.1 Villamos vontatás, környezettudatosság

A vasút legfontosabb környezeti szempontú, fenntarthatósági előnye, hogy általában energiatakarékosnak tekinthető. Maga a rendszer képes arra, hogy egy szerelvényben sok száz vagy akár ezernél is több utast elszállítson alacsony fajlagos energiaigény mellett. Ez természetesen vonalanként változik. Hazánkban is több olyan vasútvonal üzemel, ahol dízel mozdonnyal és személykocsikkal szállítanak el adott esetben egy vonaton néhány utast. A hatékonysági előny több száz utas villamos vontatású, visszatáplálásra képes eszközzel történő elszállítása esetén a legnagyobb. Ahogy a fentiekben is, itt is a repülést kiváltani képes, a nagyvárosok közötti, nagy forgalmú összeköttetésekre fókuszálunk.

Mára már szerte Európában kiépültek a villamosított vasútvonalak, így egy villamos mozdony vontatta személyvonat az egész kontinenst át tudja szelni. Kiegészítésként meg kell jegyezni, hogy az érintett útvonalon eltérő műszaki kialakítás miatt a folyamatos haladás csak célzott fejlesztésekkel érhető el. A mai gyakorlatban például vontatási áramnem különbözősége miatt bizonyos helyeken mozdonyt kell cserélni, de maga a vonatközlekedés ilyenkor is végig villamosított pályán haladhat. Fontos ágazati jellemző, hogy a korszerű vontatójárművek képesek fékezéskor az energia visszatáplálásra, így a rendszer jelentős energiamegtakarításra is képes.

A villamos üzemű vontatás képes nagy sebességű közlekedés lebonyolítására is. Ma már menetrend szerint közlekednek villamos motorvonatok 300 – 350 km/h sebességgel. Ebben az esetben azonban a kedvezőtlen környezeti hatás jelentősebb, hiszen itt a hagyományos pálya mellett újat kell építeni és fenntartani, az üzem energiaigénye is jelentős. A nagysebességű vasúti közlekedés környezeti hatásai tehát vitatottak, hiszen sok

alagúttal, híddal és földmunkával járó új pályák építésére van szükség, hogy egy nagy energiaigényű, új szolgáltatás létrejöjjön, miközben a régi, lassú pálya is többnyire üzemben marad.

A megfelelően nagy sebesség és a megfelelően nagy kapacitás alkalmassá teheti a villamosított vasúti közlekedést a környezet védelmére, mert ebben az esetben gyakorlatilag nincs közvetlen károsanyag kibocsátás, a villamos energia pedig megújuló formában is elérhető.

Az egyes európai országok fokozatosan villamosítják a vasútvonalaikat, ebben Svájc jár az élen, a vonalaik 100 %-a villamosított. Magyarországon ez az arány eléri a 40 %-ot (9. ábra).

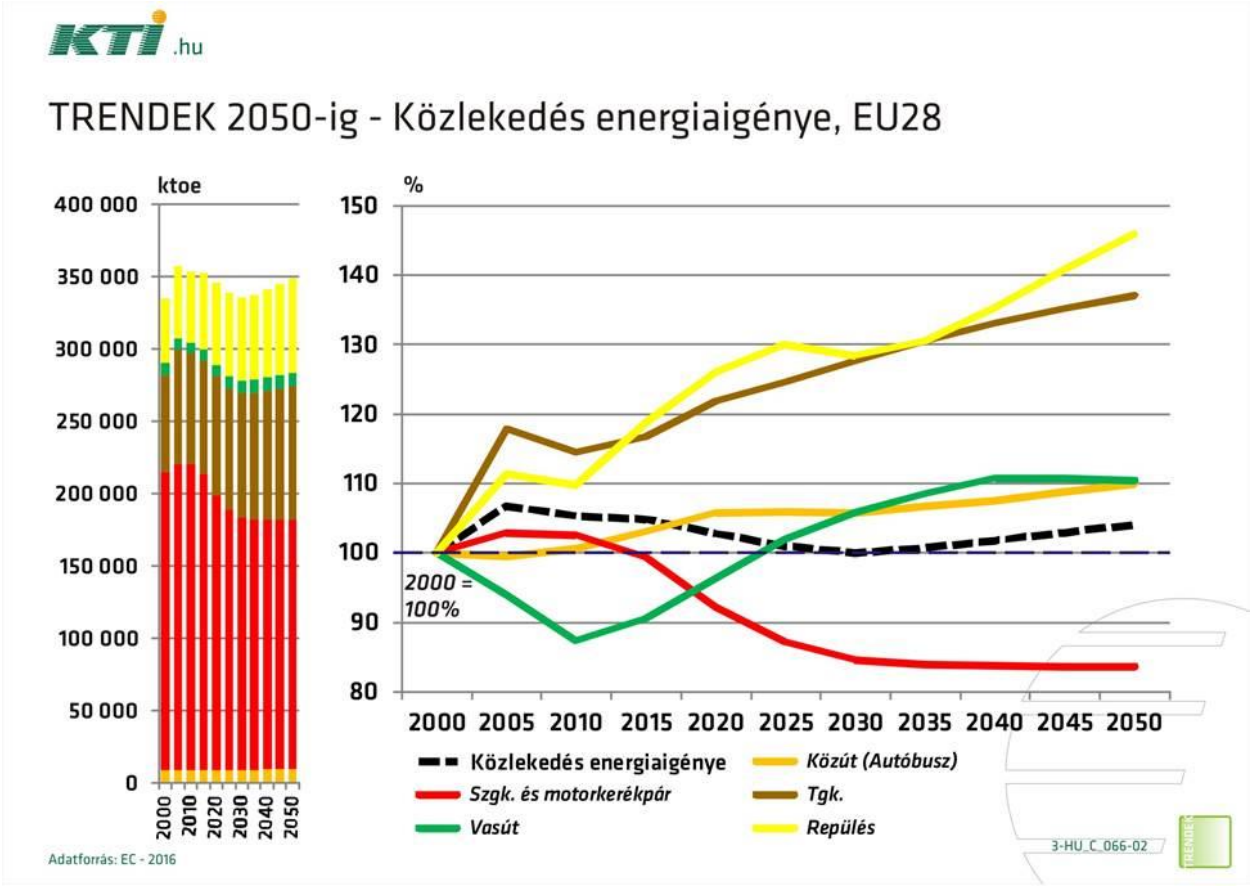
9. ábra Néhány európai országban a vasúti villamosítottság részaránya (2016) (forrás: https://trendfm.hu/cimlap/uj-lenduletet-vesz-a-vasut-villamositas-magyarorszagon-11575)

A világ vasútjain széles körben elterjedt 25 kV 50 Hz váltakozó áramú villamosítási rendszert Kandó Kálmán dolgozta ki, első sikeres üzeme 1931-től a Budapest – Győr – Hegyeshalom vasútvonal volt. A rendszer előnye az energiaátvitel hatékonysága a költségek függvényében.

A villamos vontatásnak is van energiaigénye, mely várhatóan a villamos üzemű közúti közlekedés előretörésével, illetve a villamos áram előállításához szükséges energiaigény miatt növekedni fog. A 10. ábra az egyes közlekedési módok energiaigényének becsült változását mutatja 2050-ig. Az ábráról leolvasható, hogy a repülés és a vasút energiaszükségletének változása ugyan mindkét alágazat esetében növekvő tendenciát mutat, ugyanakkor a vasút energiaigénye a 2040-es évekre eléri a maximumát, míg a légiközlekedés esetében ez az érték tovább nő.

5.1 Tömegszállítás

A villamosítás mellett a vasút másik nagy előnye, hogy egyszerre sok utas elszállítására képes. Egy vasúti szerelvény képes lehet akár ezernél is több utas egyidejű elszállítására, így jelentősen csökkenthető az utak környezeti terhelése. A tömegessé váló turizmus keltette jelentős utazási igény a vasút igénybevételével környezetkímélőbb módon elégíthető ki a repülésnél – ez az érvrendszer egyre gyakoribb a szakpolitikai közbeszédben. Várható, hogy a kormányzatok és az Európai Unió Bizottsága is olyan lépéseket tesz, amelyek a rövid távú légi utazásoktól a vasút felé terelik az utasokat.



10. ábra A közlekedési alágazatok becsült energiaigénye 2050-ig (forrás: KTI)

5.2 A vasúti közlekedés rugalmassága

Mint korábban említettük, a vasút egész napos üzeme lehetővé teheti a kínálat rugalmas tervezését. Ha egy nagy távolságú viszonylaton nappali és éjszakai vonatok is közlekednek, akkor az utas programja szabadabban alakítható. Egy szállodában töltött éjszaka után a programot nem kell már kora délután befejezni, hogy elérje az utolsó vonatot vagy egy késő délutáni légi járatot, hanem az éjszakai vonat igénybevételével a befejezés eltolható estére is.

Egy budapesti utas prágai üzleti utazása például lebonyolítható környezettudatos módon úgy, hogy a tárgyalás előtti nap vonattal Prágába utazik. Út közben van ideje felkészülni, befejezni a prezentációt, átnézni a kapcsolódó számításokat, felkészítő anyagokat. A vonaton meg tud ebédelni, délután ihat egy kávét. Este elfoglalja a szállását, tesz egy sétát Prága belvárosában, megvacsorázik. A másnapi tárgyalásnak azonban nincs szűkre szabott időkerete, van idő ebédelni és akár a prágai partnerekkel közös szabadidős programra, vacsorára is. Az éjszakát hálókocsiban tölti az utas, és másnap délelőtt már Budapesten tud dolgozni újra. Egy ilyen modell alapján szervezett üzleti út során a vasút előnyei az utas javára kihasználhatóak, és az utazás ideje hatékonyan, munkával és pihenéssel telik. Egy ilyen üzleti út minimális környezeti hatással jár.

Két éjszakai vonattal történő utazással két szállodai éjszaka is kiváltható, és gyakorlatilag az egész nap a rendelkezésünkre áll programok lebonyolítására. Ezért a szabadidős turizmusban már ma is nagy jelentősége van az éjszakai vonatoknak egyes piacokon. A Prágát is Budapestet is meglátogató utasok jelentős része nem szeretne nappal 7 órát utazni, inkább egy szállodai éjszaka helyett választják a vasutat.

Természetesen a vonatok több helyen is megállnak, így nem minden helyen lehet pont ideális az érkezés és az indulás. A vasútvállalatok tervezői általában úgy próbálják meg a vonatok a vonatok menetrendjét kialakítani, hogy a két célterület (indulási és érkezési) megállási helyein legyen ideális a vonatok menetrendi fekvése. Esti indulás esetén a 19-22 óra közötti indulás idők, a reggeli érkezés esetében a 7-9 óra közötti érkezési idők tekinthetők ideálisnak.

5.3 Szállás helyett éjszakai vonat

Az éjszakai utazás lehetőségének megteremtéséhez speciális kocsikat kellett építeni, ugyanis ez az utazási mód csak akkor tölthette be igazi szerepét, ha az út során szállodai kényelmet nyújtott az utasoknak. Mindenféleképpen szükséges volt ugyanis a mozgó jármű okozta kényelmetlenségek ellensúlyozása. Az éjszakai nyugalmat rengeteg tényező befolyásolja. A szolgáltató sikere nagyrészt attól függ, hogy tud-e megfelelően aludni az utas. A zötykölődés, egy köztes állomás hangosbemondója, a mozdony kürtje, egy hirtelen fékezés, a folyosón hangosan telefonáló ember, a rosszul beállított klímaberendezés, egy zörgő tárgy vagy a magától felcsúszó sötétítő roló mind olyan tényezők, amelyek megnehezítik a nyugodt pihenést. A szolgáltató sokat tehet az éjszakai nyugalomért, de alapvetően a szolgáltatás igénybe vevőjére nehezedik nagy felelősség, hogy képes-e kipihenni magát. Ez ennek a speciális közlekedési módnak olyan kockázata, amelyet valamilyen előnyért cserébe mernek bevállalni az utasok. Az éjszakai utazás hatékony és környezetbarát volta ellensúlyozhatja a hátrányokat, a klímacélok elérése egyben azt is jelenti, hogy az előnyöket tudatosítani kell, hogy a fogyasztók szabad akaratukból hozhatnak kisebb áldozatot. Hasonló ez más környezetvédelmi tevékenységekhez, amelyeknél kisebb hátrányokat, nehézségeket kell a fogyasztóknak vállalniuk a közjó érdekében (ilyen például az üvegvisszaváltás többlet feladata, vagy a kerékpározás időjárási kockázata).

Az éjszakai alvást biztosító kocsikból több típust építettek, különböző kényelmi fokozatoknak megfelelően. Az utasok választhatnak az ülve alvás (alvószékes kocsi), a hostel (vasúti neve: fekvőhely, 4-6 fő/fülke), illetve a szállodai (vasúti neve: hálóhely, 1-3 fő/fülke) elhelyezési módok között. Ezeken a kocsikon kívül közlekednek még hagyományos ülőhelyes kocsik is a vonatokban. Vita tárgyát képezi, hogy éjszakai utazás során az ülőhelyes kocsik esetében a termes vagy a fülkés kialakítás a megfelelőbb, hiszen van olyan utas, aki a kevesebb útitársat preferálja az út során, míg mások a szűk tereket és a zártságot nem szeretik az éjszakai utazás alatt. A fülkés ülőhelyes kocsikban a világítást az utasok kapcsolják, a termes ülőhelyes kocsikban mindig világítanak. Az ülőhelyes éjszakai utazást általában anyagi okok miatt vállalják az utasok. A legújabb járműveken megjelennek az alvókapszulák is, amelyek egyszemélyes elhelyezést nyújtanak hostel áron. Ez egy lehetséges továbbfejlődési lehetőség, hiszen a többi igénybe vevő általi kockázat kiszűrhető, miközben kedvezőbb árat tud biztosítani a szolgáltató.

Az éjszakai utazás sarkalatos pontja a tisztálkodás és az illemhely használat. Fontos körülmény, hogy az alvási lehetőség mellett a fürdőszobai tevékenységek elvégzése is megfelelő körülmények között történhessen meg. Ez történhet a kocsiban elhelyezett mosdó, zuhanyzó és mellékhelyiség igénybevételével, de a hálókocsik fülkéibe már beépítették mosdókat, sőt egyes ún. „deluxe” fülkékbe már a mellékhelyiséget és a zuhanyzót is. Azonban, ha például a vasúti kocsiban található konnektor nem alkalmas nagyobb teljesítményű hajszárító áramellátására, akkor a reggeli rutin tevékenységét nem tudja a haját minden reggel beszárító utas számára megfelelően elvégezni. Az éjszakai vonatközlekedés visszatérése a fő sodorbeli közlekedési módok közé egyben azt is jelenti, hogy a vasútvállalatoknak készen kell állni egy nagyon speciális szegmensben a fogyasztói igényeket mérni, a szolgáltatás tervezésbe becsatornázni és a szolgáltatást nyújtani, minőségét ellenőrizni, a folyamatosan mozgó célpontra „lőni”. Szükség van a járműgyártók innovációjára is. Nem véletlen, hogy a légi közlekedésből ismert megoldások kerülnek előtérbe, és légi jármű tervezési tapasztalattal rendelkező iroda dolgozott a Siemens legújabb éjszakai járműveinek formatervein.

Az éjszakai vasúti közlekedésre épített járművek drágák és üzemeltetésük is költséges a sok speciális berendezés miatt. Egy utasra viszonylag nagy fajlagos térigény jut a hálókocsik miatt. Ezért a jövőben is számolni kell az alacsonyabb fizetőképességű szegmensek esetében a zsúfoltabb, de olcsóbb elhelyezési módokkal. Nem kétséges a kutatások alapján a hálókocsi szerepe, de a 6 ágyas fekvőhelyes fülkék jövője bizonytalan. Az ÖBB legújabb járműveinél már nem alkalmazza ezt az elhelyezési módot, ezáltal a fapados repülés egy ülőhelyre eső költségszintjét közelíteni képes elhelyezési módról mondott le. A 6 ágyas fekvőfülke jelenleg az egyetlen olyan fekvőfelületet biztosító elhelyezés, amely ugyannyi ágyat kínál, mint egy fülkés személykocsi. Árérzékenyebb piacon továbbra is van jelentősége az ilyen elhelyezési módoknak.

A szállodai szolgáltatásokhoz hozzá tartozik a reggeli is. Ez a magasabb minőségű éjszakai vonatokon jelenleg is elérhető, az alacsonyabb minőségű vonatokon egyelőre nem. Általában meleg ital valamennyi éjszakai vonaton kapható, így nem kell lemondani a reggeli kávéról éjszaki vonatos út során sem. A vasúttársaságok fejlesztéseinek egyik célterülete a fedélzeti szolgáltatások minőségének emelése. Mivel a légi kiszolgáló iparágtól speciális eszközök a vasútra átemelhetőek, így a járműállomány korszerűsítése során sokféle új többletszolgáltatás jelenhet meg.

Egyes vonatokon további utazási komfort növelő szolgáltatás a fedélzeti szórakoztató rendszerek telepítése, illetve ezzel egyidőben stabil wifi rendszerek beüzemelése továbbá a vonaton tárolt tartalmak megosztása. A fülkébe szerelt monitor vagy a wifihez kapcsolódó tárhely segítségével kiválaszthatók filmek, melyeket az út alatt meg lehet tekinteni. Ehhez persze a kocsi megfelelő hangszigetelésének kiépítése szükséges.

Fontos kérdés a személyzet szerepe a szolgáltatásban. A magyar éjszakai vonatokon minden fekvőhelyes és hálókocsinak saját személyzete van, miközben az ülő utasok „magukra hagyva" utazhatnak éjszaka. A francia államvasút ezzel szemben külön személyzet és ellátás nélkül közlekedteti a fekvőhelyes kocsikat. A magas munkaerő költség miatt a jövőben előfordulhat, hogy az árérzékeny utasokat célzó elhelyezési módok esetében a közvetlen kiszolgálás és az árban foglalt reggeli megszűnik. Ez a fapados légiközlekedés sajátossága, és az árversenyben javíthat a vasút szerepén.

Összefoglalásul elmondható, hogy a vasúti szolgáltatások fejlődése kétarcú: egyrészt a nyújtott szolgáltatás értékét szeretnék a társaságok növelni és a hálókocsikat prémium kategóriába pozícionálják, másrészt megpróbálnak az árérzékeny fogyasztóknak alternatívát kínálni az alacsonyabb kényelmi szintű kocsikban. E kettős törekvés akkor lehet azonban sikeres, ha a fogyasztók hajlandóak a vasutat valódi alternatívaként figyelembe venni.

5.4 Árazás és kényelem

A vasút hagyományosan távolság alapú, adott útvonalra szóló, a 1990-es évek végétől viszonylag magas árú ajánlatokkal volt jelen a piacon. Azonban a normál, „teljes ár" harmadát-negyedét kérik el ma a társaságok szokványos előre foglalás esetén, folyamatosan lépnek be a piacra új és új kedvező konstrukciókkal és alacsonyabb árszintekkel. A „teljes ár" egyre kevésbé használatos.

A fapados légitársaságok és a nemzetközi autóbusz értékesítési rendszerek jellemzője, hogy alapvetően az árérzékeny utasokra optimalizálják a szolgáltatást. A vasúttársaságok ezt általában nem teszik meg, ezért a vasút inkább a minőségre fogékonyak közlekedési eszköze. Egyes országokban e pozíció miatt a vasút jelentős teret vesztett. Közép-Kelet-Európában a főbb vonalakon a vasúti fejlesztések mára „beértek", és a korszerű autóbusszal szemben a vasút a fedélzeti kényelmet tekintve újra versenyképes az útvonalak zömén. A Magyarországról induló nagy távolságú vasúti forgalomban ma már szinte csak klimatizált kocsik közlekednek, többségükben konnektorokkal felszerelve. Ma ez a tisztaságon felül minimálisan elvárt kényelmi szint. A fejlesztések azonban minden országban zajlanak, és ennek eredményként a formatervezésben is újszerű és sok apró kényelmi szolgáltatással felszerelt, modern távolsági járművek adják majd a kínálat többségét. Ezek a felső közép kategóriás autókkal azonos piaci pozíciónak felelnek meg másodosztályon is. A MÁV-START Zrt. által épített IC+ kocsicsalád ebbe a kategóriába tartozik.

A közeljövőben ennek megfelelően várható, hogy a vasút a fapados repülés induló árainál magasabb induló árakkal dolgozik továbbra is, de az utasok ezért cserébe kényelmes és modern környezetet kapnak, kedvező ár-érték arányt érzékelnek. Az ilyen típusú vasúti szolgáltatásra van kereslet, ezt mutatja a már több, mint 10 éves osztrák railjet járműkoncepció kedvező hazai imázsa.

A vasúthoz képest szintén jellemzően alacsonyabb vagy azonos jegyárakkal dolgozó autóbuszos versenytársak esetében is hasonló a jellemző: a vasúttársaságok jellemzően versenybe szállnak különböző, differenciált eszközökkel, de a fő fókusz a magasabb minőséget igénylő, fizetőképesebb utasokon van, így az átlagos árak is valamivel magasabbak – az eljutási idő különbségtől is függően. Az online útvonaltervező és árösszehasonlító szoftverek fejlődésével az árverseny egyre élesebbé válik, és a vasúti árak átlagának kismértékű csökkenése a jövőben is várható.

5.5 Központból – központba

A vasúti közlekedés egyik nagy előnye, hogy a vasútvonalak keresztülmennek a városokon, így a vasútállomások közel helyezkednek el a belvároshoz, illetve lehetséges, hogy a vonatok a városokon belül több helyen is megálljanak, így több lehetőséget adva az utasoknak a fel- és leszállásra. Ezáltal a kiindulási és a célpontok valamint a vasútállomás közötti távolságok kisebbek, mint ugyanezen pontok és a repülőterek távolságai. Ez akár az utazási időben is látszódhat például rövidebb távolságú nemzetközi utazás esetén, vagy a programok kezdési, illetve befejezési idején.

6. Fejlesztési lehetőségek

6.1 Értékesítési csatornák

A szolgáltatás fizikai jellemzőin túl az online felületeken kell még a vasútnak megnyernie a fogyasztót. Az államvasutak országonként széttagolt értékesítési rendszere, a változóan felhasználóbarát felületek sok kihívást rejtenek. A légi közlekedésben az online értékesítés szerepe megkérdőjelezhetetlen, miközben a vasúton még mindig nagy a személyes értékesítés szerepe. Az éjszakai vonat nagyon speciális termék, amelynek a jellemzőit kevés fogyasztó ismeri pontosan, és a foglalás olykor nagyon bonyolult lehet. Az átszállások, a gyermekekre vonatkozó, országonként eltérő szabályok, a szállítandó kutyák, macskák, kerékpárok és az esélyegyenlőségi megoldások a vasúti utazások szervezését külön tudománnyá tették. Az interneten erre szakosodott tanácsadó oldalak működnek és különböző fórumokon osztják meg a fogyasztók egymással a tapasztalataikat.

Az értékesítési lehetőségek körében jelentős fejlesztés lesz nemzetközi vasúti jegyek egyre teljesebb körű online és mobil értékesítésének elindítása, azaz a személyes értékesítés kiváltása. Hozzá kell tenni, hogy a rengeteg ajánlat között nem könnyű az eligazodás, néha nem árt majd a jövőben is szakember segítségét igénybe venni. Ez azonban nem egyedülálló vásárlási helyzet, hiszen a kereskedelem is specializálódik, egyre több a tanácsadással egybekötött vásárlás.

Az Európát átszelő éjszakai vonatozás akkor tud igazán versenyképessé válni, ha a termékkoncepció teljes megújulásának részeként az értékesítésben is bekövetkezik egy „kontinensnyi" egységesedés és verseny alakul ki a különböző másodlagos értékesítő és árösszehasonlító rendszerek között.

Ugyancsak ide sorolható a globális helyelosztó rendszerekhez (Global Distribution System – GDS) történő csatlakozás is. Így a vasúti jegyek nagyon sok utazási szolgáltató részére elérhetők lesznek, amely lehetővé teszi, hogy megjelenjen az éjszakai vasúti utazás is a kínálatban. A versenyképesség fokozását hozza, ha az utazási irodák munkatársai is ismerik az éjszakai vonatok hálózatát és a vonatokat ajánlják is ügyfeleiknek. Ehhez a légi közlekedés mellett a vasúti utazásra vonatkozó igényeknek is olyan jelentősnek kell tűnniük az utazási irodák vezetőinek szemében, hogy megérje a munkatársakat képezni és a szükséges szoftvereket telepíteni. Ez valószínűleg a fogyasztói igények változásával automatikusan be fog következni.

6.2 Javaslatok éjszakai vonatok közlekedésére

A magyar vasúti palettán nem hiányoznak az éjszakai vonatok, ugyanakkor van néhány viszonylat, amelyek visszaállításán vagy elindításán érdemes lehet a földrajzi adottságok miatt elgondolkodni.

Elsőként említhető Olaszország. Ide már közlekedett éjszakai és nappali vonat is, azonban úgy gondoljuk, hogy a hosszú menetidő miatt inkább az éjszaki vonatnak lenne létjogosultsága. A 7. ábra alapján az észak-olasz gazdasági térség nagyvárosai Milánó és Torinó, illetve a kedvelt úti cél Velence jöhet szóba célpontként. Amennyiben a vonat Velence célállomással közlekedik, akkor lehetőség van az olasz adriai nyaralóvárosok (Jesolo, Bibone) könnyebb elérésére. Velence esetében meg kell jegyezni, hogy a város egyre nehezebben viseli el a rá zúduló turistaáradatot. Ennek kordában tartására az egynapos látogatók számára „belépődíj" bevezetését tervezik [10], márpedig a vonattal érkező turisták többsége ilyen. Kérdés lehet e többletköltség hatása a vonattal utazni szándékozók számának alakulására. Észak-Olaszország mellett ugyancsak végállomásként jöhet számításba a rengeteg kulturális örökséggel rendelkező Firenze városa, ahonnan könnyen elérhetők a közeli történelmi városok (Bologna, Pisa), vagy akár az Adriai-tenger partján tovább haladva Rimini is.

Tovább vizsgálva a 7. ábrát, célpontként említhetők a Benelux államok fővárosai. A belga főváros elérésére az ÖBB 2020 elején indította újra a közvetlen vonatot Bécsből. Mint minden hasonló esetben, itt is kérdés, hogy a Budapestről történő közvetlen elérés ennek a vonatnak a meghosszabbítása lehetne vagy önálló Benelux vonatot érdemes kifejleszteni. Hasonló a helyzet Amszterdammal is: Budapest, Bécs és Pozsony együtt adhat egy olyan régiót, ahonnan már érdemes lehet naponta éjszakai vonatot közlekedtetni a holland nagyvárosba.

A magyar gazdaság ezer szállal kötődik a német gazdasághoz, gondoljunk csak az autóiparra. A gazdasági kapcsolatok gerjesztette utazási igények szintén jelentősek a két ország között, melyre jó példa a napi 5 pár Budapest – München railjet járat. Ugyanakkor a német gazdaság központjába a Frankfurt – Köln – Dortmund háromszögbe nem közlekedik közvetlen vonat. Egy rövid ideig járt éjszakai vonat Budapest és Frankfurt között, de az akkori vasútüzemi megoldás (közös vonat az ÖBB strassbourgi járatával) nem hozta az üzleti eredményeket. Megváltozott piaci környezetben ez az összeköttetés logikus hálózati elem.

Észak-Európa ugyan kívül esik a 7. ábrán meghatározott körön, de a dán főváros Koppenhága és Malmö még az éppen elviselhető éjszakai vasúti utazás idősávjába esnek Budapestről a jelenlegi pályadatok alapján kalkulált 15-16 órás menetidővel. Ebbe a kategóriába sorolhatjuk még az útvonalba eső Hamburgot is. A vonatok elindításának alapvető feltétele a megfelelő kereslet igazolása.

Párizs leginkább turisztikailag lehet hasznos célpont. A francia főváros utasvonzó hatása megkérdőjelezhetetlen, ugyanakkor a hosszú menetidő (14-15 óra) szintén a körön kívülre helyezi. Versenyképes ajánlatokkal ez a hátrány csökkenthető. Az út teljes egészében pihenéssel tölthető, így a másnapi ébredés után a tervezett üzleti, kulturális és turisztikai programok fáradtság nélkül lebonyolíthatók. A hosszú menetidőből adódóan vagy az indulás vagy az érkezés ideje kívül fog esni az ideális időintervallumon, ezért a vonat menetrendjének kialakítása nagy körültekintést igényel. Ezen kívül egy vasútáraság számára presztízs értékű lehet Párizs megjelenítése a kijelző táblákon. És ne feledjük: ilyen viszonylatú vonat is közlekedett már a magyar sínpályákon.

A horvát tengerpart minden bizonnyal továbbra is a magyar nyaralók elsőszámú célpontja lesz. A tengerpart legdélebbi része (Dubrovnik) sajnos nem elérhető vonaton, ezért javasoljuk, hogy Ploče városába közlekedjen nyári nyaralóvonat, ahonnan a dél-horvátországi tengerpart és a menetidő függvényében esetleg Montenegró északi tengerpartja (Herceg Novi) busszal megoldott csatlakozással lenne elérhető. A vonat Bosznián át történő közlekedtetése lehetőséget nyújthat Szarajevó és Mostar közvetlen elérésére is. Bizonyosak vagyunk benne, hogy a vonat megtalálná a maga elégséges számú utazóközönségét a piac „zöld irányba" tolódása esetén.

Az éjszakai vonatok számának megnövekedése akkor várható, ha a gazdaságosságukkal kapcsolatos kérdésekre megnyugtató válasz születik. Ennek egyik lehetséges módja a fogyasztók önkéntes „átpártolása" a repüléstől a vasútra. Amennyiben ez elér egy kritikus mértéket, a következő módon biztosítható az éjszakai vonatok gazdaságossága:

1. a reggeli és esti szakaszon rövid távú utazásokra igénybe vehető, adott esetben nappali vonatokkal összekapcsolva közlekedik vagy nappali forgalomra szánt kocsikat továbbít;
2. az éjszakai szakaszának üzleti kockázatának megosztása;
3. a közszolgáltatási megrendelésbe integrálása ott, ahol a távolsági forgalom is közszolgáltatás általában; illetve a távolsági alaprendszer kiegészítő elemének kell tekinteni ott, ahol a távolsági szolgáltatás nem közszolgáltatás;
4. a jelenleg is alkalmazott megoldással több úti cél kombinálása egy vonatban;
5. a szabadidős utazások szétterítése az év egészére a teljes turisztikai szektorral és a szabályozó szervezetekkel együttműködésben.

A fentiek puha eszközöknek tekinthetőek, hiszen egyes nyomásgyakorló csoportok és politikai szereplők direkt piaci beavatkozást sürgetnek. E beavatkozás egy erőteljes európai zöld intézkedési csomag keretében akár rövidtávon is elképzelhető. Ebben az esetben azonban a vasúti járműgyártási ciklusokra figyelemmel kell alkotni a szabályokat, hiszen az éjszakai vonatok újra elterjedéséhez új járművek gyártására van szükség. A fenti, példaként felvetett útvonalak kiszolgálása érdekében is egy több éves járműbeszerzési programot kellene elindítani egy új útvonalat nyitni vágyó vasútvállalatnak.

Konklúzió

A világban jelenleg zajló folyamatok: a klímavédelem felerősödése, az egyre inkább környezettudatos életmód, az erre a témákra irányuló egyre nagyobb médiafigyelem (beleértve Greta Thunberg tevékenységét is) azt valószínűsítik, hogy Európában újjászületik a nagy távolságú, éjszakai vasúti személyszállítás. Ez azonban nem lesz könnyű és gyorsan lezajló folyamat, és folyamatos szabályozást igényel, mert a piac logikája alapján nagy eséllyel nem fog önmagától végbemenni.

Cikkünk annak bizonyítására született, hogy bemutassuk, a vasúti közlekedés és ezen belül az éjszakai vonatok piaca kedvező hatással lehet fenti folyamatokra.

Tanulmányunk első részében bemutattuk az európai utazási célpontokat, majd elemeztük a vasút és a repülés helyzetét az európai személyszállítás terén. Megállapításaink alapján a második részben meghatároztuk azokat a versenyelőnyöket, amelyekkel az éjszakai vasúti közlekedés megfelelő alternatívája lehet a rövid távú repülésnek.

Az éjszaki vonatok esetében elérhető maximális sebesség korlátai miatt a repülés szerepét elsődlegesen a szabadidős célú utazások kapcsán tudja a vasút átvenni, és mivel ezek az utazások erősen szezonálisak,

ezért az átlagos, egy vonatra eső utasforgalom nem lesz kellően magas a jelen körülmények közötti piaci működéshez. Nem tudunk túl sok olyan várospárt találni, amelyek között egy éjszakai vonatra sok száz utas száll fel minden nap (ilyen lehet Bécs – Róma).

Az éjszakai közlekedés ott tud igazából teret nyerni, ahol a szabadidős utazás mellett még másféle csoportok is megjelennek a városlátogató turisztikai csúcsszezonon kívül. Ezek lehetnek munkavállalók, rokonlátogatók, diákok, azonban lényeges hogy október-november és január-február hónapokban is jelentkezzen utazási igény. Elvi szinten persze lehet téli és nyári szezonban eltérő útvonalakat kínálni, jelenleg is közlekednek Európában sívonatok és vannak nyári tengerparti vonatok is.

Meglátásunk szerint az újjászülető nagy távolságú éjszakai vonatok a nagysebességű vonatok kiegészítéseként működnek majd, mivel a nagysebességű pályákon rendszeresen az éjszakai karbantartások, így ebben az időszakban a nagysebességű vonatok közlekedtethetősége korlátozott. Ezen kívül a nagysebességű éjszakai járművek beszerzési és üzemeltetési költsége nagyon magas, nem valószínű ilyen (230 km/h sebesség fölötti) éjszakai vonatok közlekedése.

Úgy látjuk, hogy a jövőben elfogadottabbá válnak a hosszú útvonalak és a hosszú ideig tartó vasúti utazások. A délutáni indulás és a másnap délelőtti érkezés is belefér a szabadidős utazók programjába. A vonaton töltött idő közösségi programnak vagy munkaidőnek számít és nem tekintik pazarlásnak. Így cikkünk végén javaslatot tettünk Magyarországról indítható további éjszakai vonatokra: Budapestről Dánia és Svédország déli része (Koppenhága és Malmö), a Benelux térség, Párizs, Észak-Olaszország és Bosznia – Dél-Horvátország is elérhetővé válhat ilyen vonatokkal.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy a klímavédelmi intézkedések a piacba történő beavatkozást is jelentenek, így olcsóbbá válhat az éjszakai vonatok működtetése vagy további célzott támogatást kaphatnak a repülést kiváltó vasúti összeköttetések. A piaci verseny a jövőben az éjszakai vonatok területén is nagyobb szerepet kap. Jelenleg is közlekednek magáncégek üzemeltette éjszakai vonatok, a szabályozás és a piaci trendek változásával nagyobb részesedést hasíthatnak ki.

Összességében az igénybe vevők számának növekedése „hozza vissza” a hálókocsis utazást a köztudatba. A „természetes” növekedést az okozza elsősorban, ha a zöld gondolatok a hétköznapokban, a fogyasztók megosztásai, egymásnak átadott információi alapján épülnek be a potenciális utasok választásai közé. Ebben a fázisban tudnak a vasúttársaságok és a különböző, környezetvédelmet célul tűző szervezetek hatékonyan segíteni a döntések meghozatalánál tájékoztatás adásával. A természetes használati mintát azonban leghatékonyabban a fogyasztók tudják egymás között átadni, persze a forma sokféle lehet: egy baráti beszélgetés vagy éppen az influenszer marketing.

Úgy gondoljuk tehát, hogy az éjszakai vasúti közlekedés reális alternatívát nyújt a rövidtávú repüléssel szemben, és megfelelő kiegészítése a nagysebességű nappali vasúti közlekedésnek, nem utolsó sorban pedig költséghatékonyabb utazást tesz lehetővé a magtakarított szállásköltségek miatt. Bízunk benne, hogy ez az irány megfelelő lehet a jövő közlekedése és Greta Thunberg számára is.

Irodalomjegyzék

[1] Európai Bizottság: Miről szól az európai zöld megállapodás?, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hu/fs_19_6714, letöltve: 2020. 02. 14.

[2] Merza Á. – London A. – Kiss I. – Pelle A. – Dombi J. – Németh T.: A világkereskedelem hálózatelméleti vizsgálatának lehetőségeiről. Közgazdasági Szemle, LXIII. évf. 1. szám, 2016., pp. 79-98.

[3] Steer Davies Gleave supported by TRASPOL – Politecnico di Milano: Research for TRAN committee – Passenger night trains in Europe: the end of the line?, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Burssels, 2017., ISBN 978-92-846-0020-5, DOI: 10.2861/414084, http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/601977/IPOL_STU(2017)601977_EN.pdf, letöltve: 2020. 02. 14.

[4] Arató K.: Vasúti rendszertechnikai ismeretek, elektronikus jegyzet, Széchenyi István Egyetem

[5] Sinka P.: Távoli helyeken – Híres útvonalak élete és halála, Indóház Extra, 2013/3 szám, 2013. ISSN 1788-3288, pp. 54-58

[6] Lévai Zs.: Közlekedésbiztonság, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019., ISBN 978-963-531-012-8

[7] „Flight shame" could have growth in air traffic, BBC News, 2019. 10. 02., https://www.bbc.com/news/business-49890057, letöltve: 2020. 02. 14.

[8] M. K. H. Kantelaar: Night-Time Train Travel: A Stated-Preference study into the Willingness to Use night trains for European long-distance travel, Delft University of Technology, 2019., https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:21e9731a-6ec3-4230-847f-38ffa364ba8a?collection=education, letöltve: 2020. 02. 14.

[9] Lévai Zs. – Molnár B.: Vasút és turizmus: lehetséges válaszok a globális klímaváltozás kihívásaira, In. Multidiszciplinaritás a Turizmusban, X. Nemzetközi Turizmus Konferencia kiadványa, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2020., kiadás alatt

[10] hvg.hu: Mától kamerával számolják a turistákat Velencében, https://hvg.hu/elet/20200216_Matol_kameraval_szamoljak_a_turistakat_Velenceben, letöltve: 2020. 02. 16.

Határon átnyúló közlekedési együttműködés fejlesztése az osztrák–magyar határtérségben

Dr. Berényi János - Dr. Siska Miklós

Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont, Közlekedésmenedzsment Osztály
telefon: 1/371-5890, 1/371-5836
e-mail: berenyi.janos@kti.hu; siska.miklos@kti.hu

Kivonat: A SMART-Pannonia projekt az osztrák-magyar határtérség – mint funkcionális régió – közösségi közlekedésének fenntartható és „okos", a két tagállam közös érdekei alapján történő fejlesztésének elősegítését kívánja szolgálni. A határon átnyúló mobilitás a programterület valamennyi térségében jelentős kihívásokkal küzd, amit csak határon átnyúló módon lehet hatékonyan kezelni. Így a projekt alapvető célja hatékony és fenntartható határon átnyúló közös közlekedési együttműködés megalapozása a fenntartható mobilitás erősítése érdekében, úgy lokális, mint regionális szinten. Közlekedésszervezési oldalról a legfontosabb a határ két oldalán működő különböző és egymástól sok esetben eltérő szabályozási, finanszírozási és működtetési metódusokat alkalmazó megrendelői és lebonyolító szervezetek közötti együttműködés harmonizálása. Ezzel növelhető a határtérség fenntartható átjárhatósága, ami jelentős gazdasági hatással is bír. Az előadás elsősorban a közlekedésszervezési (és a kapcsolódó jogi, szabályozási, szolgáltatási stb.) kérdéseket érintő megállapításokat, javaslatokat foglalja össze.

Kulcsszavak: közforgalmú közlekedés, határtérségek mobilitása, közlekedési együttműködés, működési és működtetési feltételek (menetrend, tarifa, támogatások, stb.) országok közötti harmonizálása

Bevezetés

Az uniós integrációnak köszönhetően az egyes tagországok között ugyan jogilag és legtöbb tekintetben fizikailag is eltűntek a határok, a közforgalmú közlekedés területén hálózatképzési, menetrendi, tarifa- és viteldíjképzési szempontból a helyzet mégsem változott sokat. Ennek következményeképpen – elsősorban a schengeni határok két oldala között – az egyéni közlekedés teljes hegemóniája alakult ki, aminek sok negatívumát csökkenteni lehet a határon átnyúló közforgalmú közlekedés fejlesztésével. Célunk bemutatni azt a munkánkat, amelyet egy osztrák-magyar Interreg-projekt, a SMART-Pannonia keretében [1] végeztünk annak érdekében, hogy megtörténjen egy hatékony és fenntartható határon átnyúló közös közlekedési együttműködés megalapozása a fenntartható mobilitás erősítése érdekében.

Európában több évtizedes múltra tekint vissza a közforgalmú személyközlekedési szolgáltatások intézményesített együttműködését megtestesítő közlekedési szövetségek létesítésének és működtetésének gyakorlata. Az európai térségen belül az uniós együttműködésnek és intézményrendszerének hála a belső határok teljesen vagy nagy részben átjárhatóvá váltak, és ez megkövetelte a közlekedés határokon átnyúló működtetését. Ezek a gyakorlatban is megvalósult együttműködési formák jó példát szolgáltatnak arra, hogyan lehetne ezeket a megoldásokat az osztrák-magyar határ két oldalán fekvő régiók közötti közlekedésben alkalmazni.

Munkánk során megvizsgáltuk azon európai „jó gyakorlatokat", amelyek példát szolgáltathatnak egy határt átlépő kétoldalú közlekedési együttműködés megvalósításához, és ezzel párhuzamosan elemeztük mindazon körülményeket – a szabályozási, finanszírozási stb. kérdéseket –, amelyek akadályai vagy elősegítői a cél elérésének. Természetesen vizsgáltuk és rendszereztük mindazon területi, demográfiai, infrastrukturális, forgalmi adatokat is, amelyek alapul szolgálnak egy ilyen feladat elvégzéséhez.

Végezetül megtettük azokat a javaslatokat, amelyek segítségével megindulhat az a közös, mindkét ország érintett hatóságai és szakmai szereplői közös munkálkodását segítő tervezési-szervezési folyamat, amelynek eredményeképpen a vizsgált határ menti területek valóban határnélkülivé válhatnak.

1. Együttműködési formák Európában

Európában az elmúlt néhány évtized során számos közlekedési társulás, szövetség alakult meg különféle formában – azonban létrejöttükben, majd fejlődésükben mindegyikük esetében az alábbi szempontok voltak a meghatározóak [2]:

- kialakulásuk időpontja (a 60-as évek végétől napjainkig) összeköthető a motorizációnak azzal a fejlettségi szakaszával, amikor az már kezdett olyan szintet elérni, hogy zavaróvá vált a járulékos problémák miatt a társadalom számára (forgalmi torlódások, környezetszennyezés stb.),
- létrehozásukat mindenütt politikai döntés előzte meg,
- kialakulásuk általában több lépcsőben történt,
- önfejlesztő képességük következtében egyre jobban elérik az infrastruktúra, a járműpark, a tarifa- és viteldíjrendszer stb. folyamatos korszerűsítését,
- működésükkel a közforgalmú közlekedés a használók számára alágazatoktól, üzemeltetőktől függetlenül egységes rendszerként jelenik meg, és egy valóban vonzó alternatívát jelent az személygépkocsi-használattal szemben.

A nemzetközi gyakorlatból ismert, hogy egy teljes értékű közlekedési szövetség sikeres működésére az alábbi ismérvek a jellemzőek:

- összehangolt hálózatkínálat,
- összehangolt menetrendkínálat,
- egységes jegy- és viteldíjrendszer,
- átszállási/csatlakozási csomópontok integrált kialakítása (beleértve a P+R és P+B parkolókat),
- egységes utastájékoztatási és információs rendszer.

A közlekedési szövetségek számos modellje létezik Európa-szerte, azonban az az általános tapasztalat, hogy egy-egy területre a vonzásterület jellemzőihez, a műszaki adottságokhoz, a gazdasági helyzethez és a jogi szabályozáshoz igazodó megfontolások alapján a legmegfelelőbb típusú modellt igyekeznek kiválasztani. Ami az összes közlekedési szövetségben közös, az a fő funkciók koordinálása.

1.1 Jó példák határon átnyúló közlekedési együttműködésre/szövetségre

A munka során számos Európában található határon átnyúló közlekedési szövetséget, ill. együttműködést vizsgáltunk meg, most csak röviden jelenítjük meg ezeket:

a) Verkehrsverbund Rhein-Necklar (VRN);

b) Bodensee-Oberschwaben Verkehrsverbund (bodo);

c) TriRegio svájci-német-francia tarifaszövetség TNW (Tarifverbund Nordwestschweiz), RVL (Regio Verkehrsverbund Lörrach) és francia operátorok (Distribus, SNCF);

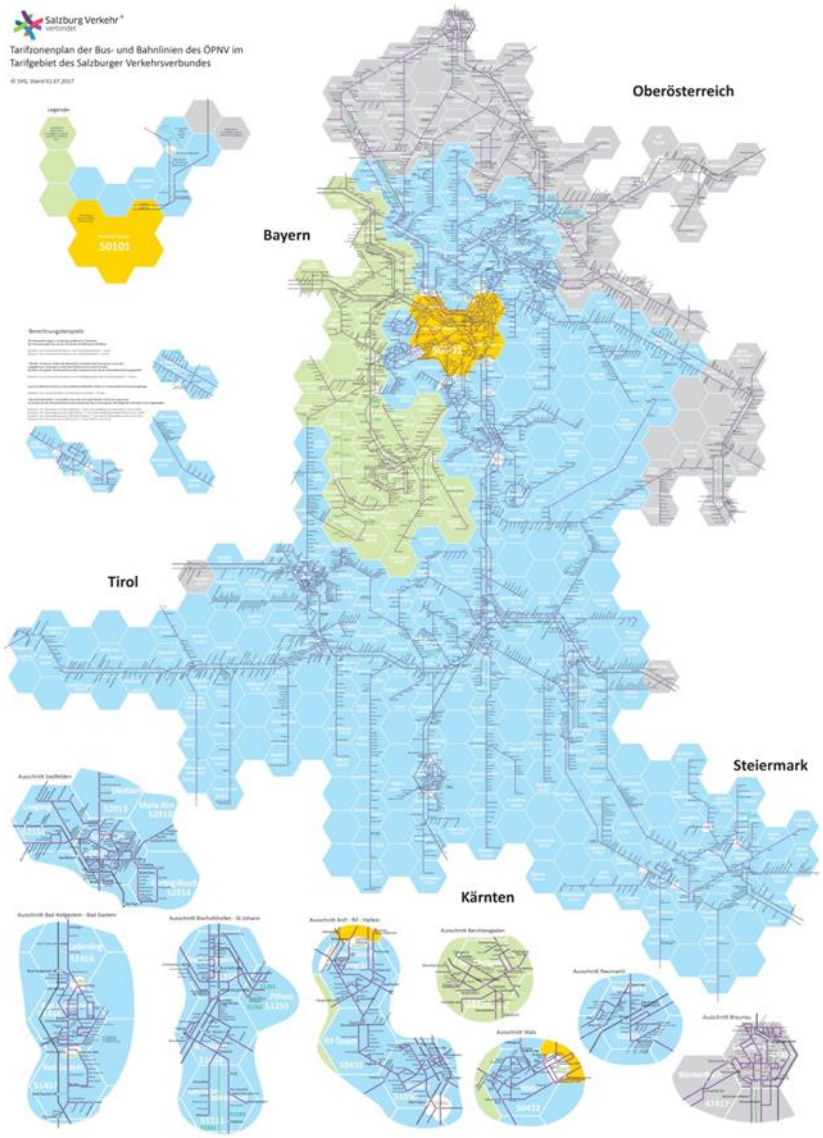
d) Salzburger Verkehrsverbund (SVV), amely bajor területre is átnyúlik;

e) VVT Verkehrsverbund Tirol (Dél-Tirolon és Salzburg tartományon is áthaladó vonalakkal);

f) Elbe-Label Ticket (a Drezda központú VVO Verkehrsverbund Oberelbe és Nyugat-Csehország Ústi nad Laben központú Doprava Usteckého kraj között kialakított tarifaszövetség);

g) EuroNeisse/Nysa/Nisa–Ticket (a német-lengyel-cseh hármashatár körzetében lévő EuroNeisse régió területén szervezett menetrendi együttműködés és egységes tarifarendszer).

Az osztrák-magyar határmentére jó példát szolgáltat a Salzburger Verkehrsverbund, amely nemcsak a saját ellátási területén (Salzburg tartomány), hanem a közlekedésföldrajzi szempontból vele együtt élő felső-ausztriai és bajor területrészein is működik (1. ábra). Vagyis a Salzburg tartományt és Salzburg városát is kiszolgáló SVV a szomszédos bajor Berchtestgraden és annak körzetének kiszolgálója 1997 óta. Ezzel ez az első olyan közlekedési szövetség Európában, amely egy másik ország területén is működik. A berchtesgradeni területen lévő – és Salzburggal összeköttetéssel rendelkező – közlekedési vonalak lényegében az SVV-be integrálódtak, amihez természetesen szükség volt államközi megállapodásra is.



1. ábra: A Salzburgi Közlekedési Szövetség működési területe

Forrás: https://salzburg-verkehr.at/pa_file/svv-zonenplan/

A másik tanulságos példa az Elbe-Label Ticket. Drezda, illetve a VVO Verkehrsverbund Oberelbe és Nyugat-Csehország (Ústi nad Laben, ill. Doprava Usteckého kraj) között kialakított – lényegét illetően – tarifaszövetség, ahol lehetőség nyílt egy közös jeggyel elsősorban a turizmust szolgálva a két különböző pénznemet használó országban lévő területi egységek között az átjárhatóságot javítani. Itt a határ két oldalán lévő közlekedési szövetség közötti menetrendi és tarifális együttműködés valósult meg oly módon, hogy a Drezda, illetve az Ústí nad Laben központú, két nemzeti közlekedési szövetség között kialakítottak egy közös, de két pénznemmel (EUR és CZK) működő tarifaalrendszert, két átkötéssel (Bad Schandau–Decin között vasúton és hajón, Sebnitz–Rumburk között vasúton).

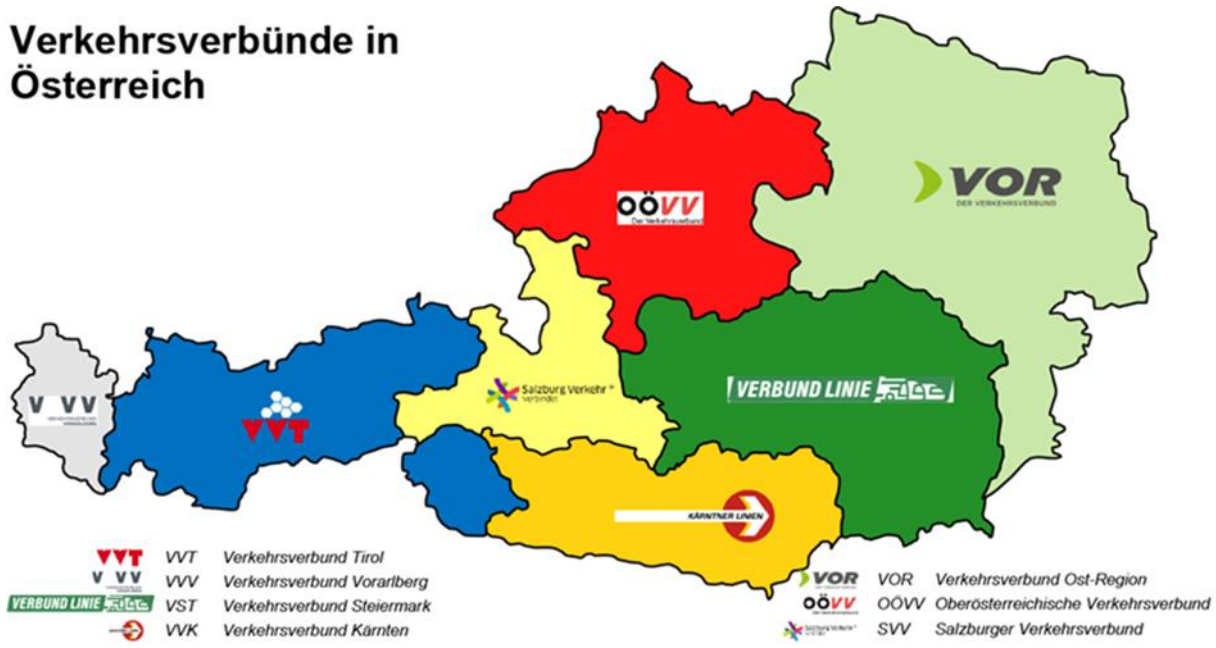
2. ábra: Közforgalmú közlekedés Csehország és Németország egyik határ menti térségében

Forrás: https://www.vvo-online.de/doc/Elbe-Labe-Ticket-Linienverzeichnis.pdf

1.2 Közlekedési szövetségek Ausztriában

Ausztriában törvény írja elő, hogy minden tartományban közlekedési szövetséget kell létrehozni (Öffenntlicher Personennah- und Regionalverkehrsgesetz, 1999, ÖPNRV-G, 1999). Így minden egyes szövetség egy-egy tartományt szolgál ki (bár lehetnek apróbb, helyi sajátosságok által indokolt átfedések), és együttesen az ország teljes területét lefedik, ezzel az ország minden településére kiterjedő rendszert alakítottak ki. Az egyes szövetségeknek a törvényben rögzített feltételeket kell teljesíteniük, amelyek elsősorban az egységes tarifarendszerre, a menetrend kialakítására, illetve a szövetség testületeire vonatkoznak [3].

Annak érdekében, hogy a regionális közlekedési vállalatok (és ez által a testületek is) képesek legyenek ellátni a feladataikat, a törvény előírja egy irányító bizottság létrehozását minden közlekedési szövetség esetében. Az irányító bizottság felelős – többek között – a viteldíjakra vonatkozó alapvető irányelvek megállapításáért, az integrált információs rendszerért, a marketingtevékenységekért, a minőségirányításért, illetve javaslatokat tesz a helyi és regionális közösségi közlekedés tervezésével kapcsolatban. Ezen felül az irányító bizottság feladata a bevétel kiszámítása és a finanszírozás allokációja a szövetségen belüli vállalatok részére. Ebből tisztán látszik, hogy a bizottság látja el a szabályozó (pl. minőségmenedzsment), valamint a koordinációs és tanácsadói funkciókat (pl. helyi és regionális tömegközlekedési tervezési javaslatok).



3. ábra: Közlekedési szövetségek Ausztriában

Forrás: https://www.bmvit.gv.at/verkehr/nahverkehr/verbuende/aufteilung.html

2. A magyarországi helyzet

Magyarországon a közforgalmú közlekedés szabályozásában a korábbi három törvény helyébe egy lépett 2012-ben. A jelenleg hatályos 2012. évi XLI. Személyszállítási törvény a korábbi rendelkezések korszerűsítése, a párhuzamosságok kiszűrése céljával született. Tartalmazza a korábbi vasúti törvény, az autóbuszos személyszállítási törvény és a közúti személyszállítási törvény változatlanul érvényes rendelkezéseit.

Sem a korábbiak, sem a jelenleg hatályos jogszabály nem foglalkozik szövegszerűen a közlekedési szövetségekkel. Emiatt egy ideig sokan úgy értelmezték, hogy nem is ad lehetőséget közlekedési szövetség létrehozására. Ezzel szemben a jogszabály 3. § (1) bekezdése szó szerint azt írja elő, hogy:

„A közforgalmú személyszállítási szolgáltatást végző közlekedési szolgáltatók, valamint a személyszállítási szolgáltatási tevékenység végzéséhez szükséges állomások, megállóhelyek, valamint egyéb utasforgalmi létesítmények üzemeltetői kötelesek a személyszállítási szolgáltatási tevékenységek hatékony ellátása érdekében egymással együttműködni.”

Ez így meglehetősen általános megfogalmazás, az együttműködés keretei és részletei csak a személyszállítási közszolgáltatás akadálytalan ellátását szolgálják.

Ugyanakkor ugyanennek a törvénynek az 5. § (2) bekezdése már konkrétan integrált közlekedési rendszer megalkotását írja elő:

„Az (1) bekezdésben foglalt feladatok ellátása során az ellátásért felelősök kötelesek egymással is együttműködve biztosítani, hogy a helyi, az elővárosi, a regionális és az országos közforgalmú személyszállítási szolgáltatások e törvény hatálya alá tartozó vízi személyszállítási szolgáltatással együtt integrált közlekedési rendszert alkossanak az egyes közlekedési módok közötti ésszerű munkamegosztással és a közpénzek lehető legtakarékosabb felhasználásával.”

Az integráció működési módját és szabályozását a továbbiakban a törvény nem tárgyalja. A további paragrafusok csak arra vonatkozóan tartalmaznak előírásokat, hogy melyek a fenti integráció lényeges pontjai, úgymint:

- a helyi és az országos, regionális, illetve elővárosi személyszállítási közszolgáltatások összehangolása,
- közlekedési adatközpont használata és adatokkal történő ellátása,
- egységes egyeztetési eljárás kötelezettsége a menetrendekre vonatkozóan,

- valamint egységes jegy- és bérletrendszer működtetése (országosan kötelezően, regionális szinten lehetőségként).

Magyarországon a közforgalmú közlekedési közszolgáltatásokat – hasonlóan Ausztriához – a központi, illetve a helyi adminisztráció rendeli meg. Mivel azonban hazánkban nincs pénzügyi szempontból önálló középszintű adminisztráció, az elővárosi, a regionális és az országos helyközi közforgalmú közlekedés megrendelője egyaránt a központi adminisztráció. A helyi önkormányzatok csak a helyi közlekedési szolgáltatásokért felelősek. Operátor viszont jóval kevesebb működik Magyarországon, mint Ausztriában. 2019 ősze óta a Volánbusz Zrt. és még négy kisebb szolgáltató teljesen lefedi hazánk autóbuszos helyközi közszolgáltatási piacát, vasúti személyszállítási közszolgáltatást pedig csak a MÁV-Start és a GYSEV nyújt. Az autóbuszos közszolgáltatást nyújtó (egyébként a kisebb társaságok kivételével 100%-ban állami tulajdonú társaság) egyben a helyi közszolgáltató vállalat is, kivéve a saját (belső) szolgáltatóval rendelkező nagyvárosokat.

3. Azonosságok és különbözőségek a két ország között a közlekedésszervezésben

A két ország közforgalmú közlekedésében számos hasonlóság, de még több különbség mutatható ki. A legfontosabb eltérés Ausztria és Magyarország között a közlekedés szervezésében és a liberalizáltság fokában jelentkezik. Magyarországon – néhány vonaltól eltekintve – egyelőre egyik közlekedési alágazatban sem koncesszió alapján nyújtják a szolgáltatást, míg Ausztriában már hosszú évek óta ismert ez a szerződéskötési forma.

További szervezési eltérést okoz a két ország közigazgatási felépítésének különbözősége. Az osztrák szövetségi állammal szemben a magyar erősen centralizált felépítésű. Míg Ausztriában a tartományok széleskörű döntési autonómiával rendelkeznek, beleértve bizonyos adók megállapítását is, addig Magyarországon a helyi önkormányzatok legnagyobb bevételi forrása általában a központi költségvetésből kapott normatív támogatás.

E két tényező hatására a megrendelői szintek is jelentősen eltérnek egymástól. Ausztriában döntően a vonzáscentrumok határoznak a környezetükben szükséges – elsősorban – közúti közszolgáltatás kapacitásának nagyságáról és menetrendjéről. Ezzel szemben Magyarországon a döntést a központi adminisztráció hozza. Természetesen a magyar rendszer is igyekszik messzemenően feltárni az egyes szűkebb régiók szükségleteit és annak megfelelően megrendelni a közszolgáltatási kapacitásokat és menetrendeket, de még sincs olyan közvetlen elszámoltatható kapcsolatban a döntéshozó a döntése által befolyásolt lakossággal, mint a szomszédos országban.

További alapvető szervezési különbség a két ország között, hogy Ausztriában a megrendelők és szolgáltatók szervezetileg is összetartozó egységet alkotnak a közlekedési szövetségekben. Ezzel szemben Magyarországon különálló jogi személyiségű szervezetek együttműködésére van szükség még akkor is, ha az állami intézményekkel szemben gyakorlatilag 100%-ban állami tulajdonú társaságok (mégpedig úgy, hogy esetükben a tulajdonosi jogokat a megrendelő, közlekedésért felelő minisztérium gyakorolja) állnak.

Alapvető eltérés tapasztalható a két ország tarifa- és viteldíjrendszerében még akkor is, ha a zónatarifa-rendszer mellett Ausztriában is megjelent a távolságalapú viteldíjszámítást előtérbe helyező hálózati bérlet is. A kedvezmények rendszerében ugyanakkor már sokkal kisebb eltérések vannak, bár éppen ez az a terület, amely – jellegénél fogva – a legérzékenyebben reagálhat a legkisebb módosításokra is.

A legkevesebb különbség a finanszírozás elveiben és rendjében tapasztalható, hiszen mindkét országban egységesen kötelezően alkalmazandó az EK 1370/2007 rendelete. Az utasoktól származó bevételeket mindkét országban ki kell egészíteni részben különböző szociális megfontolásokon alapuló költségvetési forrásokkal, részben pedig az ezek után is még fedezetlen, ámde indokolt költségeket és a társaságok fejlesztését biztosító észszerű profittal a helyi és központi költségvetések terhére.

S végül szót kell ejteni még egyszer a határon átnyúló közlekedés szempontjából meghatározó kérdéskörről, a közlekedési szövetségekről. Ezeknek Nyugat-Európában számos példája létezik, Ausztriában ezek képezik a közszolgáltatás szervezeti alapját. Ugyanakkor Magyarországon eddig csak részleges – és az európai példákkal összehasonlítva – meglehetősen kezdetleges szinten áll a közlekedési integráció helyzete. Budapesten a BKSZ hosszú előkészítés után elhalt, de legalább a főváros közigazgatási területén belül a bérlettel utazók számára létrejött egy tarifaszövetség a BKK keretében, és néhány saját belső szolgáltatóval rendelkező nagyvárosnál is kialakult – ha erősen korlátozottan is – valamiféle tarifaszövetségi kezdeményezés.

Pontoson ebben a határtérségben van egy e szempontból pozitív kezdeményezés: már napjainkban is működik egy kooperáció, amelyben a közforgalmú autóbuszos (Volánbusz) és vasúti szolgáltatók (GYSEV) együttműködési megállapodás keretében összehangolják szolgáltatásaikat nemcsak menetrendi, hanem viteldíjképzési szempontból is. Ennek során a szolgáltatók kiemelt figyelmet fordítanak az utazási körülmények javítására, az átszállási kapcsolatok optimalizálására és az információnyújtásra. A közös jegyértékesítés és utastájékoztatás több közös csomóponton már megvalósult, és több utazási viszonylaton bevezették az autóbuszos és vasúti közlekedésre is feljogosító kombinált bérletet. A szolgáltatók a továbbiakban erősíteni kívánják együttműködésüket közös beszerzési lehetőségek feltérképezése, a menetrendek és vágányzárak egyeztetése, ügyfélkapcsolati pontok létrehozása, az utastájékoztató rendszerek összehangolása, valamint új, kombinált utazási lehetőségeket biztosító termékek kidolgozása területén. Az eddigi tapasztalatok alapján a szolgáltatásokat igénybe vevő lakosság körében népszerűek a kombinált bérletek, továbbá az összehangolt szolgáltatás következtében nőtt az utasok száma is.

A GYSEV–ÉNYKK/Volánbusz együttműködési tapasztalatai így jó példát jelentenek a közlekedési szövetségek hazai szabályozásának kialakítása során. Mindemellett számos – előzőekben bemutatott nyugat-európai példa áll rendelkezésre a közlekedési szövetségek működése és tapasztalatai terén, amelyek felhasználásával a hazai jogszabályi környezet is fejleszthető lenne.

A közlekedési szövetségek általában az ellátásért felelősök együttműködése keretében jönnek létre azért, hogy a megrendelt közforgalmú személyszállítási szolgáltatás az érintett lakosság számára a legkedvezőbb feltételeket nyújtsa. Hazánkban az ellátásért felelősök:

- országos és regionális szinten a közlekedésért felelős miniszter,
- helyi szinten a települési önkormányzat.

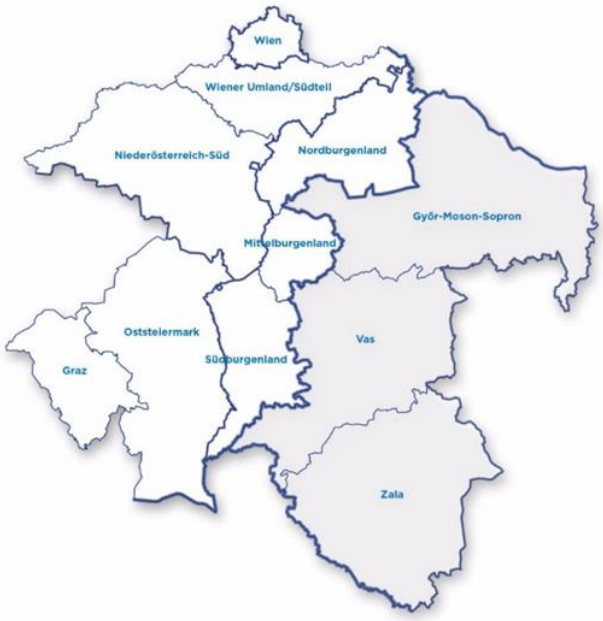
Meg kell jegyezni, hogy a Személyszállítási törvény 16. része a Közlekedésszervezőről alkalmazható lenne a közlekedési szövetségekre is. Ugyanis a közlekedésszervezőnek átadható feladatok tulajdonképpen a közforgalmú közlekedési szolgáltatások szervezését, szabályozását, megrendelését, összehangolását és ellenőrzését jelentik.

Amennyiben létrejönnének azok a jogi keretek, amelyek biztosítanák a közlekedésért felelős minisztérium és a helyi önkormányzatok együttműködését a közforgalmú közlekedés fenti feladatainak ellátása és feladataik összehangolása, valamint életszerű munkamegosztása tárgyában, a közlekedési szövetségek működése érdekében ez lehetne az első lépés. Mindaddig azonban maradnak az egyedi együttműködési megállapodások, amelyek az együttműködő felek, valamint a szabályozási rendszer lehetőségeitől teszik függővé az integráció szintjét.

Magyarországon – szemben Ausztriával – nagy előrelépést jelent a teljes helyközi vasúti és autóbusz-hálózaton a már a megvalósulás szakaszába lépett egységes elektronikus információs- és jegyrendszer (HKIR), amely könnyen elérhető, valós idejű utazási információkat kínál, utazástervezést, valamint egységes platformon történő menetjegy-értékesítési lehetőséget és számos egyéb kényelmi megoldást biztosít a közforgalmú közlekedésben résztvevőknek; és egyben a szolgáltatások megrendelőinek és lebonyolítóinak is egy átlátható keretet biztosít.

4. A közös vonzásterület és a közlekedési hálózatok

Az osztrák-magyar határátmeneti térség az Interreg-program szerint Győr-Moson-Sopron, Vas és Zala megyéket, továbbá Bécs, Felső-Ausztria déli térségét, Burgenland és Kelet-Stájerország tartományokat, valamint Graz térségét jelenti (4. ábra). Az érintett területen jelentős közforgalmú vasúti és autóbusz-hálózat található, melyek távolsági, regionális és helyi közlekedési igényeket szolgálnak ki. Ezen hálózatok infrastrukturális jellemzőit itt most nem ismertetjük.



4. ábra: Az osztrák-magyar határátmeneti térség az Interreg-program szerint

Forrás: http://www.interreg-athu.eu

A jövőbeni közlekedési együttműködés hálózatának meghatározásakor a térség vonzásközpontjait, valamint a főbb közlekedési célpontokat szükséges figyelembe vennünk. Ez esetenként túlnyúlhat a fenti térségi határokon, de a közös hálózat meghatározásakor nem kell elmozdíthatatlan határként tekinteni a közigazgatási határvonalakra. Vizsgálataink alapján az osztrák-magyar határon átnyúló közös közforgalmú hálózatok meghatározásakor az alábbi vonzásközpontokat mindenképpen figyelembe kell venni:

- magyar oldalon Győrt, Sopront, Szombathelyet;
- az osztrák oldalon pedig Wien, Wiener Neustadt, Eisenstadt, Neusiedl am See és Graz városokat.

A fenti vonzásközpontok, valamint az érintett hálózatrészek alapján az javasolható, hogy az osztrák oldalon működő közlekedési szövetséghez (VOR) lehetne csatlakoztatni a magyar oldal regionális vonzásközpontjait érintő és összekötő közforgalmú hálózatokat. A jelenleg kiépült közforgalmú közlekedési hálózatok így tulajdonképpen a határon átnyúló viszonylatok esetében igénylenek új járatokat, a meglévő járatok esetében a menetrendek integrációja, valamint az átszállások biztosítása a legfontosabb teendő. Megvizsgálva a térség városhálózatát megállapítható, hogy a regionális igények elsősorban közúton szolgálhatók ki. Kivételt jelent ez alól a bécsi térség, ahol a fővárosba összefutó vasútvonalaknak köszönhetően koncentrálódik a vasúthálózat, így alternatívát jelent a bécsi elővárosi utasforgalom kiszolgálásában. A magyar oldal vasúthálózata jobban feltárja a lakott területeket, mindamellett, hogy az érintett terület az egyik leginkább aprófalvas térség az országban, így a vasút elérhetősége sok település esetében csak átszállással lehetséges.

A vizsgált területen a két ország között csak néhány vasúti határátkelő van: Hegyeshalom – Nickelsdorf, Fertőszéplak-Fertőd – Pamhagen, Sopron – Baumgarten-Schattendorf, Sopron – Lolperschbach/Schattendorf, Harka – Deutschkreutz és Szentgotthárd – Mogendorf. A vasúti infrastruktúra azonban sem vontatási áramnem, sem biztosítóberendezési szinten nem átjárható, így kétáramnemű, valamint a mindkét oldal vonatbefolyásoló berendezésével kompatibilis fedélzeti eszközökkel felszerelt vontatójármű alkalmazása szükséges a határon átnyúló forgalom biztosításához. A vasútvonalak infrastruktúrájának állapota általában megfelel az európai uniós átjárhatósági előírásoknak a tengelyterhelés és a vonatfogadó vágányhosszak tekintetében. A vonalakon érvényes vonali sebességek már vegyesebb képet mutatnak, tekintettel egyes vonalak nyomvonalára, és az abból adódó ívsugarak miatti sebességkorlátokra.

Az érintett térségben jelentős regionális autóbusz-hálózat működik a határ mindkét oldalán, ugyanakkor a két iskolai bejáró forgalmat kiszolgáló járaton kívül nincs rendszeres határon átnyúló viszonylat.

A magyar oldalon a Volánbusz Zrt., az osztrák oldalon az ÖBB Postbus a legjelentősebb regionális közforgalmú autóbusz-közlekedési szolgáltató. Az autóbusz-közlekedési szolgáltatások elsősorban a regionális központok kiszolgálására, valamint a távolsági csatlakozások biztosítására koncentrálnak. Magyar oldalon az autóbusz-közlekedés forgalmi gócpontjai Győr, Sopron és Szombathely, alközpontjai Kőszeg, Körmend, Sárvár, Szentgotthárd, Vasvár, Csorna, Kapuvár és Mosonmagyaróvár. Az autóbusz-használat jelentősen alacsonyabb mértékű az osztrák oldalon, ami részben a magasabb motorizációs fokkal és jövedelmi helyzettel magyarázható.

5. Határon átnyúló közlekedés szervezetté történő alakításának lehetősége

A két ország közötti számos jogi, finanszírozási, szervezeti felépítésbeli eltérések miatt ma egy határon átnyúló közlekedési együttműködési szervezetet egy lépésben létrehozni nem lehet. Ugyanakkor el lehet, és el is kell indulni első lépésként egy határon átnyúló közlekedésszervezési akcióval, amely megalapozhatja a kívánt cél elérését vagy legalábbis annak megközelítését.

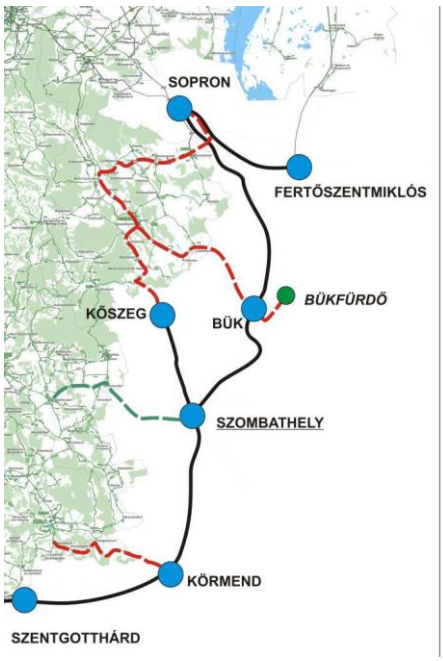
Első lépésként a Közlekedési Platformot – mint egy konzultatív, döntés-előkészítő testületet – szükséges létrehozni, amely kellő szakmai és intézményes megerősödést követően döntéshozatali jogkörök átvételére is alkalmas lenne. A magyar személyszállítási törvény lehetőséget biztosít arra, hogy a közlekedésszervező az ún. feladatellátási szerződés keretében számos jogkört, illetve kompetenciát átvegyen. A közlekedésszervezői feladattal rendelkező Közlekedési Platform közreműködhet a közforgalmú közlekedési szolgáltató kiválasztására irányuló eljárásban, illetve a közszolgáltatási szerződés megkötésében is. A közlekedésszervező jogosult lehet a menetrendek kidolgozásában való részvételre, amennyiben rendelkezik menetrendkészítési felhatalmazással. Szükség van egy olyan átmeneti időszak beiktatása, amikor a közlekedésszervezőnek csak javaslattevő, koordinációs szerepköre van a menetrendszerkesztés folyamatában. Mód kínálkozhat arra is, hogy Közlekedési Platform jogosítványokat kapjon a közlekedési tarifa- és viteldíjrendszer megállapítási folyamatában történő részvételre is. Ennek fontos továbbfejlesztése lehet a kétoldalú, országok közötti helyközi és helyi tarifák részleges, majd később teljes körű integrációjának és átjárhatóságának megteremtése is.

6. Adottságok és lehetőségek, valamint a fejlesztés első lépései

A nemzetközi/távolsági vasúti forgalmat leszámítva határt átlépő jelentős regionális vonatforgalom csak a Sopronon átmenő Deutschkreutz – Wiener Neustadt (Wien) és a Deutschkreutz – Ebenfurth (Wien) vonalakon van, ahol az utasok túlnyomó része valójában ausztriai belföldi utazó. A határ két oldalán elhelyezkedő települések autóbuszos kiszolgálásának színvonala megfelelő, de átkerülni az egyik oldalról a másikra busszal lehetetlen. Ezek következtében a határt átlépő forgalomban az egyéni gépjárműforgalom mint egyedüli közlekedési mód már kezdi veszélyeztetni a határ közeli települések élhetőségét.

Mindez felveti a hálózati kapcsolatok fejlesztésének szükségességét is. A GYSEV Szentgotthárd – Szombathely – Sopron vonal lehetőségének kihasználásával egyrészt Dél-Burgenland települései gyorsabb összekötést kapnának Bécs irányában, másrészt megfelelő autóbusz-hálózati fejlesztésekkel a határt átlépő osztrák-magyar forgalom könnyítésére is sor kerülhetne (5. ábra). Tehát lényegében szervezési eszközök felhasználásával mód nyílna egy határon átnyúló közforgalmú közlekedést szolgáló olyan fejlesztés megvalósítására, amely szolgálná nemcsak a határon átnyúló forgalom javítását, hanem Burgenland számára úgy biztosítana előnyt, hogy közben felértékelődnének a magyarországi oldalon lévő városok mint vonzáspontok. Egy vasútvonal potenciálját csak az autóbusz-közlekedés fejlesztésével lehet hatékonyan kihasználni, nevezetesen a magyarországi gyújtópontokra – Körmendre, Szombathelyre és Bükre – a határ menti osztrák településekről közúti ráhordást szükséges biztosítani.

Ez azt jelentené, hogy a mindkét országban működő GYSEV-Raaberbahn osztrák területen lévő vasútvonalai, valamint a Sopronon átvezető Deutschkreutz – Wulkaprodersdorf, illetve Mattersburg vonalon lévő Sopron állomáson túl, a Sopron és Szentgotthárd/Mogensdorf közötti vasútszakasz bevonásra kerülne egy közös VOR-GYSEV hálózati rendszerbe, ahol egy szükségszerű menetrendi finomítás mellett sor kerülne a magyarországi tarifa- és viteldíjrendszerrel párhuzamosan a VOR viteldíjrendszer alkalmazására is. Ezzel első lépésként megvalósulna egy határon átnyúló közlekedési szövetség első lépcsője – a javasolt Közlekedési Platform alapján – úgy, hogy a két szövetségi rendszer, a VOR és a GYSEV-Volánbusz rendszer párhuzamosan, közösen működne egymás mellett és egymást kiegészítve.



5. ábra: A GySEV 15-21(19) vonalainak és új K-Ny irányú autóbusz-összeköttetések szolgálatba állítása a határt metsző utasforgalom számára

Forrás: saját szerkesztés

Konklúzió

A vizsgálat bemutatta, hogy megfelelő szándék és akarat esetén lehetséges egy határon átnyúló szervezett közforgalmú közlekedési rendszert kialakítani; ennek eszközei már ma is nagyobbrészt rendelkezésre állnak.

Az osztrák-magyar határ menti térségek közforgalmú közlekedési összeköttetésének fejlesztése úgy a vasúti, mint a közúti alágazatban szükséges. Véleményünk szerint valamilyen formában szervezetté szükséges tenni ezt a tevékenységet, amire alkalmasnak kínálkozik például egy Közlekedési Platform mint egy szervezett, az érdekelteket magában foglaló konzultatív testület létrehozása.

Egy határon átnyúló közlekedési együttműködés kialakítása és működtetése a bemutatott európai példák alapján reálisan megvalósítható feladat. Ez csak akkor lehet igazán jó megoldás, ha a határ mindkét oldalán van közlekedési, de legalább tarifaszövetség. Napjainkban ez nem így van, ezért cikkünkben csak a lehetőségeknek megfeleltetett „szükségmegoldást” lehetett körvonalazni. Feltétlenül fontosnak ítélendő magyar részről az elmozdulás a közlekedési szövetségek létesítésének feltételrendszerének megteremtése felé, mert jogalapjának hiányában nem egy határon átnyúló, hanem egy jól működő, korszerű és utasbarát magyar tarifarendszer kialakítása sem lehetséges.

Irodalomjegyzék

[1] Siska M. et al.: A SMART Pannonia projekt keretében határon átnyúló közlekedési szövetség kialakításának feltételeiről és kapcsolódó intézkedésekről szóló szakértői tanulmány kidolgozása, valamint a határon átnyúló közlekedési platform szakmai megvalósítását kísérő szakértői tevékenységek ellátása KTI, Budapest 2019, Tsz: 2121-003-4-7,

[2] Berényi J. et al: A magyarországi közlekedési szövetségek kialakítási stratégiája és módszertana, KTI, Budapest 2010, Tsz: 220-069-1-7

[3] Christian Grubits: „Grenzüberschreitende Mobilität-GreMo Pannonia” PanMobile Verkehrsplanung GmbH Eisenstadt, Dezember 2011

Investigating the influence of activity chains on travel behaviour and the tendency to use public transport

[1]Wissam Qassim Al-Salih - [2]Dr. Domokos Esztergár Kiss

[1]Budapest University of Technology and Economics (BME), Department of Transport
E-mail: al-salih.wissam@mail.bme.hu

[2]Budapest University of Technology and Economics (BME), Department of Transport
E-mail: esztergar@mail.bme.hu

Abstract: This paper aim is to explore activity chain behaviour by investigating the influence of the relationship between activity chains and mode choice and addition to understand the potential barrier to use public transport. The methodology proposed divided into two steps. The first step is classifying of activity chains based on type, purpose, structure and duration. The second step is to analyze the effect of the activity chains on the mode choice with taking into consideration the characteristics of the individual and household. Two assumptions have been investigated which include: 1. Individuals move from a simple chain to a complex chain, the likelihood of using public transport decreases with the increasing number of activities in the chain. 2. The barriers to the use of public transport are increasing with the increase in the number of children in a family, the number of vehicles per household and the increase in income. The most popular method to estimate the connection between activity chains and mode choice is the multinomial logit model. In the study, three categories of variables are considered namely individual, household and activity characteristics and transport mode. The results have shown that the estimation of the variables has the explanatory capacity of interdependencies between the activity chain and mode choice. The coefficient estimates have statistically significant at 95% confidence that means the activity chain have a powerful effect on the mode choice.

Keywords: Activity chain characteristics, mode choice, travel behaviour, multinomial logit model.

1. Introduction

With the increasing complexity of travels and broadening capacities of technological tools, efficient activity-based models have been developed and the study of activity chains has become the new trend of travel behaviour research (McGuckin, Zmud and Nakamoto, 2005). On the other hand, a continuing challenge for transport policy-makers is to identify opportunities to reduce the dominance of private transport in urban travel, especially during periods of high traffic congestion. Much of the focus has been on ways of reducing car use across the entire car segment in the interests of increasing public transport travel (Dong et al, 2016; Ye, X., 2010). Mobility services offered by modes such as train and bus are less attractive, yet still, we try to find reasons for public transport users to switch to private transport (Masanobu KII, Shinya Hanaoka, 2003; Urry, John, 2004). What we need to focus on much more is a recognition that there are many segments of car users with varying degrees of dependence on the car, and who need to be assessed differentially in the search for the barriers to using public transport (Yang, Wang and Chen, 2007; Islam and Khandker, 2012). The identification of these boundaries will enable planners to concentrate more on the individual and household behaviour and also activity chain behaviour where the greatest prospects for modal switching might take place.

One recognised barrier to using public transport is the activity chain. Especially, an activity chain exists in varying degrees of complexity where one or more individuals undertake a trip that involves more than a single activity at one or more intermediate and final destinations. The activity chain can be relatively simple such as one activity at a single destination or complex involving different activities at a number of stopping locations up to and including a final destination (Brett Wallace & Jennifer Barnes, 2000; Bowman & Ben-Akiva, 2001).

This paper aim is to explore activity chain behaviour in Budapest Metropolitan Region by investigating the influence of the relationship between activity chains of traveller and mode choice and addition to understand the potential barrier of tendency travellers to switch into public transport. Two assumptions are investigated as the basis of establishing the role of the activity chain as a barrier to the tendency to use public transport: first assumption: As individuals move from a simple chain to complex chain the likelihood of using public transport decreases with the increasing number of the activities in the chain. Second assumption: The barriers to the use of public transport are increasing with an increase in the number of children in family and number of vehicle per household and addition to increasing income per household. Through an investigation of the assumption, we can have an insight into how individuals form the activity chain. Consequently, investigation of the impact of these variables as barriers to use public transport can be examined. The most popular method to estimate and identify the connection between activity chains and mode choice is the multinomial logit model (MNL). The multinomial logit model statistically relates the choice made by each traveller to the attributes of the traveller and the attributes of the alternatives available to the traveller and identifies how the independent variables are related to the dependent variable. The paper is organised as follows. The next section, some background notions regarding the study of travel behaviours and activity chain are provided. Then, the methodology is defined. Then, the study area and an entire section are devoted to the presentation of an activity chain typology along with a summary of these various types of chains for the travellers understudy and also the sample statistics are described. After that, the model specification used in the present research work. Then the model estimation results are discussed. The last section is a conclusion with a summary and suggestions for future research.

2. Literature Review

Activity-based models support analysis at the tour or activity chain level. Several authors have conducted studies on daily behaviours for typical days and propose various definitions of an activity chain.

For instance, McGuckin and Murakami (1999), suggest that an activity chain is a series of trips between two anchor points, home and work. Others suggest that an activity chain includes all trips between leaving home and returning to it. It is the case for Primerano et al. (2007).

In addition, several authors have examined statistical relations between activity chains and variables such as gender, age, presence of children in the household, mode of travel, residence location and others. First, gender greatly influences activity chains.

According to Kumar and Levinson (1995), women have a higher likelihood of performing multiple activities during their activity chains than men. In addition, women do more activity chains per day than men.

Yun et al. (2011) present a relatively simple framework based on the concept of “main mode” and propose a comparison between a model based on chains and a model based on trips to confirm the advantage of the first one. The study by Miller et al. (2005) proposes a more

complex framework that integrates the Travel/Activity Scheduler for Household Agents (TASHA) model developed for the city of Toronto. Using the same framework, Roorda et al. (2009) propose a model that includes minor modes of transportation such as taxi, bicycle, commuter rail and subway.

Currie and Delbosc (2011) studied the behavior of public transport users in Melbourne and found that the complexity of chain is larger for train and tram trips than for car trips.

Xianyu (2013) explores the interdependency between trip chain complexity and mode choice. He found that commuters using cycling, transit or car to work are less likely to make non-work stops on a work tour than those who are walking.

Simma and Axhausen (2001) developed an SEM that captured relationships between male and female heads of household with regard to activity and travel demands. The dependent variables included car ownership, distances traveled by males and females, and male and female trips by two types of activities using data from the Upper Austria. Meka and Pendyala (2002) investigated the interaction between two adults in one household in their travel and activity time allocation by SEM using Southeast Florida data. Interesting trade-off within non-work travel time and non-work activity time between two adults was quantified and interaction of travel decision between household members was verified by SEM.

Primerano et al. (2007) focus their analysis on the activity purposes of men and women. The results show that women perform a greater number of simple activity chains for shopping, drop off and pick-up than men. The household composition also greatly influences activity chains.

According to McGuckin and Murakami (1999), the presence of children increases the number of activities involved in single activity chains. Also, the younger are the children, the more this phenomenon is amplified. In addition, single-parent households tend to make more stops in their chains (increased complexity).

In terms of transportation modes, Kumar (1995) mention that good accessibility to activity locations has an effect on the number of activity chains: people will be less likely to combine activities and will do simpler activity chains. Moreover, cars being more flexible, the complexity of activity chains generally becomes greater when they are used.

Ye et al. (2007) examined the relationship between mode choice and the complexity of the activity chain patterns for travellers using the recursive simultaneous bi-variate probit model. Their findings showed that driving was associated with higher propensities toward complex travel chains.

Sakano and Benjamin (2011) developed a structural equations model to examine traveller decision about activities and modes on a workday. The results show that when the traveller is faced with a mix of travel modes over time, the mode choice becomes a significant predictor of non-work activities.

Although the researches reviewed in this paper arrived at the common conclusion that the formation of complex activity chains is closed related to spatial-temporal constraints and household characteristics, the nature of the causal relationship between activity chain behaviour and travel mode choice is not clear. Hence, current research aims to analyse the interaction between activity chain complexity and travel mode.

3. Methodology

Modelling individual choices has been a very important avenue of research in diverse fields such as marketing, transportation, political science, and environmental, health, and urban economics (Greene & William, 2012). In all these areas the most widely used method to model choice among mutually exclusive alternatives have been the conditional or multinomial logit model (MNL, McFadden 1974), which belongs to the family of random utility maximization (RUM) models. The main advantage of the MNL model has been its simplicity in terms of both estimation and interpretation of the resulting choice probabilities and elasticities (Train 2000). So, Multinomial logit model (MNL) used to predict categorical placement in or the probability of category membership on a dependent variable based on multiple independent variables (Daehyun You, Venu Garikapati, Pendyala, 2014; Dongwoo Lee, Sybil Derrible, Francisco Camara Pereira, 2018; Erdong Chen, Andrew P. Tarko, 2014; Fan Ye**,** Dominique Lord, 2014; Qiong Wu, Guohui Zhang, Yusheng Ci & Lina Wu, 2016). The independent variables can be either dichotomous (i.e., binary) or continuous (i.e., interval or ratio in scale) (Starkweather et al, 2011). The multinomial logit model is a simple extension of binary logistic regression that allows for more than two categories of the dependent or outcome variable (Chandra R.Bhat, 2013). Like binary logistic regression, multinomial logit model uses maximum likelihood estimation to evaluate the probability of categorical membership. Multinomial logit model does necessitate careful consideration of the sample size and examination for outlying cases. Like other data analysis procedures, initial data analysis should be thorough and include careful univariate, bivariate, and multivariate assessment. Specifically, multicollinearity should be evaluated with simple correlations among the independent variables. Sample size guidelines for multinomial logistic regression indicate a minimum of 10 cases per independent variable (Schwab, 2002). Multinomial logit model is often considered an attractive analysis because; it does not assume normality, linearity, or homoscedasticity. Multinomial logit model does have assumptions, such as the assumption of independence among the dependent variable choices. This assumption states that the choice of or membership in one category is not related to the choice or membership of another category (i.e., the dependent variable). The assumption of independence can be tested with the Hausman-McFadden test.

This study uses the MNL model to investigate the relationships that exist among activity characteristics, characteristics of the household and trip characteristics. The variables we have chosen in our model were divided into two types, the dependent variable and the independent ones. The dependent variable is the transportation mode. Independent variables included activity purpose, activity chain type, activity chain structure, a number of children per family, car ownership, monthly income and average travel time between activity locations. The variables were represented by using variables following the coding system in SPSS, as shown in Table 3.

The multinomial logit model estimates the probability of each category is compared to the probability of the reference independent variables. For variables i = 2….K, the probability of independent variables is as follows (Washington, S. P.; Karlaftis, M. G.; and Mannering, F. L., 2011). The multinomial logit model equation is the following:

$$\Pr(Y_i = c) = \frac{e^{\beta_C \cdot X_i}}{\sum_{k=1}^{K} e^{\beta_k \cdot X_i}} \quad (1)$$

Where, Pr is the probability that individual i chooses alternative k,

β_c is a vector of all estimable coefficients for alternative k,

X_i is a vector of all explanatory variables for individual i.

Equation 1 expresses the logit as a linear function of the independent variables (xi). Therefore, the equation allows the interpretation of the logit weights for variables in the same way as in linear regressions. On the other hand, regression coefficients of the independent variables are measured by calculating the change in the logit for a one-unit change in the predictor variable while the other predictor variables are kept constant. The ratio of the probability of choosing one target variable over the probability of choosing the baseline variable of the dependent one is referred to as a regression coefficient. Regression coefficient can be calculated by exponentiation to the linear equations of the regression coefficients so that the regression coefficient ratios for a unit changes into the target variable. If the odds are greater than the one-units, this indicates the probability of choosing the target variable more than the probability of choosing the reference variable. The case of less than one-units means that it is possible to choose the reference variable, Chatterje & Hadi (2006).

4. Study area

One of the major steps in the transportation planning process is the selection of the study area. Budapest city, capital of Hungary, the largest and the most populous city of the state, was selected as the study area, which covers a total of 23 districts.

The travel demand of the district is increasing greatly as the legislative assembly, government departments, tourist places, parks, and other business centres are located here. It is known that the major sources of transportation problems in Budapest are congestion, lack of parking spaces and the increasing use of individual modes.

Data to be collected can be divided into two types. The first type was the data obtained from the household survey, which include population data and socio-economic data. The second type included travel data with trip characteristics of the traveller. The study area was divided into traffic analysis zones and the sample size was estimated for each zone. The household survey was done as it gives data on an individual basis (David & Kumar, 2007). A questionnaire was prepared for the first data type collection by the household survey, in which enquiries regarding the household characteristics and socio-economic characteristics and travel characteristics were included for the second type.

In this paper, a typology of activity chain has divided based on the type, structure and purpose. The activity chain is a term refers to a sequence of activities that begins at home and includes visits to one place or more and ends the chain at home. The activity purpose has been divided into kinds as follows where 'H' denotes home, `W' refers to working activity, `E' refers to education activity, `L,' refers to leisure activity, `S' refers shopping activity, and 'O' refers to a non-work activity (e.g. maintenance, food). Activity chains are classified based on type into simple, complex and open chains. A Simple chain is the simplest form of activity chains that contains two trips and one activity in-between. The complex chain includes all trip chains with more than one activity. An open chain is the chains without closing trip at home. In the activity chain structure, simple chains are classified into simple work activity chains (one work or education-related activity) and simple non-work activity chains (one shopping, education, leisure or other-related activity). Complex chains are classified into complex work chain (more than one work related activities) and complex non-work chain (more than one education, shopping, leisure or other-related activity) as description in Table 1. The sequence of steps required to identify and classify data survey is illustrated in Figure 1. As shown results in table 1, Simple chains for work purpose are the most frequent type of chains and gathers almost 43.1% of all chains. Also, five of the most frequent types of chains are simple and account for 80.9% of all trip chains.

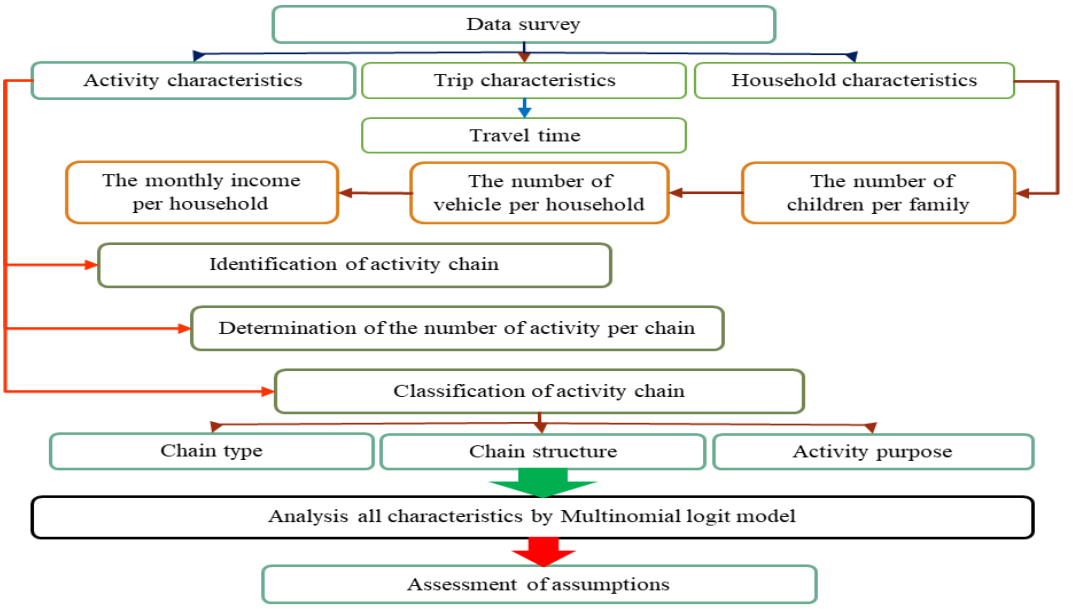


Figure 1. various steps involved in the in the enumeration and classification of characteristics of the data survey

Table 1. Activity chain alternatives

Activity chain identifier	**Description**	**Sequence**	**Present %**
1	Simple work	H-W-H	43.1%
2	Simple education	H-E-H	12.4%
3	Simple leisure	H-L-H	9.2%
4	Simple shopping	H-S-H	10.9%
5	Simple other	H-O-H	5.3%
6	Complex work (Two activity)	H-W- (E, L, S, O) -H	8.3%
7	Complex non-work (Two activity)	H-NW- (E, L, S, O) -H	7.7%
8	Complex work (Three activity)	H-W-W- (E, L, S, O) -H	1.9%
9	Complex non-work (Three activity)	H-NW-NW- (E, L, S, O) -H	1.1%

5. Socio-economic characteristics

We present a descriptive analysis of socio-economic of the household and activity characteristics obtained from the sample (Table 2). The income level ratio above 100,000 Ft was 83%. Vehicle ownership showed that 63.2% of households had a car and 36.8% of them had no car. The analysis showed that 39.6% of people used public transport. It can be seen that there were variations between male and female percentages with reference to income level and vehicle ownership.

Table 2. Descriptive statistics of the sample data of household and activity characteristics

Variables	**Mean**	**Std. Error**	**Std. Deviation**	**Variance**
Age	46.52	0.451	18.422	283.511
Gender	1.57	0.061	0.589	0.349

Number of family members	2.98	0.038	1.351	1.638
The vehicle per the household	1.80	0.020	0.493	0.301
Average household monthly income	107.238	0.879	1.158	1.340
Average Time	22.85	0.365	14.115	218.328
Type of Activity	1.15	0.012	0.379	0.144
Activity chain purpose	2.46	0.034	1.497	2.241
Activity Chain Structure	3.01	0.070	2.081	4.332

6. Model specification

According to previous theoretical and empirical work on activity-based models, it seems that the variables related to the model specification can be identified taking the conditions of the datasets and the study area into account (Dilum & Takayuki, 2002; Thomas, 2000; Yuhwa, Hickman and Washington, 2007). Hence, the variables included in the model were household characteristics, activity characteristics and trip characteristics. The household characteristics in the model were family size, average household monthly income and the number of vehicle ownership per household. The activity characteristics considered in the model were based on type, purpose and structure. Trip characteristics included travel time between activity locations.

We explored the effects of these variables by using MNL model and SPSS software. We used NOMERG command and Hessian matrix to calculate results with the dependent variable and all independent variables. Table 3 provides a list and description of the variables used in the model.

Table 3. Description of variables

Variable	Description	Measure
Household Characteristics		
FS	Family Size (1 if one child/ Family, 2 if two child/ Family, 3 if three child/ Family, 4 if four child/ Family)	Ordinal
HINCOME	Average household monthly income (HUF / person / month) (1 if Over 150,000 Ft, 2 Between 100,000 Ft to 150,000 Ft, 3 Between 50,000 Ft to 100,000 Ft, 4 Under 50,000 Ft)	Ordinal
VHPC	Vehicle ownership (private cars per household) (1 if one veh/ household, 2 if two veh/ household, 3 if three veh/ household)	Ordinal
Activity Chain Characteristics		
AP	Activity Purpose (1 if Work, 2 if Education, 3 if Leisure, 4 if Shopping, 5 if Other)	Nominal
ACT	Type of Activity Chain (1 if simple chain, 2 if complex chain and 3 if open chain)	Nominal
ACS	Activity Chain Structure (1 if H-W-H, 2 if H-E-H, 3 if H-L-H, 4 if H-S-H, 5 if H-O-H, 6 if (H-W- (E, L, S, O) -H), 7 if (H-NW- (E, L, S, O) -H), 8 if (H-W-W- (E, L, S, O) -H) and 9 if (H-NW-NW- (E, L, S, O) -H))	Ordinal
Trip Characteristics		
Average Travel Time	Average travel time (1 if Time from (0 to 5)min, 2 if Time from (6 to 10)min, 3 if Time from (11 to 15)min, 4 if Time from (16 to 20)min, 5 if Time from (21 to 25)min, 6 if Time from (26 to 30)min, 7 if Time from (31 to 35)min, 8 if Time from (36 to 40)min, 9 if Time Greater than (40) min)	Ordinal
TM	Transport Mode (Walk, Private Car as driver and Public Transport)	Nominal

7. Model estimation and results

7.1 Checking of the selected model

Some ways are used to detect what is fit like likelihood ratio test. In order to investigate the model is fitting to the data well for any particular MNL model, Agresti (2007). Table 4 explained goodness-of-fit to the model.

Table 4. Showed Goodness-of-Fit

Goodness-of-Fit			
	Chi-Square	**df**	**Sig.**
Pearson	604.342	405	0.000
Deviance	592.372	405	0.000

7.2 Pseudo R-square

In order to assess the model goodness of fit, the pseudo R2 is examined. The pseudo R-square values can be calculated by MNL as shown in table 5. R2 summarizes the proportion of variance in the dependent variable associated with independent variables. The model with the largest pseudo R-square statistic is the best according to the measures, Garson (2009).

Table 5. Pseudo R-Square

Pseudo R-Square	
Cox and Snell	0.576
Nagelkerke	0.602
McFadden	0.373

7.3 Goodness- of-fit measures

The likelihood ratio test is based on deviance (-2 Log-Likelihood (LL)). The significance of the difference between (LL) and (-2LL) for our selected model is given in tables 6 & 7. A common use of the likelihood ratio test (i.e., Chi-Square) is to test this difference dropping an interaction effect. If the Chi-square is significant, the interaction effect is contributing significantly to the full model and should be retained. The presence of a relationship between the dependent variable and a combination of independent variables is based on the statistical significance. In our model, the values of ACS were df-value of (18), (-2 Log-Likelihood (LL)) was (1450.288), Chi-square (59.363), Sig. was (0.000), less than the level of significance 0.05, While the values of a number of children per family were df-value of (10), (-2 Log-Likelihood (LL)) was (1434.157), the model Chi-square (55.301), Sig. was (0.000), less than 0.05. From the results, it is showed that the activity chain structure and a number of children per family have more effect on travel mode choice than other variables. These results showed the existence of statistically significant relationship among the combination of independent variables and the dependent variable.

Table 6. Model fitting information

Model Fitting Information				
Model	**Model Fitting Criteria**	**Likelihood Ratio Tests**		
	-2 Log Likelihood	**Chi-Square**	**df**	**Sig.**
Intercept Only	3220.555			
Final	1390.926	1829.630	57	0.000

Table 7. Likelihood ratio tests of the selected model

Likelihood Ratio Tests				
Effect	**Model Fitting Criteria**	**Likelihood Ratio Tests**		
	-2 Log Likelihood of Reduced Model	**Chi-Square**	**df**	**Sig.**
Intercept	1390.926a	0.000	0	.
AT	1409.474	18.549	3	0.000
ACP	1444.908	53.983	12	0.000
ACS	1450.288	59.363	18	0.000
NCF	1434.157	55.301	10	0.000
NVH	1400.518	50.548	14	0.000
INH	1524.627	51.694	16	0.000
TIME1	1734.264	43.338	24	0.000

8. Parameter Estimates

In this section, the parameter estimation results of the models are discussed with the emphasis on the explanatory capacity for interdependencies between mode choice and activity chain. Parameter estimates of the final model are presented in Table 8. All coefficient estimates have the expected signs and are statistically significant at a 95% confidence or more. A positive estimate for a variable in the mode choice means that the likelihood of using the related travel mode increases with an increase in the value of the corresponding variables.

The multinomial logit (MNL) model was used to estimate or identify the influence of the different characteristics of the household, activity characteristics and trip characteristics on the mode choice which included of a walk, bike, private transport and public transport. The MNL model coefficients and the statistical significance of the variables obtained from the analysis are shown in Table 8.

The model estimation has been found to be statistically significant, multi-co-linearity is not present in the model, and therefore the regression coefficient β have a value of no more than 2. To analyse the model, we have focused on independent variables related to dependent variables which have statistical significance less than (0.05) as shown in Table 8. Consequently, the model interpretation focused on the following variables:

- In table 8, it has been found that the variable of the work activity which indicates that the one-unit increase in the coefficient of the independent variable is associated with a 0.876 increase in the coefficient of choosing travel mode by car against decreased in travel by PT is (0.785) and the walk is (0.385). It can also be observed that the variable of shopping and other activity which indicates that the independent variable is associated with a (0.351) decrease in the coefficient of choosing travel mode by car against the increase in travel by PT is (0.646) and the walk is (0.702). This means that travellers incline to use public transport or a walk to perform their shopping activity.
- The model result has shown that the variable of the simple activity chain related to each type of the purpose of the activity is increasing of the coefficient of the independent variable is associated with an increase in the probability of choosing travel mode by public transport against decreased in travel by car. But increasing the number of activity in the chain has a negative effect on the probability of choosing travel mode by public

transport or walk. Consequence, when the travellers moved from simple to complex chains the probability of choosing public transport generally decreased. While true for complex work activity chain, it is not totally true for non-work complex activity chain.

- The number of persons in a household influences the probability concerning mode choice for travelling. Table 8 present the values of the coefficients of the mode choice concerning the number of children per family. The model result shows that the number of children per family (family size) (2, 3, 4 and 5), the one-unit increase in the independent variable (family size-3, 4 & 5) is associated with a (0.924, 1.334 & 1.421) increase in the relative choice of travel mode by car against choosing travel by public transport is (0.958, 1.040 & 0.914). It has been observed that family size (2 or 3 people) has less probability of using private transport when making an activity chain. In contrast, this probability of using private transport for making trips is increasing when the family size is larger (more than 4 people). The presence of children in the household has a negatively effect on mode choice of public transport to complete the household activities. This suggests that the presence of children induces more inclination to use the car for travelling.
- The number of the vehicle per household (NVH) indicated that the one-unit increase in the independent variable (NVH) was associated with a (0.773, 0.991 and 1.558) increase in the regression coefficient of choosing transport mode by car against a decrease in the regression coefficient of (0.612 and -0.894) to use public transport. This confirmed that the number of vehicles in a household has a strong statistical influence on public transport use, with the increasing numbers of vehicles leading to a reduction in the probability to complete of simple and complex activity chain by public transport. In contrast, the simple non-work activity chain not influenced directly by the number of vehicles in a household.
- As to household income, The average probability associated with using public transport when the nature of the activity chain is simple was (1.002 and 0.728) for low and the middle household income compared to the average probability of using a car was (0.782 and 1.332) for high income. In particular, that as income increases the probability of using a car is increased to complete a complex activity chain; in contrast, the probability of performing of a simple activity chain by using a car is decreased. Consequently, this result indicated that an increase in household income has increased the probability of travellers using the car and decreased the travel demand for public transport.
- Since travel times are not collected during the travel survey, the average travel time was estimated by calculating the difference between departure times from origin to arrival time to the destination. So, with an increase in the average travel time the probability to use public transport decrease with increase in using a car. Where travellers incline to travel by car more than by using other travel modes when the travel time is greater than 35 min.

The barrier to public transport use is strongly linked to the presence of the car although its constraining influence is least impacting for complex non-work activity and most impacting for complex work activity. This is an important finding since it is counter to the hypothesis that complexity in the activity chains is a generic barrier to public transport use.

Considering these study findings, the local government should promote a modal shift toward public transport to perform the daily activity of travellers. This can only be achieved by developing public transportation including improvement of the existing public transport and traffic management. It is expected that by providing safe, more flexibility and comfortable public transport, that will lead to able the government to reduce the number of vehicles in the household.

Table 8. Estimation coefficients and the statistically significant of the variables

	Transport Mode					
	Walk and bike		**Private transport**		**Public transport**	
Variables	**Coefficient**	**Sig.**	**Coefficient**	**Sig.**	**Coefficient**	**Sig.**
Intercept	1.764	0.000	0.413	0.013	0.509	0.033
[AT-S=1]	1.024	0.006	1.531	0.018	1.680	0.026
[AT-C=2]	0.517	0.021	1.720	0.052	1.104	0.000
[ACP-W=1]	0.385	0.030	0.876	0.033	0.785	0.000
[ACP-E=2]	0.200	0.051	0.142	0.061	0.502	0.036
[ACP-L=3]	0.275	0.044	0.156	0.017	0.216	0.064
[ACP-S=4]	0.702	0.030	-0.351	0.033	0.646	0.009
[ACP-O=5]	0.337	0.001	0.301	0.038	0.451	0.000
[ACT (H-W-H)=1]	0.755	0.048	1.199	0.008	1.218	0.013
[ACT (H-E-H)=2]	0.651	0.042	0.497	0.036	1.133	0.029
[ACT (H-L-H)=3]	0.589	0.014	0.828	0.015	0.794	0.075
[ACT (H-S-H)=4]	1.287	0.040	0.967	0.033	1.157	0.046
[ACT (H-O-H)=5]	0.615	0.072	0.623	0.002	1.153	0.041
[ACT (H-W- (E, L, S, O) -H)=6]	0.385	0.060	1.051	0.032	0.936	0.001
[ACT (H-NW- (E, L, S, O) -H)=7]	0.441	0.027	1.245	0.000	1.402	0.053
[ACT (H-W-W- (E, L, S, O) -H) =8]	-0.127	0.041	1.550	0.014	1.141	0.005
[ACT (H-NW-NW- (E, L, S, O) -H) =9]	-0.810	0.512	1.014	0.038	1.089	0.012
[TIME1=1]	3.994	0.000	0.680	0.000	2.043	0.054
[TIME1=2]	3.056	0.000	0.522	0.000	2.401	0.002
[TIME1=3]	1.069	0.000	0.894	0.000	1.530	0.033
[TIME1=4]	0.411	0.000	0.647	0.000	0.946	0.016
[TIME1=5]	0.207	0.034	0.822	0.037	1.057	0.044
[TIME1=6]	0.750	0.005	1.100	0.000	1.639	0.004
[TIME1=7]	0.112	0.004	1.003	0.054	1.259	0.009
[TIME1=8]	-0.380	0.079	1.294	0.037	0.876	0.031
[TIME1=9]	-0.501	0.032	1.521	0.019	0.671	0.000
Family Size-1=2	0.801	0.035	0.621	0.004	1.007	0.040
Family Size-2=3	0.559	0.026	0.924	0.000	0.958	0.000
Family Size-3=4	-0.445	0.137	1.334	0.030	1.040	0.008
Family Size-4=5	-0.749	0.028	1.421	0.014	0.914	0.224
Veh. per Household-1	-1.510	0.081	0.773	0.011	0.612	0.054
Veh. per Household-2	0.812	0.134	0.991	0.024	-0.894	0.020
Veh. per Household-3	-0.288	0.005	1.558	0.030	0.250	0.215
Income-1	0.051	0.024	0.660	0.037	1.002	0.044
Income-2	-0.374	0.074	0.501	0.064	0.728	0.031
Income-3	-0.881	0.014	-0.421	0.054	0.527	0.001

Income-4	-0.937	0.091	0.782	0.031	1.208	0.030
Income-5	-1.250	0.124	1.330	0.008	0.950	0.064

Conclusions

This paper has analysed the interdependence between mode choice and activity chains behaviour with consideration the household characteristics and trip characteristics in the city of Budapest. To conduct this analysis, Multinomial logit model was used as the modelling tool to estimate and predict the coefficients of the variables. The variables in our model were divided into two types, the dependent variable (transportation mode) and the independent variables (number of children in a family, number of vehicle per household, household income per month, activity characteristics and average travel time). This paper has proposed a typology of activity chains based on concepts such as type, purpose and structure.

Empirical analysis results from this research indicate that all variables have an impact on the mode choice. Furthermore, most coefficient estimates were statistically significant at 95% confidence, while household characteristics and activity chain structure have the most powerful effect on mode choice.

The derived empirical results support the hypothesis that as activity chains move from being simple to complex in nature the relative probability gained from using public transport decreases. For public transport policy-makers, it may seem self-evident that one would use the car over public transport especially when there is more than one activity in the chain during the trip. What is of particular importance are the circumstances that promote the need for more complex trips to be undertaken.

For household characteristics, income had a negative impact on using public transport. As personal income increased and the demands for work increased the probability of using a car is increasing with related to work activity chain.

This study indicated that as the number of vehicles per household increases the relative probability yielded from public transport use for both simple and complex work trip chains decreases.

The number of member per household played a negative role in probability outcomes to public transport use where the presence of children had a significant negative influence on public transport use. This supports the hypothesis that children are a barrier to use public transport.

To go further into the understanding of activity chain behaviour of travellers, other variables need to be examined such as an extended analysis of large scale data with household characteristics would be useful for identifying various factors in mode choice and travel behaviour as well as other modelling techniques, such as the nested logit model or utility model can be used for further improvement to understanding of activity chain behaviour.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the support provided by Budapest University of Technology and Economics (BME) and Faculty of Transportation Engineering and Vehicle Engineering through Scholarship awarded to the first author.

References

[1] Alan Agresti, 2007. An Introduction to Categorical Data Analysis. Department of Statistics University of Florida. 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York. https://doi.org/10.1002/0470114754

[2] Brett Wallace, Jennifer Barnes and G. Scott Rutherford, 2000. Evaluating the Effects of Traveler and Trip Characteristics on Trip Chaining, with Implications for Transportation Demand Management Strategies. Journal of the Transportation Research Board, Vol 1718, Issue 1 https://doi.org/10.3141/1718-13

[3] Bowman, J. L. & Ben-Akiva, M. E., 2001. "Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules," Transportation Research Part A: Policy and Practice, Elsevier, vol. 35(1), pp. 1-28 https://doi.org/10.1016/S0965-8564(99)00043-9

[4] Chandra R.Bhat, 2013. A new estimation approach for the multiple discrete–continuous probit (MDCP) choice model. Transportation Research Part B: Methodological. Volume 55, pp. 1-22

[5] Currie, Graham, and Alexa Delbosc. 2011. "Exploring the trip chaining behaviour of public transport users in Melbourne." Transport Policy18 (1) pp. 204-216. http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.08.003.

[6] Dr. Jon Starkweather and Dr. Amanda Kay Moske, 2011. "Multinomial Logistic Regression".

[7] David Levinson & Ajay Kumar, 2007. "Activity, Travel, and the Allocation of Time", Journal of the American Planning Association, Volume 61, Issue 4, pp. 458-470. https://doi.org/10.1080/01944369508975657

[8] Dong Zhang, Jan-Dirk Schmöcker, Satoshi Fujii & Xiaoguang Yang, 2016. "Social norms and public transport usage: empirical study from Shanghai", Transportation volume 43, pp. 869–888, https://doi.org/10.1007/s11116-015-9625-y

[9] Dilum Dissanayake, Takayuki Morikawa, 2002. Household Travel Behavior in Developing Countries: Nested Logit Model of Vehicle Ownership, Mode Choice, and Trip Chaining. Vol 1805, Issue 1 https://doi.org/10.3141/1805-06

[10] Daniel McFadden, 1974. The measurement of urban travel demand. Journal of Public Economics, Volume 3, Issue 4, November 1974, pp. 303-328 https://doi.org/10.1016/0047-2727(74)90003-6

[11] Daniel McFadden and Kenneth Train, 2000. Mixed MNL models for discrete response. Journal of Applied Econometrics, Vol. 15, No. 5, pp. 447-470 https://doi.org/10.1002/1099-1255(200009/10)15:5<447:AID-JAE570>3.0.CO;2-1

[12] Daehyun You, Venu Garikapati, Pendyala, 2014. Development of Vehicle Fleet Composition Model System for Implementation in Activity-Based Travel Model. Vol 2430, Issue 1 https://doi.org/10.3141/2430-15

[13] David Levinson & Ajay Kumar, 2007. Activity, Travel, and the Allocation of Time. Journal of the American Planning Association. Volume 61, 1995 - Issue 4, pp. 458- 470 https://doi.org/10.1080/01944369508975657

[14] Dongwoo Lee, Sybil Derrible, Francisco Camara Pereira, 2018. "Comparison of Four Types of Artificial Neural Network and a Multinomial Logit Model for Travel Mode

Choice Modeling", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol 2672, Issue 49
https://doi.org/10.1177/0361198118796971

[15] Erdong Chen, Andrew P. Tarko, 2014. "Modeling safety of highway work zones with random parameters and random effects models", Analytic Methods in Accident Research, Volume 1, 2014, pp. 86-95

[16] Frank Primerano, Michael A. P. Taylor, Ladda Pitaksringkarn & Peter Tisato, 2007. Defining and understanding trip chaining behaviour. Transportation volume 35, pp. 55–72 https://doi.org/10.1007/s11116-007-9134-8

[17] Fan Ye, Dominique Lord, 2014. "Comparing three commonly used crash severity models on sample size requirements: Multinomial logit, ordered probit and mixed logit models", Analytic Methods in Accident Research, Volume 1, January 2014, pp. 72-85
https://doi.org/10.1016/j.amar.2013.03.001

[18] Garson, G.D., 2009. Logistic regression: Statnotes. North Carolina State University
http://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/logistic.htm.

[19] Greene, William H. (2012). Econometric Analysis (Seventh Ed.). Boston: Pearson Education. pp. 810–811. ISBN 978-0-273-75356-8.

[20] Min Yang, Wei Wang, Xuewu Chen, 2007. Empirical Analysis of Commute Trip Chaining: Case Study of Shangyu, China. Journal of the Transportation Research Board, Vol 2038, Issue 1
https://doi.org/10.3141/2038-18

[21] Masanobu KII, Shinya HANAOKA, 2003. COMPARISON OF SUSTAINABILITY BETWEEN PRIVATE AND PUBLIC TRANSPORT CONSIDERING URBAN STRUCTURE, IATSS Research, Volume 27, Issue 2, pp. 6-15
https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60139-4

[22] Meka, S. (2003). A Structural Equations Analysis of Within-Household Activity and Time Allocation Between Two Adults, Master Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of South Florida, Tampa, FL.

[23] Miller, EricJ, MatthewJ Roorda, and JuanAntonio Carrasco. 2005. "A tour-based model of travel mode choice." Transportation Vol. 32 (4), pp. 399-422,
https://doi: 10.1007/s11116-004-7962-3.

[24] Md. Tazul Islam and Khandker M. Nurul Habib, 2012. Unraveling the relationship between trip chaining and mode choice: evidence from a multi-week travel diary. Journal Transportation Planning and Technology Volume 35, Issue 4 pp. 409-426,
https://doi.org/10.1080/03081060.2012.680812

[25] Nancy McGuckin, Elaine Murakami, 1999. "Examining Trip-Chaining Behavior: Comparison of Travel by Men and Women", Journal of the Transportation Research Board, Vol 1693, Issue 1,
https://doi.org/10.3141/1693-12

[26] Nancy McGuckin, Johanna Zmud, Yukiko Nakamoto, 2005. Trip-Chaining Trends in the United States: Understanding Travel Behavior for Policy Making. Vol 1917, Issue 1.
https://doi.org/10.1177/0361198105191700122

[27] Qiong Wu, Guohui Zhang, Yusheng Ci, Lina Wu, Rafiqul A. Tarefder & Adélamar "Dely" Alcántara, 2016. "Exploratory multinomial logit model–based driver injury severity analyses for teenage and adult drivers in intersection-related crashes", Journal Traffic Injury Prevention, Volume 17, Issue 4, pp. 413-422
https://doi.org/10.1080/15389588.2015.1100722

[28] Roorda, Matthew J., Dylan Passmore, and Eric J. Miller. 2009. "Including Minor Modes of Transport in a Tour-Based Mode Choice Model with Household Interactions." Journal of Transportation Engineering, Vol. 135 (12):pp 935-45.

[29] Simma, A. and Axhausen, K.W. (2001). Within-Household Allocation of Travel: The Case of Upper Austria. Presented at the 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

[30] Sakano, Ryoichi & Benjamin, Julian, 2011. "A structural model of mode-activity choice: The case of commuter rail in a medium-size metropolitan area", Transport Policy, Elsevier, vol. 18(2), pp. 434-445.

[31] Simon P. Washington, Matthew G. Karlaftis, Fred Mannering, 2011, Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis, 2nd Edition, Chapman and Hall/CRC press
https://doi.org/10.1201/9780203497111

[32] Samprit Chatterjee and Ali S. Hadi, 2006. Regression Analysis by Example, Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc.
https://doi.org/10.1002/0470055464

[33] Thomas F. Golob, 2000. A simultaneous model of household activity participation and trip chain generation, Transportation Research Part B: Methodological Volume 34, Issue 5, pp. 355-376
https://doi.org/10.1016/S0191-2615(99)00028-4

[34] Urry, John, 2004. "The 'System' of Automobility". Theory, Culture & Society. Vol. 21 (4–5), pp. 25–39.
https://doi:10.1177/0263276404046059

[35] Xianyu, Jianchuan. 2013. "An Exploration of the Interdependencies between Trip Chaining Behavior and Travel Mode Choice." Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 96, pp. 67-75.
http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.222.

[36] Xin Ye, Ram M. Pendyalaa and Giovanni Gottardib, 2007. An exploration of the relationship between mode choice and complexity of trip chaining patterns. Transportation Research Part B: Methodological. Volume 41, Issue 1, pp. 96-113
https://doi.org/10.1016/j.trb.2006.03.004

[37] Yuhwa Leea, Mark Hickman and Simon Washington, 2007. Household type and structure, time-use pattern, and trip-chaining behavior. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 41, Issue 10, pp.1004-1020
https://doi.org/10.1016/j.tra.2007.06.007

[38] Ye, X. (2010) “Robust Modeling Analysis of Relationships between Mode Choice and Trip Chaining Pattern Using Two-stage Semi-Nonparametric Method”, Transportation Rese0.arch Board – Proceedings from the 89th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington.

Investigation of particle degradation of railway ballast materials due to static and dynamic loadings

Juhász Erika[1] – Dr. habil. Fischer Szabolcs[2]

[1]**Széchenyi István University,**
Department of Transport Infrastructure and Water Resources
telephone: 96/503 451
e-mail: juhasz.erika@sze.hu

[2]**Széchenyi István University,**
Department of Transport Infrastructure and Water Resources
telephone: 96/503 451
e-mail: fischersz@sze.hu

Abstract: Nowadays the railway infrastructure has become significantly important regarding to the environmental friendly and economic transportation. Ballasted railway tracks have to be improved to be able to construct and maintain railway tracks economically and efficiently. In railway superstructure the railway ballast plays a critical role as the main load distributor and energy damping element, as well as it has the largest quantity in a railway superstructure. The degradation of ballast particles, i.e. the resistance of mechanical impacts is a main issue. A simplified laboratory test method was developed for determination of particle breakage of railway ballast materials. It contains a HDPE tube with closing element, and geotextile covering in the inner side. The HDPE tube is important to be able to apply computer tomography method during test procedure. Approximately 20-25 particle are filled into the tube and uniaxial static and dynamic loading are applied to the samples with several loading steps and loading cycles. Crumbling of grains can be determined by computer tomography and weight measurements. As results it can be defined how the rock type, the particle size distribution, the particle shape, etc. influence the mechanical degradation of the tested railway ballast samples.

Keywords: ballasted railway tracks, railway ballast, particle degradation, breakage, uniaxial compression test, static and dynamic tests, computer tomography

Introduction

The most commonly used type of superstructure on railway tracks is crushed stone. This is true not only for our country but also for the whole world and this fact is confirmed by literary sources.

Observing this structure, it can be visible that the largest dimensional element of the superstructure is the crushed stone itself, which usually consists of depth magmatic rock particles (mainly andesite or basalt). The crushed stone aggregation layer in the track plays an important role in supporting the track in a solid but at the same time flexible manner, as well as carrying the load towards the substructure. Structural stability is also important, as drainage of rainwater and simplification of track geometry, too.

Except for their intended purpose, particles and aggregates need to have certain properties: toughness, abrasion resistance, shape, structure, roughness, weather resistance, economy, etc., except for completeness requirements, all of which are decisive for the ‘performance’ of embedded rocks.

Of course, it is also important which fraction of the rock material enters the superstructure itself. This particle size distribution determines the drainage capacity and compactability of the rock mass, e.g. it would be much easier to control the set of one-dimensional particles, but achieving the right compactness would be a problem.

In the field of road construction layers with different fine grain contents are applied, while in Hungary and almost everywhere in the world railway track structures have traditionally applied relatively large granular bedding materials (31.5/50 and 31.5/63 mm; previously 20/65 mm). In contrast, in the hard-surfaced track structure, a continuous (mainly fractured) granular base layer is deposited under the reinforced concrete track, usually in terms of both load-bearing capacity and frost protection as well as capillary interruption layers at high groundwater levels. The latter layers are also applied under the bedding superstructure.

1. Presentation of research problem

According to the railway construction practice, on slopes with crushed stone structures, a hammer bearing compaction method (e.g. Plasser & Theuer, Matisa machines) is used, but due to the technology, a larger crushed stone bedding structure is required. One of the drawbacks of the technology is that the hammers break the stone particles considerably during compaction, thus shortening the cycle time of the required ballast tamping (together with the service life and maintenance costs). In addition to the compacted layers are loosen underneath the concrete sleepers, which does not achieve perfect railway track geometry.

Technology as a solution currently in use, is recognized and appropriate in most countries of the world, so during the authors' research they focus on optimizing it as an innovation. Especially they investigate the development of methods for measuring and reducing the aging processes of ballast particles by fragmentation and degradation.

Degradation in the authors' research means (as an unofficial definition) the cracking, obsolescence, partial or total failure of railway crushed aggregate particles. Particles can be suffering matter and abrasion. They usually occur simultaneously, in some cases reinforcing each other and at other times reducing.

In terms of the operating conditions of the railways, fragmentation is the greater of the two processes. In this case, smaller or larger pieces are detached from the particles – mainly from their edges, corners – and the ballast particle may fall apart into several pieces. The wear is due to the surface friction of the particles and typically has smaller volumetric effect. The product of the wear is stone powder.

During the research the authors investigate the triggering effects of the degradation of the particles. In ballasted tracks, the aggregate exposed to static and dynamic effects, of which the most significant are as net weight load, forces of vehicles, environmental impacts and last but not least maintenance machinery effects.

The degradation of the granules is influenced by several factors, e.g. rock physical properties of the aggregation (material, mechanical resistance); the magnitude of the load (axle load, speed); material and geometry of the rails, fastening systems, track system; the surface of the ballast particles; thickness of the ballast bedding layer, etc.

In Hungary, the suitability of railway rock material is determined by the examination required by the same product standard (MSZ EN 13450:2003):

- Micro-Deval wear according to MSZ EN 1097-1:2012, as well as
- Los Angeles fragmentation test in accordance with MSZ EN 1097-2:2012.

The examinations are well suited to determine the wear and tear resistance properties of a given aggregate, which is essential to ensure the consistency of the manufactured product. However, the forces and stresses caused by the operational conditions in the plant are not accurately simulated in the tests. In connection with this, laboratory studies have been developed that can later serve as a basis for estimating the real aggregation effects and stress ratios, and their uniqueness takes a new approach to the research topic.

2. International literature research

The authors did a wide range of literature research in the topic. Notable material is available on this topic, especially in laboratory and field studies, and also DEM and FEM modelling. The authors have collected a number of relevant findings that have been applied in our research in the appropriate areas.

Parameters introduced by acknowledged foreign researchers, such as Among other parameters, LA_{RB}, $M_{DE}RB$, F_V, BBI [1], M, and λ [2] values were used to predict the prognosticated ballast tamping cycle times for the prior "shear loading tests". The authors also found valuable resources for granular shape examinations. [3]

At present, the authors have found only a limited number of articles and publications on CT scans, which show that so far there has been little research on the subject. In our opinion, combining CT scans with other methods found in the literature research can be very useful.

3. Presentation of laboratory tests

The current test was preceded by several other laboratory measurements. The examinations needed to be rethought and improved.

Single-particle fracture tests (shown in Figure 1-2.) did not yield accurate results because the shape, surface, size and rock mechanical properties of the broken particles were significantly different from each other. For these reasons, I decided to investigate the ballast aggregates counter to only one particle.

Figure 1-2. Single particle failure testing with ZD-40 crushing machine

In addition, the types of test for larger aggregates included many factors that significantly influenced the results, so the results were not close to those predicted („shear box test"). [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]

After that it was necessary to develop a method and technique that can be used to examine a manageable and traceable amount of aggregate.

For the current testing method, an approximately 140 mm outside diameter, 10 mm wall thickness HDPE water pipe was applied, which is 300-400 mm high, with a pipe closure made for it.

A 1200 g/m^2 high-strength geotextile piece (Viacon GEO TC 1200) was placed inside the tube due to the reduction of friction between the inner surface of the HDPE tube and the crushed stone particles, and the steel loading plate and the particles also. The loading plate is 120 mm diameter, 3289 grams, and approximately 40 mm thick steel disc and the uniaxial (vertical) static load were applied to the aggregation through this. The tube was filled with railway ballast particles approximately the height of 140-160 mm – limited by the CT X-ray equipment measuring, because the height of the sample to be screened optimally equal to the width (in the case, the inside diameter of the tube was a guideline). The amount of material entering the HDPE tube is about 13-15, sometimes 20-25 pieces. The aggregates were tested to uniaxial compression loading which combined with CT examination. The arrangements are illustrated in Figure 3-4.

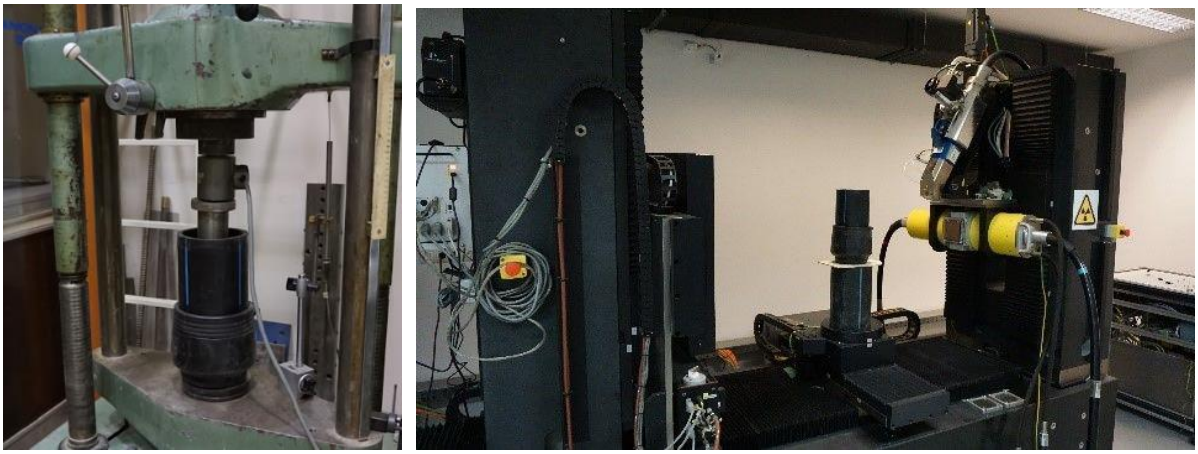


Figure 3-4. Uniaxial static load (left) in HDPE tube and CT (X-ray) equipment (right)

The developed measuring model cannot be paralleled to the real demands, nor can the standard tests mentioned in the previous chapter, but presumably a good direction in our research.

With this method, even degradation of more particles can be observed simultaneously with high-precision digital 3-D image capture and can be processed as particle or aggregate, as needed, to determine the exact position of the particle and their contact with the wall or with other particles. For the time being, the research is in its initial phase, but based on the results so far, it is encouraging to continue. The shape model is shown in Figure 5. below, based on the initial measurements (for a three-step load, the four shots are from left to right at a static pressure of 0, 300, 600 and 900 kPa).

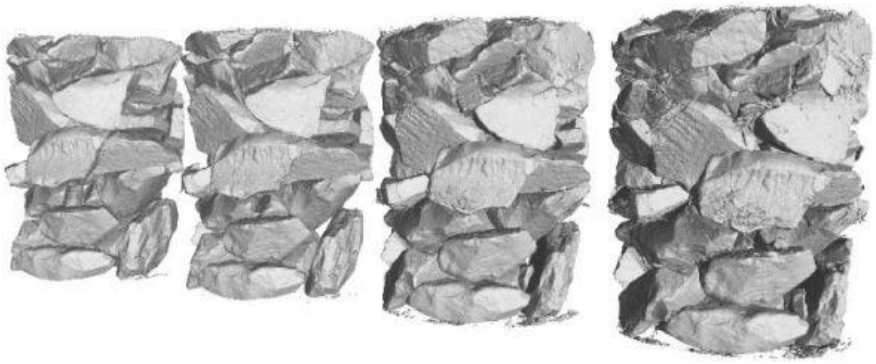


Figure 5. Recordings made by CT equipment (in case of three-step loading)

The above image was not taken in this semester, currently the CT device is undergone maintenance, anticipated to March 2020, so priorate to that the authors can only load the samples statically with the ZD-40 crusher machine (which is a good basis for developing the exact method).

The colleagues helped us of the Material Testing Laboratory (dr. István Kozma and Imre Fekete) of the Department of Material Science and Technology of the Faculty of Vehicle Engineering of the Széchenyi István University, where a 450 kV tube of Yxilon Modular CT X-ray equipment was utilized. The is device shown in Figure 4. The device is not suitable for static and dynamic load, but can be used effectively to create high-precision 3-D digital surface and volume models in addition to these tests. The surface models consist triangles, and the size of the triangles depends on the accuracy of the image. The resulting models can be evaluated in the software provided with the device or the software of GOM Inspect (presented in Figure 5.).

The models can be used to predict the degree of fragmentation during stepwise loading and to estimate the magnitude (or proportion) of stresses within the set.

In the recent laboratory measurements, 183 pieces of crushed ballast particle were weighed individually, according to a standard method. In the selection of the granules, the authors tried to select the granules of all shapes and sizes (by visual inspection) so that they would have different shape and size particles, but according to our experience, the result of particles' distribution from the mine of Szob was mainly based on one type of grain.

Before placing the washed and dried stones in the HDPE tube, the authors measured them with a digital Mitutoyo calliper the two orthogonal axes by tenth of millimetre accuracy. One axis represented the longest extent of the particle (h), the other one the smallest (s), the third value the mesh size (v). Interestingly, one of the sources found in the literature research used a similar method, However, the limits FI (flaky index) and the EI (elongated index) calculated from the axial values are used: if $FI < 0.6$, the particle is flaky, if $EI > 1.8$, the particle is elongated, and if not elongated and not flaky, it is cubic: surprising, but the limit values on my aggregate particles were exaggerated. [19]

Figure 7-9. clearly show the classification possibilities of the 2.5.1-3. points of already withdrawn standard MSZ 18288/3-78, which taken together, could only interpreted in a "mixed" way to classify the aggregate. Figure 6. illustrates that, despite of the variety of classification possibilities, most of the particles are cubic and elongated at the same time, and only a small portion can be classified as obviously elongated, cubic or flaky. In terms of numbers, only 7.1% of the selected particles were cubic and 19.7% were flaky. This is due to the peculiarity of railway ballast.

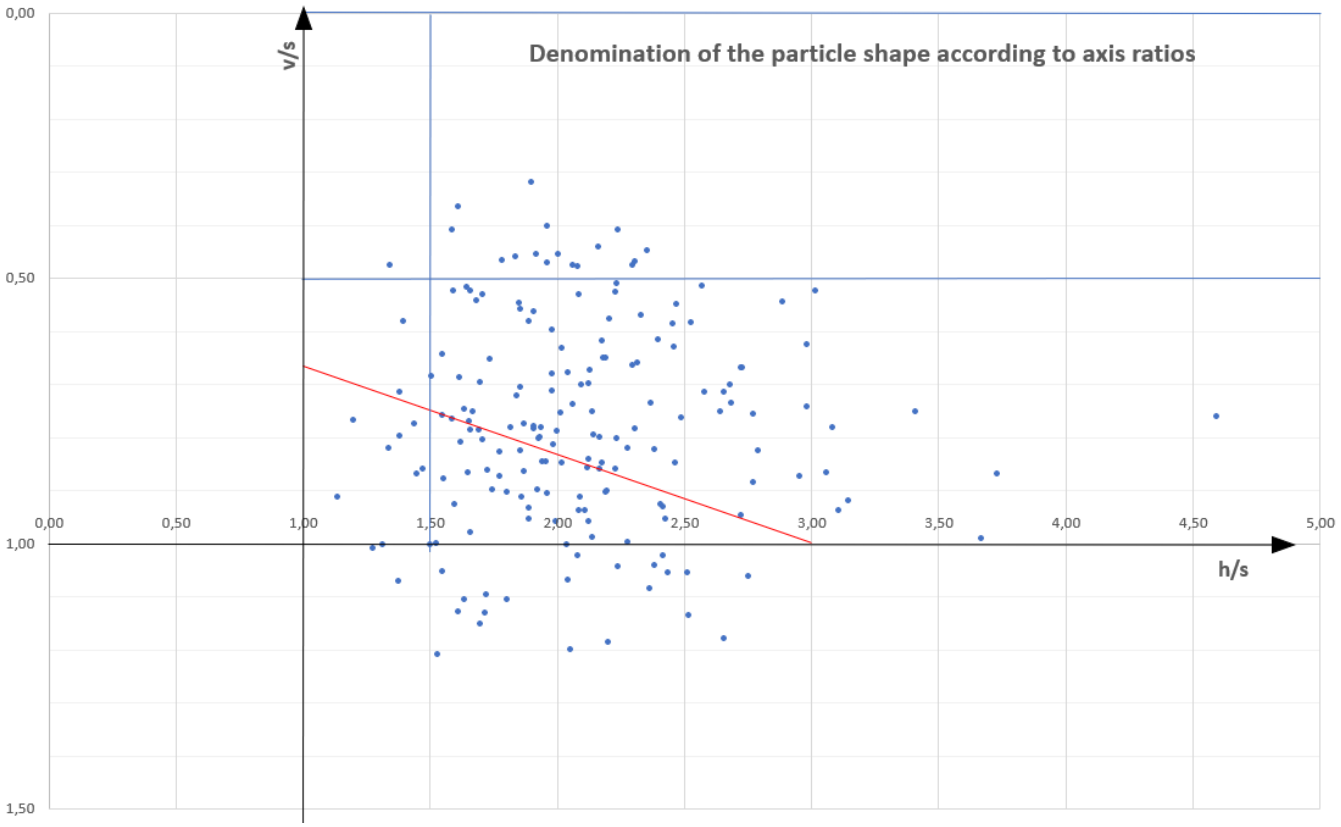


Figure 6. Classification of weighed particles according to axis ratios in accordance with MSZ 18288/3-78 standard

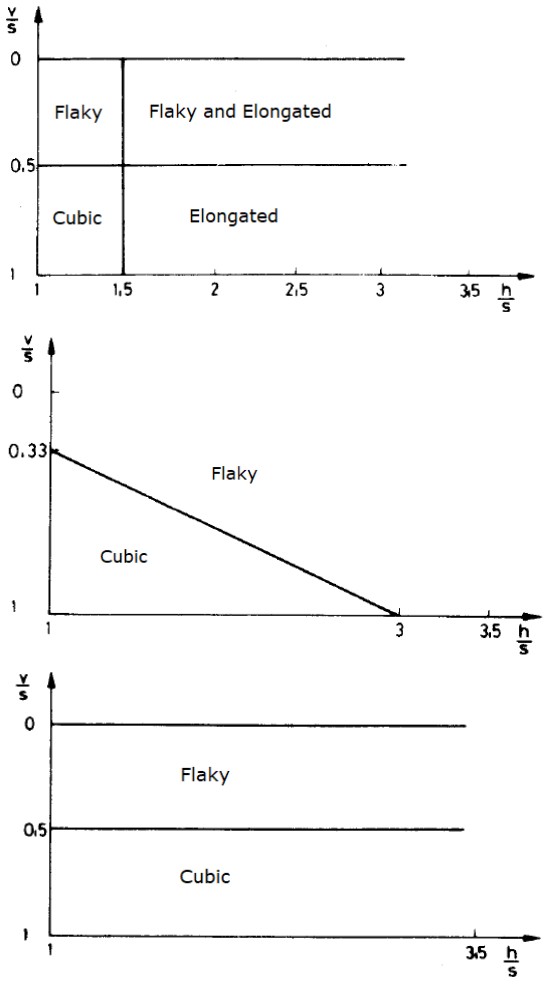


Figure 7-9. Classification possibilities according to MSZ 18288/3-78 based on axle ratios

To elaborate the refinement of the measurement method, three different aggregates of samples were created, of which four measurements were made with uniaxial compressive load (most of the rock composition is composed of cubic and elongated particles):

- 1130-1490 grams of rock with 50-69% flaky and flaky-like cubic/elongated content,
- 1245-1630 grams of rock with 12-30% clearly cubic and cubic-like cubic/elongated content,
- 1274-1685 grams of rock with only cubic and elongated particles.

The measurements were carried out by a ZD-40 crusher machine on the total of 12 samples (aggregates). The authors performed uniaxial static compression load on the formed aggregate formations in the stress range of 0 ... 1800 kPa with a statically increased load value.

4. Experimental results of the investigations

On the basis of the fracture tests in can be stated that the most broken/degradated particles were the flaky elements, and the least broken particles were the cubic ones. This can be explained by the fact that tensions wake up most along sharp edges and thin “protrusions”, while cubic particles are somewhat exaggerated but more like spherical shapes.

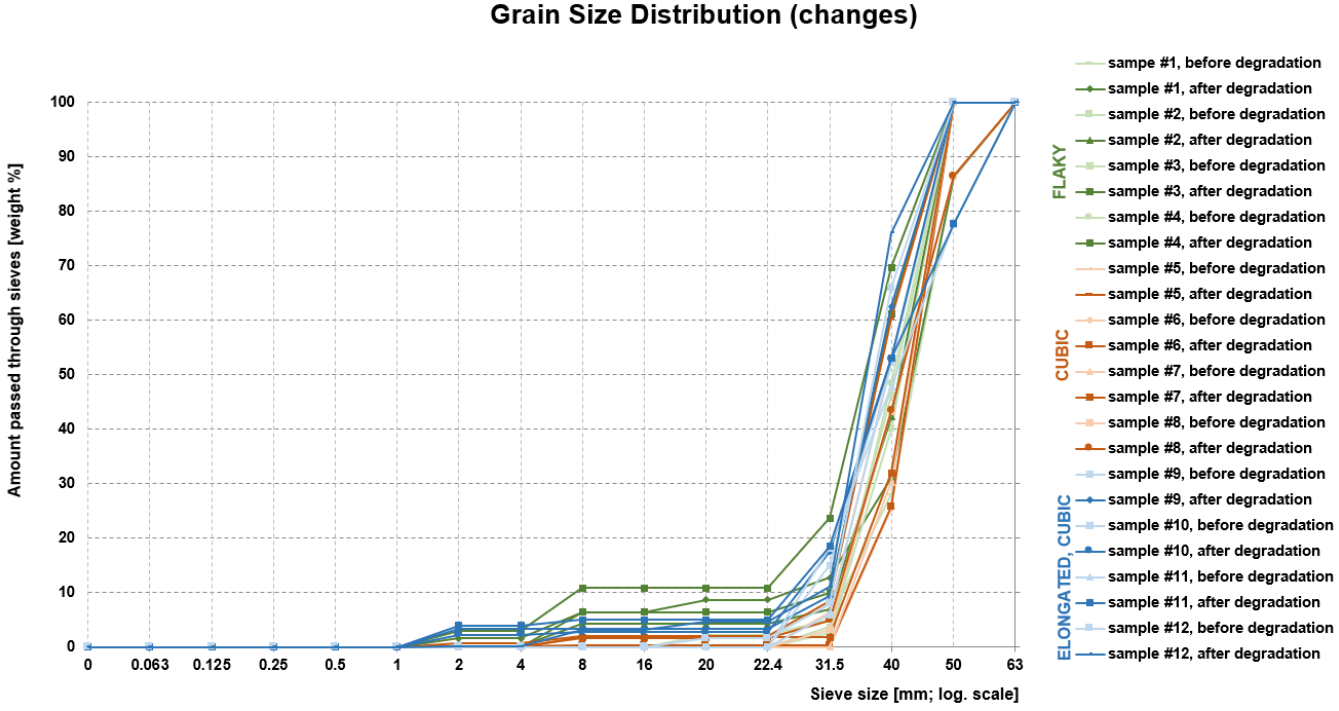
The results are shown in Table 1.

Table 1. The propensity to degradation depending on particle shapes

	(rather) FLAKY	**(rather) CUBIC**	**ELONGATED & CUBIC**
Fragmentation average (% by weight relative to the original mass)	7.01%	1.47%	3.60%
Average aggregate mass	1311.6 g	1382.2 g	1480.8 g
Average fragmentation	90.3 g	19.4 g	52.4 g

For each of the 12 samples, the grain size distribution curves were drawn for the pre- and post-load condition, which is shown Diagram 1. The grain size distribution curves also confirmed the degradation values shown in Table 1, which show that the flaky aggregate samples are more fragmented that the cubic aggregate samples. The elongated ones (and partly cubic) are between the two curves.

Diagram 1. Grain Size Distribution diagrams for different aggregate samples



Conclusions

In this article the authors described the latest laboratory tests carries out on the research topic and results, findings. The aim of the authors' research is to determine the exact time course of the degradation of railway ballast particle materials with the help of the performed investigations with CT (X-ray) equipment, and with this new method one of the authors (Erika Juhász) propose the application conditions and limits in her dissertation.

Acknowledgements

The publishing of this paper was supported by EFOP 3.6.1-16-2016-00017 project.

References

[1] Indraratna B. – Nimbalkar S. – Christie D.: The performance of rail track incorporating the effects of ballast breakage, confining pressure and geosynthetic reinforcement, Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, Champaign 2019 5–24
[2] Indraratna B. – Sun Y. – Nimbalkar S.: Laboratory assessment of the role of particle size distribution on the deformation and degradation of ballast under cyclic loading, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 2016 Vol.142. No.7. 0401601601–0401601612
[3] Gálos M. – Kárpáti L. – Szekeres D.: Ballast stone materials – Results of the research (Part 2), Sínek Világa 2011 Vol.1. 6–13 in Hungarian
[4] Fischer, Sz.: Crumbling examination of railway crushed stones by individual laboratory method, Sínek Világa 2015 Vol.57. No.3. 12–19 in Hungarian
[5] Fischer, Sz.: Breakage test of railway ballast materials with new laboratory method, Periodica Polytechnica, Civil Engineering 2017 Vol.61. No.4. 794–802
[6] Fischer, Sz. – Németh, A. – Harrach, D. – Juhász, E. (eds. Köllő, G.): Laboratory fatigue degradation tests of railway ballast materials, XXII. Conference on Civil Engineering and Architecture, Csíksomlyó 2018. May 31. – June 3. in Hungarian
[7] Fischer, Sz. – Németh, A.: Individual rock physics investigations of railway ballast materials, XI. Stone and Gravel Quarry Days, Velence 2018. March 1-2. in Hungarian
[8] Fischer, Sz. – Németh, A.: Special laboratory test for evaluation breakage (particle degradation) of railway ballast, Conference on Transport Sciences, Győr 2018. March 22-23.
[9] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Investigation of railway ballast materials' particle degradation with special laboratory test method, Abstract book of 14th Miklós Iványi International PhD & DLA Symposium, Pécs 2018. October 29-30.
[10] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Railroad ballast particle breakage with unique laboratory test method, Acta Technica Jaurinensis 2019 Vol.12 No.1 26–54
[11] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Investigation of railroad ballast particle breakage, Pollack Periodica, An International Journal for Engineering and Information Sciences 2019 Vol.14. No.2 3–14
[12] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Breakage tests of railway ballast stone material with using of laboratory dynamic pulsating, Sínek Világa 2019 Vol.61. No.1. 16–21 in Hungarian
[13] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Individual laboratory test methodology for railroad ballast particle breakage, Conference on Transport Sciences, Győr 2019. March 21-22.
[14] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Specific evaluation methodology of railway ballast particles' degradation, Nauka Ta Progres Transportu / Science And Transport Progress 2019 Vol.81 No.3 96–109
[15] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Measurement of degradation of railway ballast particles in laboratory condition, Sínek Világa 2019 Vol.61. No.5. 2–12 in Hungarian
[16] Juhász, E. – Movahedi, R. M. – Fischer, Sz.: Possibilities of discrete element modelling of the degradation of railway ballast, Sínek Világa 2019 Vol.61. No.6. 2–10 in Hungarian
[17] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Measurement of railway ballast particle crumbling with laboratory resources: The most modern tests of railway ballast crumbling, Innorail Magazin 2019 Special Issue 22–23
[18] Juhász, E. – Fischer, Sz.: Analysis of crushed ballast particles under laboratory measurement conditions, MAÚT25 International Scientific Symposium, Budapest 2019. September 17-18.
[19] Yunlong G. – Valeri M. – Jianing S. – Guoqing J.: Ballast degradation: Effect of particle size and shape using Los Angeles Abrasion test and image analysis, ELSEVIER, Construction and Building Materials 2018 No.169. 414–424

Javaslat a közterület témakörének komplex kutatására

Somfai András[1] – Gaál Bertalan[2]

[1]ny. okl. szakmérnök
e-mail: somfai.andras@gmail.com

[2]Széchenyi István Egyetem, Közlekedési Tanszék
telefon: +36 96 503400/3265
e-mail: gaalb@sze.hu

Kivonat: A közlekedési szakterület jelenleg általában a részterületi kutatások és újítások révén fejlődik. Ezek néha olyan szűk területen mozognak, hogy az alkotóknak nem marad elég erejük a tágabb környezet szempontjainak és fázis-késéses reakcióinak figyelembevételére. Bár terjednek a határterületi, komplex kutatások, a holisztikus megközelítési mód terjedésének még sok akadálya van.

Ilyen határterület a közterületek témaköre is. Ezt általában a különböző mérnöki szakágak uralják – mindenki a saját, kiforrottnak nevezett előírásai és parciális anyagi érdekei szerint. Körültekintésre nem telik, a társadalmat pedig nem kérdezzük meg. Ezért szükség van az utóbbi hetven év szakmánkénti finanszírozási, tervezési és üzemeltetési történetének kritikai elemzésére, de a társadalmi-politikai igényszint változásának vizsgálatára is. Ezekre építve, hazai és külföldi összehasonlítások segítségével új jövőképet kell alkotni, amelyben többek között az éghajlatváltozás és a polgárosodó társadalom új igényrendszere is megjelenik. A kutatáshoz problémaérzékeny mérnökökre, városépítészekre, közgazdászokra, szociológusokra, pszichológusokra stb. van szükség, de a társadalmat is széleskörűen be kell vonni. Az előadás ehhez a munkához kíván érveket adni, képek és magyarázatok segítségével.

Kulcsszavak: emberközpontúság, csapadékvíz-gazdálkodás, gyalogosok, közlátvány-alkotás

Bevezetés

Filozófiai magaslatokon vitatkoznak arról, hogy ki volt az utolsó polihisztor**:** Leonardo da Vinci vagy Lomonoszov, vagy még a 19. század végén is voltak mindentudó személyek? Valószínű, hogy a 18. századig *az adott kor* tudástömege még belefért egyetlen koponyába, de az ipari forradalom kapcsán elindult tudományfejlődés eredményei már biztosan nem – vagyis teljes értelmében vett polihisztor már vagy 150 éve nem is létezhet. Azóta a tudás *többnyire* a szakágakon belül növekszik, a csúcseredményeket *általában* specialisták hozzák létre, nagy figyelemkoncentrációval. A csak szűk területre figyelés azonban sok esetben azzal jár, hogy többnyire el is szigetelődnek a világtól-társadalomtól, de sokszor még az alapszakmától is.

Amikor ez tömegessé válik, megformálódik az igény az összefüggésekben való szemlélés, a globális gondolkodás iránt. Ehhez azonban széleskörű „szakmaközi" kutatói szerkezet, hatalmas empátia, komplex szemlélet és a mindezt igénylő megbízó szükséges. E különleges feladat-típus szemléltetésére példaként a *közterület* elemzését választottuk, mert ezzel a rövid áttekintéssel is nagy számú új rész-kutatási feladatot tudtunk megfogalmazni.

1. A közterület fogalma

Legelső tisztáznivaló az, hogy mi tartozik a közterület fogalmába? Erre azonban nincs egyértelmű válasz. A legfontosabb kiindulási hely, az 1988. évi I. törvény (az „úttörvény") nem tartalmazza a „közterület" definícióját. Ugyan megkülönbözteti a „közút" fogalmát a „közterület" fogalmától, de csak sejteti, hogy ez utóbbi bővebb a közút fogalmánál. Az 1/1975. KPM-BM rendelet (a KRESZ) is csak a „közút" fogalmat használja.

Legrészletesebb fogalom-értelmezést a közterület-felügyeletről szóló 1999. évi LXIII. tv. adja. Ez szerint közterület: „a közhasználatra szolgáló minden olyan állami vagy önkormányzati tulajdonban álló terület, amelyet rendeltetésének megfelelően bárki használhat, ide értve a közterületnek közútként szolgáló és a magánterületnek a közforgalom számára a tulajdonos (használó) által megnyitott és kijelölt részét." Ez tehát például a közparkokat is beleérti, viszont tisztázatlan, hogy az árvédelmi töltések is ide tartoznak-e?

Ugyancsak kérdéses a „bárki használhat” kifejezés helyessége. Külön érdekesség, hogy a földnyilvántartók szerint a „közterület” kifejezés meg fog szűnni, mint földnyilvántartási fogalom. Figyelemre méltó az is, hogy a közterület használatával kapcsolatos győri 11/2016. ök. rendelet az előzőknél pontosabb definíciót ad. Összegezve: fel kell kutatni a további meghatározásokat, és legelőbb a közterület fogalmát kell definiálni, minden érintett szerv egyetértésével. A téma tagolásában fejezet-alábontásokat lehet végrehajtani, de kerüljük az elaprózást.

2. A kutatási területek

A közterületeken több „reál” szakma működik, így természetes a részvételük a kutatásban. Ezen felületeken azonban az ember, mint egyén és mint társadalmi tényező is jelen van, tehát a kutatásban szükséges a „humán” tudományok bizonyos ágainak részvétele is. Ez azért mindenképpen fontos, mert – mint a továbbiakban láthatjuk – nagyon sok tehetni-valónk van a közterületeken az egyénért és a társadalomért egyaránt. Ezért, első kigyűjtésben a következő *fő kutatási részterületeket* tartjuk szükségesnek a kialakítani:

- Közlekedési
- Közművesítési (víz-csatorna ellátás, gázellátás, elektromos- és hőenergia-ellátás, távközlés)
- Építészeti-kertészeti-utcabútorozási
- Gazdasági (építési, üzemeltetési, nemzetgazdasági)
- Társadalomtudományi (pszichológiai, szociológiai)
- Ember-közterület-táj környezetkapcsolati (nemcsak környezetvédelmi)

Mindegyikben szükséges:

- az időbeni folyamatvizsgálat
- a térbeni különbözőségek vizsgálata.

Nem érdektelen a vizsgálók-kutatók nézőpontja sem, amelyet a szakmákon belüli *tevékenységi körük* befolyásol leginkább. Ez szerint indokolt

- pénz-biztosítók (vezető tisztségviselők, politikusok)
- lebonyolítók
- tervezők
- hatóságok
- kivitelezők
- üzemeltetők

részvétele is a munkában. A humán szakterületeken gyakorló szakemberek részvétele kívánatos. Szem előtt kell tartani azt, hogy *sok témában nem tudjuk, hogy mit nem tudunk,* és erre néha csak „külső” jelzések alapján döbbenünk rá.

A 2.1. – 2.6. fejezetekben válogatást adunk azokból a feladatokból, amelyek a közterületek környékén fennálló szabályozási, tervezési, gazdasági mérlegelési, humán vonatkozású stb. hiányosságokból és lehetőségekből elénk tárulnak. A lista egy induló állomány, amely várhatóan tovább bővül vagy módosul majd a kutatási munka során.

A kutatás végső célja az, hogy milyen módon lehet a közterületeinket jól használhatónak, kellemesebb megjelenésűnek és hosszútávon relatíve gazdaságosnak kialakítani.

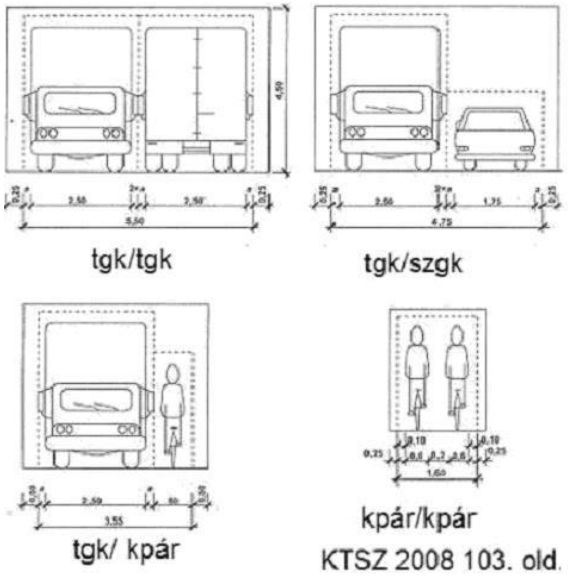
2.1 Közlekedési vonatkozású közterületi kutatnivalók

Az itt felvetettek általában lokális jelentőségűek, de a negatívan érintettek számára fontosak lehetnek és sűrűn előfordulhatnak. Javításuk, újragondolásuk elsősorban társadalomkapcsolati kérdés. Néhány kiválogatott példa:

2.1.1 Forgalmi- és parkolási sávméretek kis sebességeknél.

Az ÚT 2.1.201:2008 sz. Útügyi Műszaki Előírás (KTSZ) 4.7.2.1. pontjában a 4.3.c-4.3.d ábrákon foglalkozik a csökkentett sebesség (30 km/h) melletti mértékadó járműtalálkozások pályaszélesség-csökkentési lehetőségeivel (1. ábra). Az ábrák azonban befejezetlenek és az előírás szövegében sincs utalás a használatukra. Be kellene fejezni a felvillantott gondolatot, és fontos lenne foglalkozni az *álló és a mozgó járművek* – kis sebesség melletti – találkozásának kérdésével, mivel ez jóval általánosabb probléma. A

tömegesen épített 6 m-es lakóutcai útpályáink ugyanis parkolásra igen gazdaságtalanul használhatók (2. ábra), mert egyirányúsítás melletti kétoldali parkolás csak kivételesen, rövid és kis forgalmú lakóutcában működtethető.



1. ábra: Részlet a KTSZ-ből

2. ábra: A 6 m körüli útszélesség problémái

2.1.2 Buszöböl elhagyhatósága vagy „negatív öböl” kialakítása

Világosan kimunkált feltételek híján lassan terjed ez a kialakítás, ezért alkalmazási segédlet kidolgozása indokolt.

2.1.3 Kisüzleti- és vendég-parkolók közterületi elhelyezése

Nem életszerű ezeket teljes egészében a telekterületen belül megkövetelni, ezért részletes kutatás szükséges.

2.1.4 Járdaaszfalt-repedések kezelési lehetőségei:

A (lézer-) technika mai színvonalán meg kell tudni oldani ezt a problémát is. Gyakorlati kísérletek szükségesek.

2.1.5 A kiemelt szegélyek él-kialakítása és az utólagos tompítás

A nemzetközi szabvány azért nem írja elő a „felni-barát” döntött homlokoldalt és a nagyobb él-lekerekítést, mert ezeket a nemzeti szabványokra bízza. Lépnünk kell.

2.1.6 A szegélyépítési gyakorlat komplex felülvizsgálata

A nem gépesített útszegély-építés nehéz fizikai munka, és sok hibalehetőséget rejt magában. Nemzetközi kitekintés, minél több összetevő elemzése és kísérletezés szükséges a szegély-probléma korszerű megoldásához.

2.1.7 A szegély menti vízelvezetés elősegítési lehetőségei

Nemzetközi kitekintés, a drágább konstrukciók megújítása és esetleg teljesen új irányú megközelítés hozhat eredményt.

2.1.8 Hídszegély-magasság és a kerékpárosok

Általában is indokolt a lovaskocsi-korban kialakult magas hídszegélyek felülvizsgálata, de a kerékpárosok miatt ez különösen indokolt.

2.1.9 Rézsű vagy támfal alkalmazása belterületi közterület határán

Közös mérnök- és építész-segédletet lenne célszerű kidolgozni ennek az igen sokényezős műszaki-gazdasági-településképi problémának a megoldására.

2.1.10 A közterületi lépcsőkialakítás sajátos szabályai

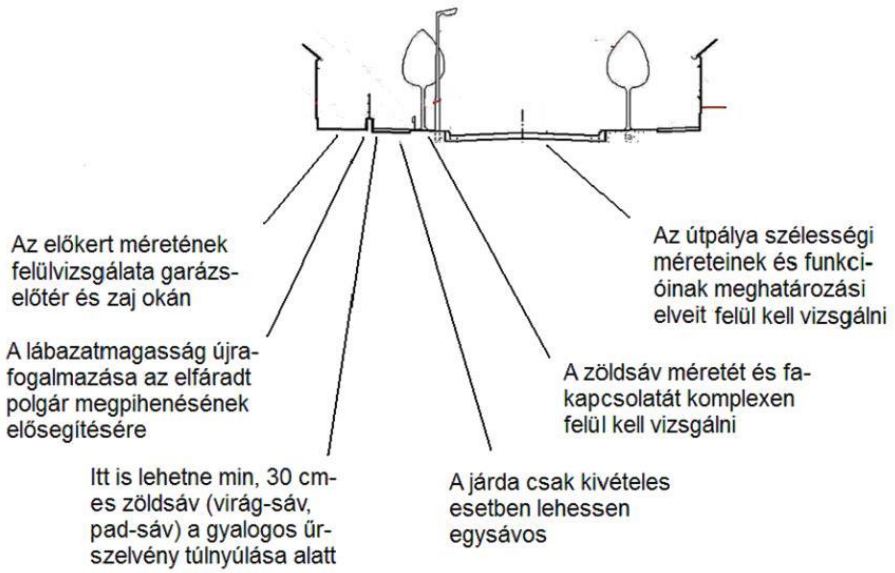
A gyalogosok szabadtéri nagyobb sebességigénye miatt más méretezés kell, mint az épületeknél, és további problémák megoldásának módját is ki kell dolgozni.

2.1.11 Telekbejárók elfogadható lejtésrendszerei

Az e téren tapasztalható szélsőségek miatt nemzetközi kitekintés segítségével, valamint autótípusok és megépült kocsifelhajtók nagy számú kipróbálása alapján kellene az elfogadható lejtésrendszereket kidolgozni, többféle helyzetre is.

2.1.12 Fedetlen előkerti garázslejárók használati problémáinak elemzése

A telekbejárókhoz hasonlóan nincs elég részletes előírás a garázslejáróknál sem, ami esetenként nehezen vagy egyáltalán nem használható garázsokat eredményez. Alapos körültekintés, nagy számú autó- és lejáró-vizsgálat nyomán kellene az elfogadható lejtésrendszereket kidolgozni.



3. ábra: A rutinszerűen alkalmazott elveket és méreteket felül kell vizsgálni

2.1.13 A térszinti elemeknél felmerült néhány elvi kérdés (3. ábra)

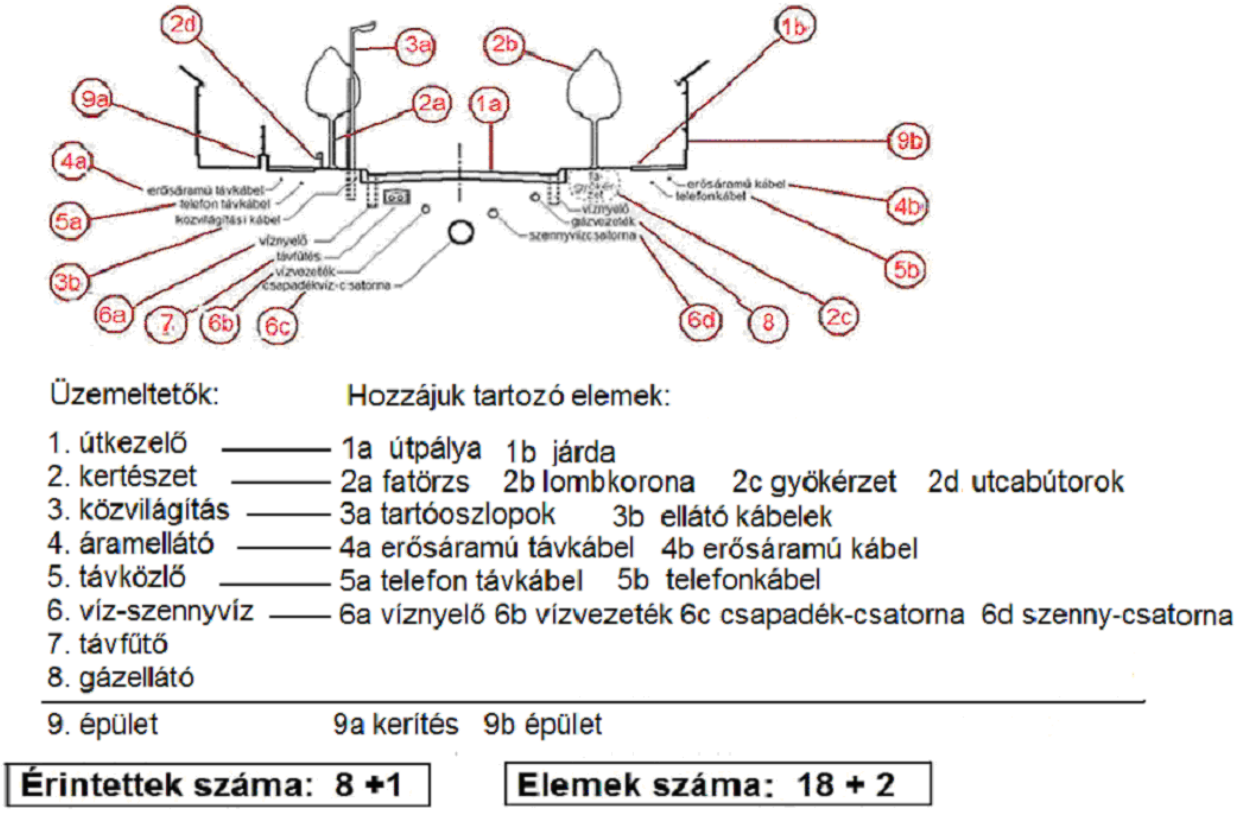
Az előkertes kialakításnál a nagyobb autókhoz szükséges garázs-előtér vagy garázs-lejáró növelése és a behatoló zaj csökkentése érdekében a bevett 5 m-es előkert-méret felülvizsgálata. Ülés-magasságú kerítéslábazattal az idősekért. Zöldsáv a telekhatár előtt. A „polgári” járdaszélesség-minimum meghatározása, az adott utcatípusok érdekeltjeinek valós igényeire alapozott útpálya-szélességek kidolgozása.

2.2 Közműves szakterületi kutatnivalók a közterületen (néhány kiválogatott feladat)

Csendes átalakulás megy és fog menni a közterületen levő vezetékek világában, talán túl csendes is. Csak lassan bontakoznak ki az új anyagok, az új méretezési elvek és a viszony-megváltozások. Itt elsősorban a közterülethez való viszonyaik változásának egyes kutatni való elemeire térünk ki.

2.2.1 Közterületi koordinációt igénylő elemek

Ezek bemutatásával (4. ábra) arra hívjuk fel a figyelmet, hogy a közműveknek, a fáknak, a kerítéseknek akár 18 eleme is összejöhet egy útkeresztmetszetben. Ezek – leegyszerűsítve - nyolc üzemeltetőhöz is tartozhatnak, és ezekhez jönnek még az épülettulajdonosok, illetve az épületek és a kerítések. Az elemek nagy száma, a megöregedett előírások és az említett átalakulási folyamatok igénylik az elhelyezési előírások felülvizsgálatát. Mivel a közterületen belül általában a közlekedési elemek adják a legmerevebb és a külső szemlélő számára is érzékelhető helyszínrajzi kötöttségeket, a közterületi koordinációban is a közlekedési ágazatnak kell a fő koordinátori szerepet elvállalnia, betöltenie. A szabványok és előírások felülvizsgálatánál ennek a szerepnek is érvényesülnie kell.



4. ábra: Közterületi koordinációt igénylő elemek

2.2.2 A közterületi csapadékvíz-gazdálkodás részleteinek kidolgozása

A csapadékvizet elvezető csatorna-hálózat tehermentesítése céljából már korábban is kötelezővé vált a telkekre jutó csapadéknak a telken belül tartása. Az éghajlatváltozással összefüggő esőintenzitás-növekedés még inkább előtérbe tolta ezt a törekvést a közterületeken is. Szükség van a téma nemzetközi áttekintésére és szakmai segédlet kidolgozására.

2.2.3 A csapadékvíz telken belül tartásának módszerei

A megfelelő vitakészség érdekében, a közterület-tervezésnél is ismerni kell a telken belüli csapadékvíz- és szürkevíz-gazdálkodás módszereit és méretezéseit, mert még vannak tisztázatlanságok. Célszerű lenne, hogy a közterületi elvezető rendszerek tervezésének vagy felülvizsgálatának a szomszédos telkeken belül méretezés szerves része lenne.

2.2.4 Közműszerelvények síkba igazítása

A közterületi burkolatokból kiálló vagy a megsüllyedt közműszerelvények általában valamilyen építési hiba következményei. Vannak olyan aknafedlapok, amelyeknél a fedlap eleve mélyebben van a fedlap-keret szintjénél. Mivel ezek esetenként a forgalmat is veszélyeztetik, indokolt a hibák alapos elemzése és a megelőzési-kijavítási módszerek kidolgozása.

2.2.5 Közműszerelvény-fedlapok érdességi foka és fajtái

A hazai és külföldi kínálat elemzése és csúszásvizsgálatok után meg kell határozni a fedlap-gyártásnál elérendő paramétereket, valamint a meglevő fedlapok szükség szerinti utólagos érdesítésének módszereit.

Veszélyesen érdes aknafedlap Finomabb érdességű aknafedlap

5. ábra: Érdesség- és csúszásvizsgálatok szükségesek

2.2.6 A villanyoszlop, a légvezeték és a kandeláber jövője

Magyarországon új házat ma már csak földkábelen keresztül lehet bekötni az áramellátásba és állandónak szánt légvezetéktartó oszlop is csak vasbeton lehet. Üzembiztonsági és élettartami okokból a légvezetékeket földkábelre kezdik cserélni – már létezik 400 kV-os földkábel is. Nemzetközi kitekintés, gazdasági és jogi elemzés, településképi szempontok figyelembevétele szükséges a térszint feletti közművek jövőképének meghatározásához.

2.2.7 Tartalék védőcsövek kérdése

Hol, milyen célokra és milyen előretekintési távlatban válhat szükségessé tartalék védőcsövek (vagy más) biztosítása a 21. század elején? Nemzetközi történeti és technikai kitekintés, előkészítési fok, variálhatóság, jogi kérdések stb. tisztázása szükséges.

2.2.8 Közműalagút-építés

Nemzetközi és hazai kitekintés, a közműsűrűség és vezetékfajta-elemzések; üzemelési és jogi feltételek megismerése szükséges. Utak alatti rövid átvezetések, járda alatti fedlapos közmű-vályú, pinceszinti vezetések vizsgálandók. Nemzetgazdasági szintű mérlegelés is indokolt.

2.2.9 Hídburkolatok temperálási módszerei

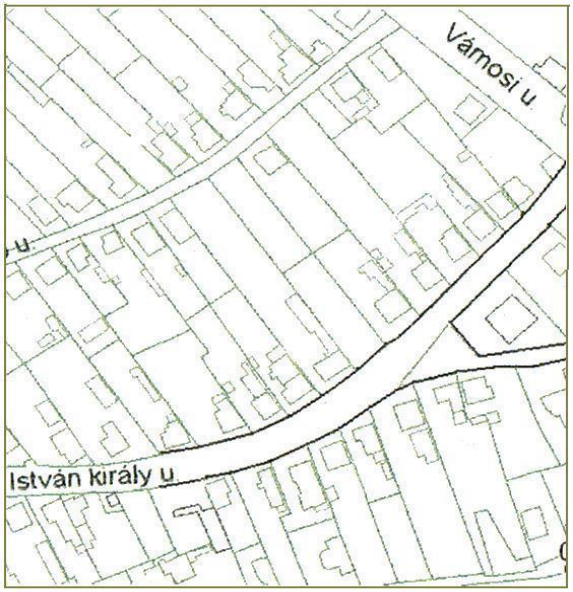
A talajon fekvő útburkolathoz viszonyítva hamarabb kihűlő hídszerkezet és hídburkolat hideg időben lokális balesetveszélyt jelent. Nemzetközi kitekintés, a hazai lehetőségek megállapítása és kísérletek végzése indokolt.

2.3 Építész, kertész, utcabútorozó – és a közterület

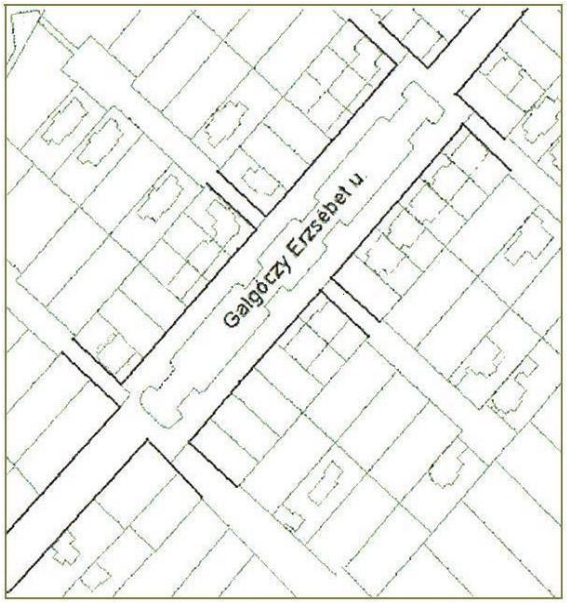
A közterületi tevékenység harmadik műszaki csoportja az építészek, a kertészeti tervezők és az utcabútor-tervezők, illetve kivitelezők csoportja. Az építészeknek a közterületek határvonalainak megszabásában, a kerítések kialakításában, a telkek út- és közmű-kapcsolatainak generálásában, valamint az utcakép-településkép-települési arculat *térszint feletti* részének megszabásában van fontos szerepük. A kertészeti tervezés az utcai növényzet telepítésével, az utcabútorozók pedig a kerti padtól a köztéri szobrokig terjedő köztárgyak megalkotásával foglalkoznak. Közparkokban a kertészeti tervezésnek, a nagyobb gyalogos teresedésekben pedig az utcabútor-tervezőknek van nagyobb szerepe és kiterjed a térburkolatokra is. Ennek a csoportnak és a közlekedésieknek a munkakapcsolata nem zavarmentes, nem vagyunk elég toleránsak és együttműködők egymással. Kutatni- és javítanivaló tehát van bőven. Ezek közül felsorolunk néhányat.

2.3.1 A történelmileg kialakult, illetve a tervezett utca-alakzatok mélyreható elemzése

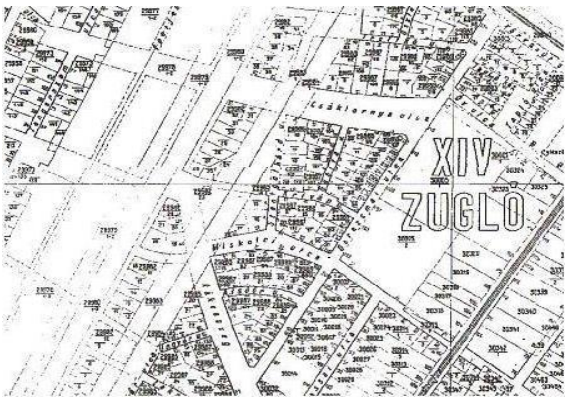
A történelmileg „szabálytalanul" kialakult utcák, utcácskák, terek az ott lakók számára sokszor vonzóbbnak tűnnek, mint a hosszú egyenes utcák. A műszaki csapatoknak problémaérzékeny szociológusokkal és pszichológusokkal közösen kellene ezeket elemezni és közterület-alakzati kínálatot például Településtervezési Formakincstár néven tervezési segédletben közzétenni (6-11. ábrák).



6. ábra: Egy ősi tér-alakzat



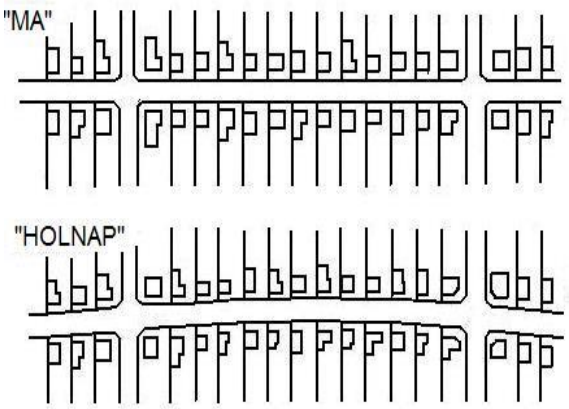
7. ábra: Egy új tér-alakzat



8. ábra: Kusza utcahálózat

9. ábra: A túl-utcázott Wekerle-telep

10. ábra: Túl egyhangú utcahálózat



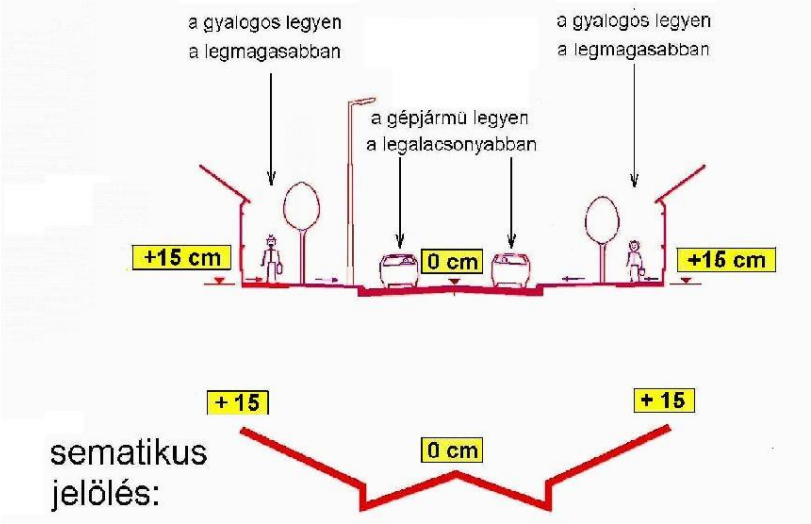
11. ábra: Az íves utca érdekesebb lehet

2.3.2 Az utcakép értelmezési kérdései

Az építészeknél csak az épület az utcakép része, a közlekedésieknél pedig a térszint és a fák. Közös kutatómunkával és jó-rossz példák kielemzésével indokolt alapot teremteni ennek a szemléletnek a megváltoztatásához – mindkét oldalon.

2.3.3 A közlátványnak a fasorok, a zöldsávok és a burkolatok is részei

Az utcákban többnyire eddig is voltak fasorok, az éghajlatváltozás miatt pedig még több utcában várható a telepítésük. Mivel az utca tengelyében nézve a fasorok idősebb korukban sokat takarnak a mögöttes épületekből, közös kutatással indokolt kialakítani a kompromisszumos növényzet-telepítési elveket. A térszinti burkolatok a közlátvány *alsó felében* dominálnak, amiért is nagyobb gondot kell fordítani ebből a szempontból is a burkolatokra. Célszerű lenne közös elemzés nyomán ajánlásokat és együttműködési módokat megfogalmazni.



12. ábra: A „polgárbarát" utca szintrendszere

2.3.4 Új utcai kerítéstő- és kapuszintek meghatározási módszere

Járdáink a nyíltárkos utcákban általában sajnos mélyebben vannak az útpályánál, ami vízelvezetési és lélektani szempontból is hátrányos a járdán gyaloglók számára. (A gyalogos önmagát másodrendű, védetlen szereplőnek tarthatja a magasabb útpályán rohanó gépjárművekkel szemben *még belterületen is.)* A zártcsatornás utcákban viszont többnyire az előirányzott útburkolat-megerősítés és az elégtelen járdalejtések miatt van szükség a járda emelésére és a mainál magasabb távlati járdatőszint előirányzására. Ki kell dolgozni az építészek felé szóló új járdatőszint-meghatározási módszert, műszaki, gazdasági és jogi feltételeit, a keresztlejtős terepen alkalmazandókat, a kivételes megoldásokat (12. ábra). Ha meglevő, mély járdájú utcában 20 cm-nél nagyobb tőszint-emelésre van szükség, akkor kétütemű emelés is szóba jöhet – ez is megoldandó és meg is oldható. Természetesen vannak helyzetek, *kis arányban,* amikor ez a szintrendszer-elv nem alkalmazható. Kidolgozandók az ilyen helyeken alkalmazható elvek is.

2.3.5 A közterületi kábelesítés komplex műszaki-gazdasági vizsgálata

Beépített utcában tervezett új épületnél, ha a légvezeték-üzemeltetők még nem ütemezték be a kábelesítést, ki viselje az ésszerűségből az új burkolatok alá leteendő tartalék védőcsövek költségeit és ki határozza meg a védőcsövek helyét? Mi a szerepe ebben a helyi önkormányzatnak, az útkezelőnek, a várható védőcső-használónak?

2.3.6 Utcai zöldsávok és virágágyak lakossági gondozási hajlamának felmérése

Falusi-kertvárosi környezetben ez általában természetes, de ott sem teljes körű. A minél nagyobb arányú lakossági zöldterület-gondozás elérése érdekében kiterjedt felméréssel tisztázni kell az indokokat, az akadályokat, a feltételeket, a társadalmi elismerés növelését is beleértve.

2.3.7 Szükség van ízléses, de olcsóbb utcabútorok kidolgozására is

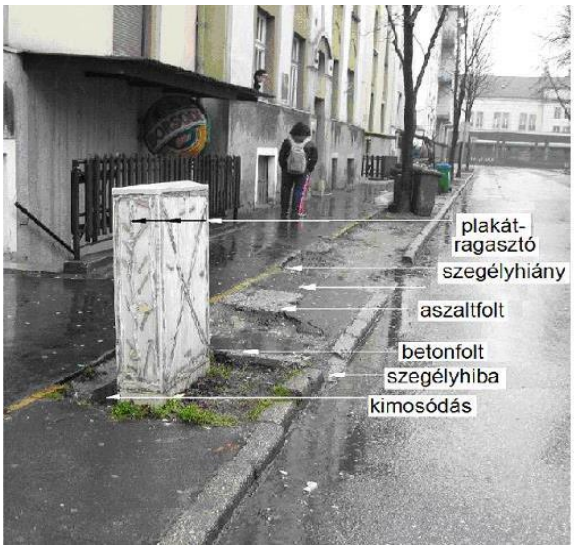
A túlzottan nagyvárosi színvonalú mai kínálat mellett szükség van egy szerényebb, szerethetőbb, olcsóbb elemcsalád kialakítására is a kisebb települések számára.

2.3.8 A közterületi elemek dizájnosítási lehetőségeinek kidolgozása

Az „érzelemmentes” köztárgyakat, elektromos elosztószekrényeket ízlésesen is fel lehet díszíteni (13-14. ábra).

2.3.9 Település-szintű műalkotás-elhelyezés elveinek kidolgozása

Ne csak a település-központok vagy a belvárosok kapjanak köztéri műalkotásokat, szökőkutat, stb., hanem ki kell választani (új beépítéseknél: ki kell jelölni) azokat a tereket, közparkokat, vízpartot, vagy más méltó helyeket, amelyek erre alkalmasak. Új beépítésnél ezeket már a szabályozási tervben indokolt rögzíteni.



13. ábra: Rossz példa a dizájnosításra

14. ábra: Egy jó példa

2.3.10 „Az utca lelke” tényezőinek kutatása vagy megalkotása

Közösen kell megkeresni, majd alkalmazni azokat a tényezőket, amelyet a humán-reál szakemberek és a környékbeli *laikus* polgár *(=másban-szakember)* egyedinek, érdekesnek, vonzónak stb. talál. Ez lehet egy ki- vagy beszögellés, ívesség, homorú hossz-szelvény, különleges fasor, kiemelkedően szép előkerti vagy zöldsávbeli virágágyás, utcai padok stb.

2.4 Pénzügyi-gazdasági kutatnivalók

Korábban az volt a szempont, hogy minél olcsóbban épüljön meg a létesítmény. A rendszerváltás óta már van eset, hogy építés plusz üzemelés a gazdasági mérlegelés elve. A közterületi elemek vonatkozásában

azonban nagy a bizonytalanság: közművekkel terhelt belterületi utcában mennyi legyen a mérlegelési időtáv, hogyan lehet több közterületi elemből álló összevont gazdaságosságot számítani, és mi az értékük a humán szempontoknak? Hogyan állítható össze *belterületen* nemzetgazdasági szintű mérleg? Volt-e valaha településtervezési szintű mérlegelés, hiszen a közterületek méretei ezen a szinten dőlnek el? Az új beépítésű területnél a telekérték-növekedés a mérleg melyik oldalára kerüljön? Mindenesetre látszik, hogy még hosszú út áll előttünk, vargabetűkkel terhelve.

2.4.1 A „túlerősített" pályaszerkezetek élettartamának gazdasági szemléletű vizsgálata

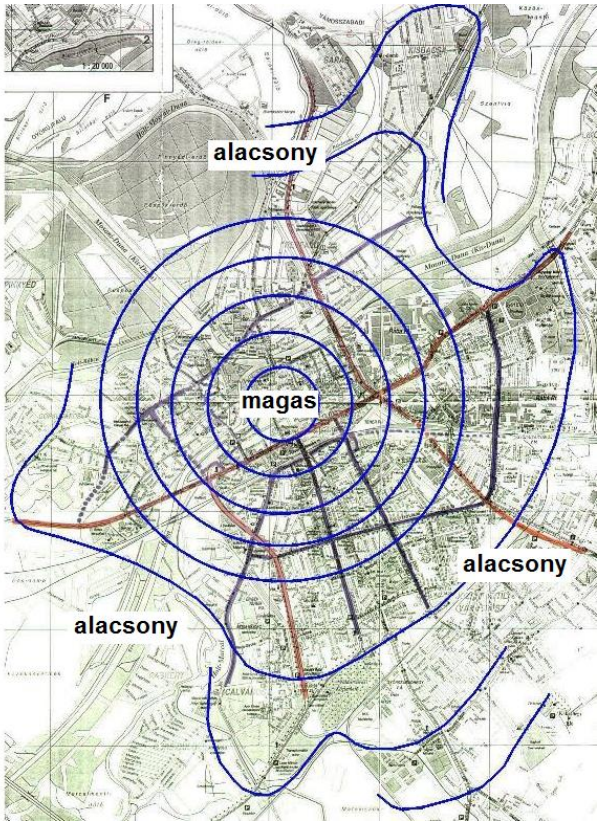
Érdemes-e, milyen utcában, milyen feltételek mellett, milyen közművezeték-javítási esély és veszély esetén nagyobb egyenértékű útpálya-szerkezetet építeni az „örökburkolat" érdekében az előírás szerint kiszámítottnál? Okulunk-e a közműépítési munkaárkok sávjában sok szakaszon megjelenő burkolat-megsüllyedésekből, és a munkaárkoknak részben vagy egészben, gyenge löszhöz hasonló gyenge földbetonnal történő kitöltésével, ezáltal a túlerősített pályaszerkezetek iránti igénynek legalább részbeni csökkentésével? Milyen további érvek és változatok merülhetnek fel? A hazai és a külföldi körültekintéssel és kísérletezéssel kombinált kutatás indokolt.

2.4.2 Árkos vagy esővíz-csatornás utca-változatok komplex összehasonlítása

Több-nézőpontú elemzések indokoltak különböző szélességű, lejtésviszonyú, beépítésű utcákban, figyelemmel a településen belüli helyzetre is. A parkolási- és árok-fenntartási igény befolyásoló szerepe, értéke az egyén és a közösség szempontjából. Közbenső lefolyás-késleltető ciszternák közterületen és azon kívül, szakaszos cső-bővületek rendszerbe illesztése. Újabban: reagálás az éghajlatváltozásra, talajvíz-visszapótlás (adott esetben) szivárgó csatornacsővel. Tervezési segédletek készítése ill. kiegészítése időszerű.

2.4.3 A területérték-zónák meghatározása és elemzése

Sajnálatos, hogy a rendszerváltás óta sem foglalkozik a településtudomány a területérték és a beépítés jellege közötti összefüggésekkel, illetve ezeknek a tervezési hasznosításával. Sőt, foglalkozni kellene a „milyen célra értékes?" összefüggésekkel is. A területérték alakulásában a mérnöki műveknek hangsúlyos szerepük van, tehát a közterületi „szemmel" is indokolt vele foglalkozni.



15. ábra: Területérték-zónák (elvi rajz Győrről)

2.4.4 A tér, mint a tágasság telekérték-növelő hatásának elemzése

A tér, mint a közterület bővülete, „rangosítja” és általában felértékeli a határoló telkeket. Ennek hatása van a beépítésre és a közterület kialakítására is. Nagy mennyiségű és soktényezős vizsgálat és külföldi kitekintés alapján indokolt egy település- és közlekedéstervezési komplex tér-tervezési segédlet összeállítása, de fontos az ingatlanforgalmazókkal való szót értés is.

2.4.5 A közterületi zöldterület hiányának hatása a lakókörnyék telekértékeire

Ez a korreláció új beépítésnél általában csak több év alatt tudatosodik az érintettekben, amikor már nem lehet korrigálni. A kutatásnak a hatások számszerű megállapítására és az egykor volt zöldterületi hányad-előírás újrafogalmazására kellene irányulnia.

2.4.6 A közterület tervezési, igazgatási és fenntartási költsége nálunk és néhány EU-tagországban

Az 1 m^2 közterületre jutó fajlagos munkaórák számát, érdemi tartalmát és a költségeket meg kell kísérelni összehasonlítani, természetesen figyelemmel a külső környezetben levő különbségekre. A kutatás nemcsak a számok terén, hanem a tendenciákban, a szokásokban, a szakmák külső és belső kapcsolatrendszerében stb. mutathat ki olyan eltéréseket, amelyekkel érdemes lesz a továbbiakban részletesebben is foglalkozni.

2.5 A társadalom viszonya a közterületekhez

Amilyen a közterület, vagy az, ami ott történik, annak nagy része befolyásolja a társadalom és az egyén mindennapi életét. Gondolatébresztőnek felvázoljuk néhány jellemző embercsoport néhány viszonyulási tényezőjét. (Természetesen további csoportok elemzése is indokolttá válhat.) Ezeket javasoljuk kiegészíteni, interjúk és megfigyelések segítségével tovább elemezni, az útkezelőkkel, rendőrséggel megvitatni a lehetséges tennivalók megfogalmazása céljából. Összesített általános igény az, hogy a közterület használatakor *jó lehessen az egyén és a társadalmi csoportok közérzete is.*

2.5.1 A gyalogosok legfontosabb igényei a közterületekkel szemben

Elsősorban legyen jó a járda vízelvezetése, mert tócsákon keresztül nem akar senki közlekedni (16. ábra.). Második a jó burkolatfelület, majd a közvilágítás. A csomóponti átkelések biztonságosabbá tételéért is sokat tehet a közterület kezelője. Nagy mennyiségű, *célirányos* megfigyelés alapján minden bizonnyal több szabvány-finomítást, vagy tervezési segédlet-kiegészítést lehetne a gyalogosok érdekében megfogalmazni.

16. ábra: Legalább a templom előtt ne legyen víztócsa

2.5.2 A kerékpárosok legfőbb igényei

Náluk a sebesség miatt nagyobb jelentősége van a jó minőségű burkolatnak, a kiemelt szegély lesüllyesztéses keresztezésének, és csak utána jön a jó vízelvezetés (sajnos a kettő nem jár mindig együtt…). A csomóponti biztonság függ a helyszínrajzi kialakítástól, de a területi adottságoktól is. Segíthetnénk jobboldali fix lábtámasszal a kerékpárosoknak a jelzőlámpa előtti várakozásban és az elrugaszkodásban (17. ábra.). A „vonali” biztonságot a gyalogosok egy fegyelmezetlen vagy figyelmetlen hányada csökkenti azzal, hogy rátéved a kerékpárútra. Itt megjelenik a társadalom többi tagjának a felelőssége is.

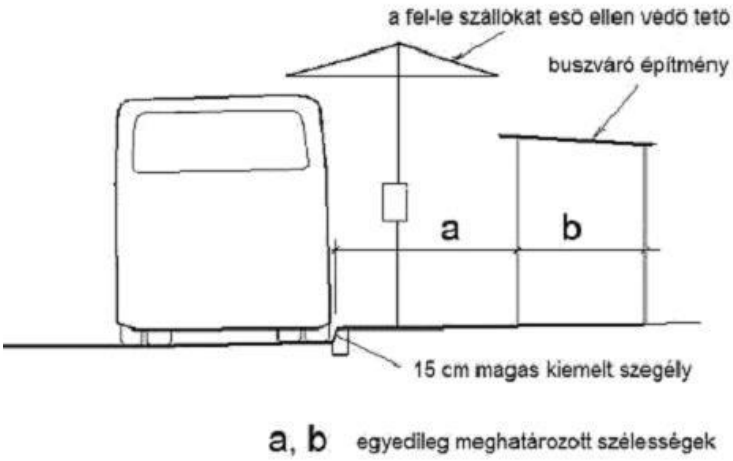
17. ábra: Lábtámasz kerékpárosoknak

2.5.3 Az autósok főbb igényei a közterületekkel szemben

A szorosan vett forgalomtechnikai kialakításon és jelzésrendszeren túl a legfontosabb a közterület áttekinthetősége. Ez a haladó és az álló gépjárművek, a kerékpárosok és a gyalogosok egyértelmű érzékelését jelenti, és amelyben a közterületi növényzet, az utcabútorok, a reklámok és esetenként az épületek-kerítések is szerepet játszanak. Mindez azt jelzi, hogy a *közúti forgalom biztonsága nemcsak forgalomtechnikai ügy!* Ezen kívül ma már alapvető autós igény lehet a jó burkolat és a jó vízelvezetés is.

2.5.4 Az autóbusszal közlekedők közterületi igénye

Alapvetően fontos a buszok rázkódásmentes haladását biztosító jó burkolat. Pszichológusokkal közösen elemzendő, hogy miért nem tesszük szóvá a buszmegállók megoldatlan járdakapcsolatait – ékes példa az Egyetem buszmegálló és az egyetem között kitaposott földút. Az is lélektani kérdés, hogy miért fogadjuk el a kezdetek óta a buszváró építmény és a busz ajtaja közötti néhány méter távolság fedetlenségét, ahol már a bérletet kell szorongatni a kezünkben, de az esernyőt is össze kell csukni (18. ábra). Van-e jó megoldás, milyen ehhez hasonló ellentmondásokat fedezünk fel a helyszíni vizsgálatok során és mit hasznosíthatunk a nyugat-európai kitekintésből?



18. ábra: Utasvédelem a buszváró és a busz között

2.5.5 A vonattal járók igényeit a vasúti területekkel szemben

Kettős mércével indokolt meghatározni. A hazai utasforgalmi létesítményeket ugyanis a magyar utasok nagy része csak hazai mércével tudja mérni, mert nem ismeri a nyugat-európai színvonalat. Csak a közelmúltban kezdődött teljes körű vasútrekonstrukciók kapcsán kezdték a 21. század színvonalán megújítani az utasforgalmi létesítményeket is. Emiatt lényeges lesz a kettős kitekintés. A perontető nálunk pénzkérdés, míg nyugaton az egyenlő bánásmód kérdése. A hazai pályatervezési szabályzat csak 30 cm-es emelt peront és 55 cm-es magasperont ismer, nyugaton sok helyütt 1 m-es peron van. A kutatásnak ezek tisztázására is ki kell terjednie. Mi legyen az aluljárók megcélzandó lépcsőfellépő-magassága, hol legyen a gyalogosoknak rámpa, fedett legyen-e a lépcső, mennyi legyen a pad-sűrűség, legyenek-e vandálbiztos WC-k és hol? Lesz-e méteres betűs állomásnév, automata LED-es megvilágítással? Illeszkedik-e a vasút a település járdahálózatához, milyen a bekötő járda és kerékpárút közvilágítása? A kutatásba belemélyedés során még további fontos vizsgálnivalók is felmerülhetnek.

2.5.6 Az időseknek további igényei lehetnek a közterületekkel szemben

Interjúk, megfigyelések és a fiatalabb családtagok célirányos megkérdezése is indokolt. *Milyen távolságban lenne szükség padokra az utcákon,* a temetőkben, milyen sűrűn a közparkokban, a játszótereken és milyen elrendezési változatokban? Meg kellene kutatni ezen padok szerepét az idősek társadalom- és társas kapcsolatában, napi sétájuk elhatározásában is. Itt a nyugdíjas szervezeteket is indokolt bekapcsolni a kutatásba.

2.5.7 A gyerekek igényei a közterületekkel szemben

Széles körű interjúkkal kellene általános, illetve konkrét helyekhez kötődő véleményeket és javaslatokat beszerezni. Meglepő részlet-igényekre derülhet fény. Fontos egyes tanárok, a szülők és a rendőrség bevonása is.

2.5.8 A közterület (képletes) igénye a társadalommal szemben

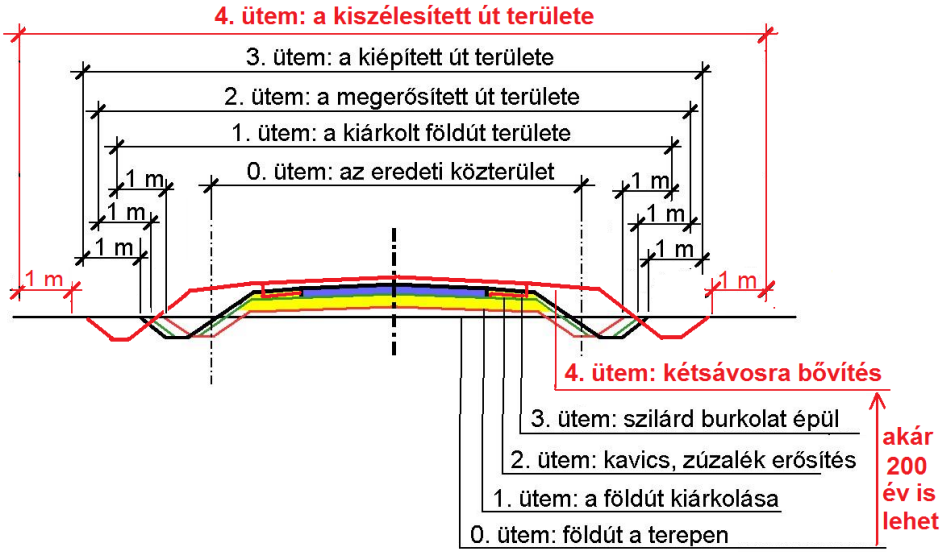
Alapvető igény a kulturált közterület-használat, az állagmegóvás, a meg-nem-rongálás. Csoportosulásainkkal ne álljuk el a járdán közlekedők útját. Forgalmas, de nem lámpázott gyalogátkelőhelyeken ne hosszú libasorban, hanem csoportokba rendeződve keljünk át, bejelentkezős gyalogos átkelőhelynél csak abban a periódusban nyomjuk meg a gombot, amikor tényleg át akarunk kelni. Jobbra kisíves forgalom gyalogos keresztezésénél ne lassítsuk a forgalomlefolyást sétálásunkkal. Azokat az aknafedlapokat, amelyeken valamilyen burkolatjel áthalad, ugyanazon pozícióban helyezzük vissza. Épületvakolás után ne maradjanak a járdán habarcsfoltok. Össze kellene gyűjteni azokat az igényeket, amelyek részei a közterület-kultúrának. Az „okos város” programok keretében érdemes lenne az ezeket is tartalmazó iskolai segédanyagot is összeállítani.

2.6 Közterületek a természeti térben

A külterületi közterületek döntő részben utak területei. Nyomvonalaik túlnyomó részben adottak, de a magasabb rendű utaknál jelentős arányban létesül új nyomvonal is. A természeti béke érdekében mindkét csoportnál törekedni kell az adottságokhoz való igazodásra, ami persze nem jelenti azt, hogy ne vállaljunk fel konfliktusokat. Túl a mindennapi példákon, a következőkben néhány kutatni- és kidolgozni való témát vetünk fel.

2.6.1 A külterületi közterületek szélességének fokozatos növekedése

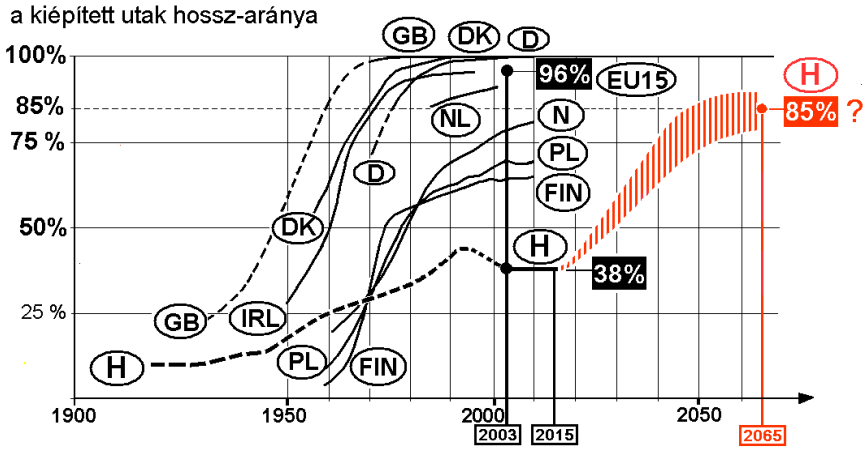
A mai külterületi utak döntő többségét a 19. század első felében mérték ki a földrendezés során, 6-8 m szélességgel. A fejlődés fokozatosan haladt a terepen járt földsávtól a kiárkoláson, kavicsoláson-murvázáson keresztül a valamiféle burkolattal történt ellátásig (19. ábra.). A fokozatos fejlesztések, valamint a bevágásos utak mélyülése miatt nőtt és kis mértékben ma is nő az igénybe vett terület – *de a változást nem mindig követi a földnyilvántartás.* Ez pedig fokozott figyelmet érdemel, mert ha ez egy újabb útfejlesztésnél kiderül, a területvétel vagy kisajátítás hosszan elhúzódhat és ettől mindenki húzódozik. Emiatt aztán volt olyan eset is, hogy útszélesítésnél inkább megalkudtak keskenyebb padkában, sőt 4/4-es (!) rézsűben, csakhogy ne kelljen papíron 0,5 – 1,5 m-es területmegszerzésekkel bajlódni. A műszaki elnyomorodás és a csalások megelőzése érdekében mérlegelni kell valamiféle *egyszerűsítő törvényi tétel kidolgozását* az 1-2 m-es útbővítések megszerzésére. Ehhez az is szükséges, hogy a területtulajdonos belássa: a jobb út által telkének fajlagos értéke növekszik, a termelés önköltsége pedig csökken. Mezőgazdasági szakemberek bevonása is indokolt.



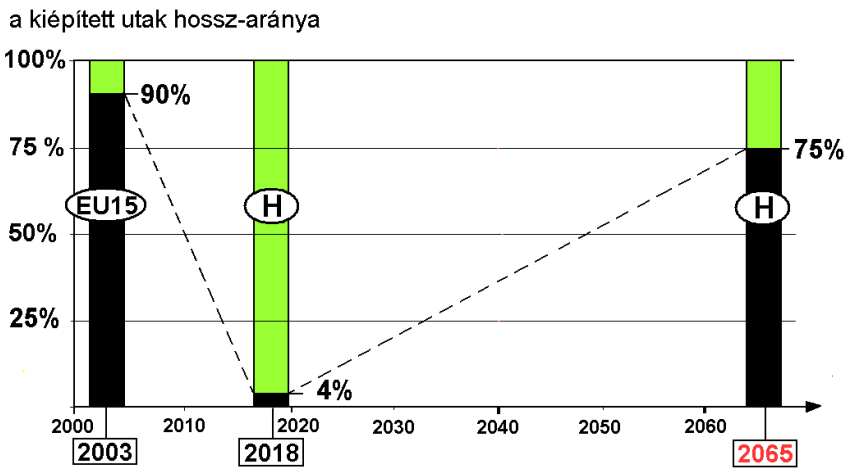
19. ábra: A külterületi közterületek bővülése

2.6.2 A külterületi földutak fejlesztési stratégiája

Történelmi okokból jelentősen lemaradtunk az össz-úthálózatra (és nem csak az állami utakra!) számított útkiépítettségben, ebben még Lengyelország is előttünk jár (20. ábra.). A nemzetközi tényadatok és összehasonlító műszaki-gazdasági elemzés alapján valószínűsíthető, hogy 2065 körüli időre a magyar útkiépítettségi arány eléri a 85%-ot. Egy ilyen ütem nem lehetetlen, hiszen Dánia, Írország és Németország ennél is gyorsabban építette ki útjait a 60-70-es években (21. ábra.). Ez azt mutatja, hogy az előző ábra figyelembevételével Nyugat-Európában a külterületi, a mezőgazdaságot is szolgáló mellékutak kiépítési aránya 90%, míg az ennek nagyjából megfelelő hazai önkormányzati külterületi mezőgazdasági utak kiépítettsége mindössze 4%. Az össz-kiépítettség várható alakulása nyomán a 4% mintegy 75%-ra kell, hogy nőjön 2065-re. Az útépítés tehát átterelődik a helyi külterületi utakra, ami már *ágazati stratégiai kérdés*. A lassan negyedszázados kutatást indokolt az újabb adatokkal kiegészítve megismételni.



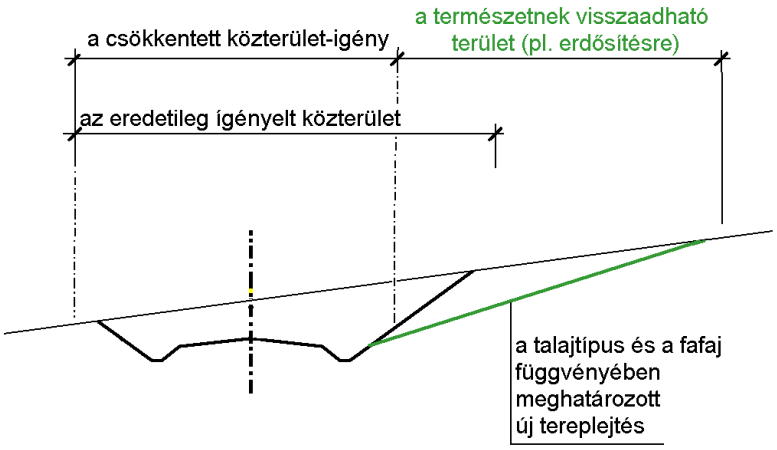
20. ábra: Európai útkiépítettségi grafikonok



21. ábra: A külterületi földutak jövője

2.6.3 A lelaposított rézsű visszaadása a természetnek

Bizonyos terepviszonyok és talajfajták esetén mérlegelni lehetne a meredek rézsű helyett szélesebb, lapos rézsűt kialakítani, és ezt jól kiválasztott fafajjal erdősítve visszaadni a természetnek (22. ábra.). A technikai megoldáson túl az ilyet elősegítő jogi szabályozást is ki kell dolgozni.



22. ábra: A lelaposított rézsű visszaadása

2.6.4 Puffertavacskák létesítése az úti többletvizek késleltetésére

Különösen hosszú lejtőben és kötött talaj esetén van létjogosultsága a víz-visszatartás vagy víz-késleltetés ezen fajtájának. Ilyen tavak – főleg nyugaton – már léteznek, csak megfelelő tájékoztató anyagokkal és szakemberek bevonásával szorgalmazni kellene a szélesebb körű alkalmazásukat a közlekedési szakemberek körében is.

2.6.5 Összehangolás a mezőgazdasági területek vízrendszerével

A rendszerváltást követő mezőgazdasági privatizáció és árokbeszántások hibáin okulva ma már jól halad a mezőgazdasági vízelvezető- és öntöző csatornák fejlesztése. A program azonban nem számol a földutak fokozatos fejlesztésével és ennek kényszerű felszínivíz-koncentráló hatásával, mert ezzel nem jelentkeztünk a társ-szakágaknál. Körültekintő előkészítő- és koordináló munka megszervezése szükséges.

2.6.6 Út menti fasorok-erdősávok ügye

Ezen alakzatok mikroklimatikus hatásai a páratartalom helyi növekedésében és adott esetben hóátfúvások képződésében jelentkeznek, ami a földutak járhatóságát külön-külön is megszüntetheti. Burkolt utaknál a hirtelen előbukkanó páralecsapódás az utat csúszóssá teheti még egy nyári hajnalon is. Erdőtlen vidéken viszont ezeken a területeken tudnak megbújni az apróvadak. Mindezek miatt nagy számú megfigyelés

elemzése alapján közlekedési-, kertész-, erdész és rendőrségi szakembereknek közös álláspontot kellene kialakítani a különböző esetekben alkalmazandó megoldásmódokra vonatkozóan.

2.6.7 Modern „útszéli keresztek”, jel-fák, tájlélek-megjelenítők

Ezek a tájat változatosabbá és kedvesebbé képesek tenni. A meglevő útszéli kereszteknek 10-20 m^2-es zöld „aurát” lehetne teremteni néhány bokorral vagy fával. Új mementókat lehetne alkotni beton posztamensbe erősített lovaskocsi-kerékkel, ekével, körmös traktor kerekével, valódi vagy jelképes hordóval, utalván a táj múltjára vagy jelenére – de sokféle más modern és strapabíró műalkotás is elképzelhető. Egy-egy 100-200 m^2-es fás kisliget, vagy egy egyedül álló nagy fa egy kis szem-pihentető egyediséget vihet a digitalizált mezőgazdasági tájba. Szerencsés esetben a táj „lelkét” is meg tudják jeleníteni ezek az elemek. Országos ötletpályázat, számtalan egyedi megoldás, tájépítészek bevonása is indokolt.

2.6.8 Kis-pihenőhelyek, panoráma-pihenők.

Az előbbi külterületi utak mellett az útpadkán kívül kialakított, 3-4 m széles, néhányszor tíz méter hosszú közterület-bővítmény, akár szilárd burkolat nélkül. Nem csak idegenforgalmi út mentén lenne népszerű. Ezt az útlejárókon rövidebb-hosszabb időre megálló járművek vezetői igazolhatják. Panoráma-pihenők nemcsak idegenforgalmi útvonalakon, hanem bármely településközi útszakaszon kialakíthatók, ha a kilátási adottságok ezt indokolják. A mobilitás mai szintjén és ország-világlátási igény mellett a jól megválasztott panoráma-pontok mindenki számára kedvelt úti célok is lehetnek.

Konklúzió

A publikáció kísérlet arra, hogy ezt a – sok szakmát és a társadalmat is érintő – technikai alakzatot igen széleskörűen átvizsgálva további kutatásokat határozzunk meg. A kutatások végső célja az, hogy milyen módon lehet a közterületeinket jól használhatónak, kellemesebb megjelenésűnek és hosszútávon relatíve gazdaságosnak kialakítani. Ennek komplex megválaszolásához hat szakma szerinti csoportosításban (közlekedés, közművek, építészet-kertészet-utcabútorozás, gazdaság, társadalomtudományok, táji környezetkapcsolatok) 54 feladatot írtunk össze, de a lista minden bizonnyal bővülni fog a kutatási munka során. A résztvevők is elsősorban az említett körökből legyenek, esetenként még további személyekkel (például jogászokkal) kiegészítve. A kutatási jelentések egy része tervezési segédlet szerepet is betölthetne.

Néhány legfontosabb következtetés:

- ”Nulladik” feladat a közterület fogalmának tisztázása
- A humán szempontoknak az eddigieknél szélesebb körben kell érvényesülniük
- A közterületnek adjunk „lelket” a sablonostól eltérő alakkal és berendezési szemlélettel
- Eseti és folyamatos közterületi koordinációra egyaránt szükség van
- A koordináló szerepet a közlekedési szakmának kell vállalnia, de erre fel is kell készülnie.

Irodalomjegyzék

[1] Somfai-Gaál: Különleges előretekintési feladatok az utak világában. Közlekedéstudományi Szemle, 2019. LXIX. Évf. 2. szám, pp. 22-36.

Kamionstop – a magyarországi tranzitútvonal mentén kialakított pihenőhelyek kihasználtság-vizsgálata

Serbán Viktor

KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
telefon: 1/371 58 34
e-mail: serban.viktor@kti.hu

Kivonat: A Magyarországon a kijelölt pihenőhelyeket igénybevevő nemzetközi- és hazai teherforgalom összetételének megismeréséhez 2019 májusában adatfelvételeket készített a KTI az M1 autópálya/M15 autóút - M0 autóút - M5 autópálya/M43 autópálya, által meghatározott tranzitútvonal mentén kialakított pihenőhelyeken, benzinkutakon, valamint a felsorolt gyorsforgalmi úthálózat mentén található magán- és egyéb parkolókban. Az előadás keretein belül ismertetjük az adatfelvételek módszertanát, bemutatjuk a vizsgált parkolók aktuális foglaltságát, az ott parkoló járművek összetételét és honosságát, összevetjük az eltérő mérési napok adatait és bemutatjuk a mérések során tapasztalt személyes észrevételeinket is. A felmért adatokból következtetéseket vonunk le, végül a szolgáltatások fejlesztésre és azok minőségének javítása érdekében iránymutatásokat is megfogalmazunk.

Kulcsszavak: közút, tranzitútvonal, parkoló, tehergépjárműforgalom, kapacitás-kihasználás, honosság, adatfelvétel

Bevezetés

Az adatfelvételek a KTI Közlekedéstudományi Intézet által készített „A Magyarország közútjait használó nehéz-tehergépkocsik külföldi utazási végpontjainak azonosítása és a tömeges kamionos megállások helyszíneinek meghatározása” című tanulmányának keretében készültek el.

Magyarországon a kijelölt pihenőhelyeket igénybevevő nemzetközi- és hazai teherforgalom összetételének megismeréséhez adatfelvételeket készítettünk a 7,5 tonnánál nehezebb tehergépjárművek körében, az M1 autópálya/M15 autóút – M0 autóút – M5 autópálya/M43 autópálya által meghatározott tranzitútvonal mentén és annak 5-10 km sugarú környezetében kialakított pihenőhelyeken, benzinkutakon, valamint a felsorolt gyorsforgalmi úthálózat mentén található magán- és egyéb parkolókban.

A vizsgálat aktualitását a tranzitútvonalak mentén 1990-es évek óta jelentősen megnövekedett forgalom, az Európai Unió által egységesen illetve a szomszédos országok által eltérő módon előírt kötelező pihenőidők kialakítása adja, mivel ezek jelentősen befolyásolták a magyarországi kamionparkolók foglaltságát.

Fontos azonban megemlíteni, hogy a jelenlegi adatfelvételek során a vizsgált pihenőhelyekről csak egy adott időpillanatban vett mintavétel szolgáltat információval, a teljes napi foglaltságról nem rendelkezünk adatokkal, így annak napi lefolyását nem tudjuk belőle megbecsülni.

1. Adatfelvételek módszertana

Adatfelvételek során négy alkalommal jártuk végig személygépkocsival a felsorolt útvonalon található és előre kiválasztott pihenőhelyeket, benzinkutakat és parkolókat. A vizsgálatokat két bejárási útvonalra bontva készítettük el egy átlagos hétvége szombatján (2019. április 27-én és 2019. május 4-én) és vasárnapján (2019. május 12-én), egy átlagos hétköznapon (2019. május 8-án, szerdán), valamint egy hétközi munkaszüneti napon (2019. május 1-én, szerdán).(1. táblázat)

1. táblázat: Felmérési időszakok

DÁTUM	NAP	NAP JELLEGE	KAMIONSTOP	ÚTSZAKASZ	IDŐSZAK
2019. április 27.	szombat	szabadnap	nincs	M0-M1-M15	11:55-21:15
2019. május 4.	szombat	szabadnap	nincs	M0-M5-M43	8:15-17:45
2019. május 1.	szerda	munkaszüneti nap	van	M0-M1-M15	8:30-17:30
2019. május 1.	szerda	munkaszüneti nap	van	M0-M5-M43	7:55-19:32
2019. május 8.	szerda	hétköznap	nincs	M0-M1-M15	8:58-17:15
2019. május 8.	szerda	hétköznap	nincs	M0-M5-M43	7:55-18:00
2019. május 12.	vasárnap	munkaszüneti nap	van	M0-M1-M15	9:35-19:00
2019. május 12.	vasárnap	munkaszüneti nap	van	M0-M5-M43	8:47-17:49

A felmérések során a 7,5 tonnánál nehezebb járműveket szerkezeti kialakításuk és felépítésük alapján négy kategóriába soroltuk:

- I. 7,5-12 tonna közötti megengedett össztömeggel rendelkező 2 tengelyes tehergépjárművek,
- II. 12 tonna feletti megengedett össztömeggel rendelkező 3 tengelyes tehergépjárművek,
- III. 12 tonna feletti megengedett össztömeggel rendelkező, pótkocsival ellátott tehergépjárművek,
- IV. 12 tonna feletti megengedett össztömeggel rendelkező, nyerges vontatóval ellátott vagy speciális kialakítású tehergépjárművek.

A felmérések során a következő adatokat rögzítettük az egyes mérési helyszíneken a 1. ábra által szemléltetett felmérőlapra:

- a számlálás helyszíne
- a számlálás időpontja
- a parkoló férőhely-kapacitása[1][db]
- a parkoló járművek darabszáma a kiválasztott négy járműkategória szerint, a vontatójármű honossága alapján elkülönítve [db].

[1] A parkoló férőhely-kapacitását a kijelölt parkolóhelyek száma adja meg. A magánparkolók férőhely-kapacitását általában a helyszínen tapasztaltak álapján becsléssel határoztuk meg.

KÖZÚTI RENDSZÁMRÖGZÍTŐ LAP Lapszám:

Számlálás, pihenőhely neve: .....

Férőhely száma: felfestett nem felfestett 2019 Nap: H K Sz Cs P V

Forgalom iránya: .....-ról .....felé

IDŐPONT		KÖZEPESEN NEHÉZ, NEHÉZ											PÓTKOCSIS,NYERGES, SPECIÁLIS										
óra	perc	J 3											J4										
		5									6		7									8	9
Magyar: HU											összes:											összes:	
Román:RO											összes:											összes:	
Osztrák:A											összes:											összes:	
Szlovák:SK											összes:											összes:	
Lengyel:PL											összes:											összes:	
Horvát:HR											összes:											összes:	
Szerb:BSG											összes:											összes:	
Bolgár:BG											összes:											összes:	
Német:D											összes:											összes:	
Olasz:I											összes:											összes:	
Cseh:CZ											összes:											összes:	
Török:TR											összes:											összes:	
Szlovén:SLO											összes:											összes:	
Orosz:RUS											összes:											összes:	
Görög:GR											összes:											összes:	
Holland:NL											összes:											összes:	
Francia:F											összes:											összes:	
Litván:LT											összes:											összes:	
Észt:EST											összes:											összes:	
Lett:LV											összes:											összes:	
Spanyol:E											összes:											összes:	
Portugál:P											összes:											összes:	
Belgium:B											összes:											összes:	
Bosnyák BIH											összes:											összes:	
Albán: AL											összes:											összes:	
Ukrán: UA											összes:											összes:	

1. ábra: A méréseken használt közúti rendszámrögzítő lap

A felméréseket általában Budapestről indulva egy előre meghatározott útvonalat végigjárva, az út mentén található pihenőhelyeket sorra felkeresve végeztük el. A pihenőhelyek adatai egy adott mérési nap egy időpontjáról tartalmaznak információt és a pillanatnyi foglaltságát reprezentálják (2. ábra).

A járművek honosságát mindig a vontató jármű rendszáma alapján azonosítottuk és rögzítettük a felmérőlap megfelelő cellájába.

2. ábra: Az M5 autópálya mellett, Kecskemét, Talfája külső településrész térségében található Viola eszpresszó magánparkolójának foglaltsága 2019. május 12-én, vasárnap 12:00-kor

A hosszabb és rövidebb várakozásra vagy a hivatalos pihenőidő eltöltésére alkalmas felmérési helyszíneket a vizsgált útvonal mentén elhelyezkedésük és funkciójuk alapján három nagyobb csoportba soroltuk:

- I. csoport: autópályán vagy autóúton közvetlenül kialakított benzinkút vagy pihenőhely,
- II. csoport: az útvonal 10 km sugarú körzetén belül található magánparkoló,
- III. csoport: az útvonal 10 km sugarú körzetén belül kialakított parkoló vagy benzinkút.

Az előkészítési fázisban kijelölt 115 helyszín közül a felmérés elvégzésével 105 parkoló esetében tudunk érdemi elemzéseket végezni (3. ábra). A fel nem mért parkolókba a helyszíni bejárások során a bejutás nem volt lehetséges.

3. ábra: Mérési helyszínek az M1 autópálya és M15 autóút térségében

2. Az adatfelvételek összefoglalása

A kamionos parkolókban az elérhető szolgáltatások színvonala, a díjszabás és a biztonság vagy bizonyos esetekben a megszokottság is nagyban befolyásolják a parkolóhely választást. A mérések folyamán végzett megfigyeléseink alapján elmondható, hogy bizonyos magánparkolókban a várakozó tehergépkocsik honosságuk tekintetében általában egy-két országra korlátozódnak.

2. táblázat: Vizsgált helyszínek darab- és férőhelyszáma útszegmens és a pihenőhely jellege alapján

PIHENŐHELY JELLEGE	ÚTSZEGMENS M1 autópálya		ÚTSZEGMENS M15 autóút		ÚTSZEGMENS M0 autóút		ÚTSZEGMENS M5 autópálya		ÚTSZEGMENS M43 autópálya		ÚTSZEGMENS M1-M7 autópálya		ÖSSZESEN	
	DB	FÉRŐHELY	DB	FÉRŐHELY	DB	FÉRŐHELY	DB	FÉRŐHELY	DB	FÉRŐHELY	DB	FÉRŐHELY	DB	FÉRŐHELY
AUTÓPÁLYA BENZINKÚT PARKOLÓ	12	240					12	286			2	10	26	536
AUTÓPÁLYA PIHENŐ PARKOLÓ	13	68					6	78	5	63			24	209
AUTÓPÁLYA TENGELYSÚLY-MÉRŐHELY PARKOLÓ	2	82							2	26			4	108
AUTÓÚT BENZINKÚT PARKOLÓ					6	142							6	142
AUTÓÚT HATÁRÁTKELŐHELY PARKOLÓ			1	100									1	100
NEM KÖZVETLENÜL GYORSFORGALMI ÚT MELLETTI ÁRUHÁZI PARKOLÓ							2	40					2	40
NEM KÖZVETLENÜL GYORSFORGALMI ÚT MELLETTI BENZINKÚT PARKOLÓ	6	71			2	8	3	143	2	26			13	248
NEM KÖZVETLENÜL GYORSFORGALMI ÚT MELLETTI PARKOLÓ	3	68			2	65	1	13					6	146
NEM KÖZVETLENÜL GYORSFORGALMI ÚT MELLETTI MAGÁNPARKOLÓ	8	824			4	400	9	665	2	170			23	2059
ÖSSZESEN	44	1353	1	100	14	615	33	1225	11	285	2	10	105	3588

A négy megadott napon és időszakban lebonyolított adatfelvételünk során összességében 105 db parkolót kerestünk fel és jártunk végig, melyek összesen 3588 férőhellyel rendelkeznek. Közülük a legnagyobb befogadóképességű a Hedoti Autohof Győr magánparkoló, mely 250 férőhellyel rendelkezik, míg a közvetlenül a vizsgált gyorsforgalmi útszakaszok közül a Szigetszentmiklós OMV benzinkút pihenőhely, Szeged felé vezető oldali pihenője rendelkezik a legtöbb, 52 db parkolóhellyel (2. táblázat).

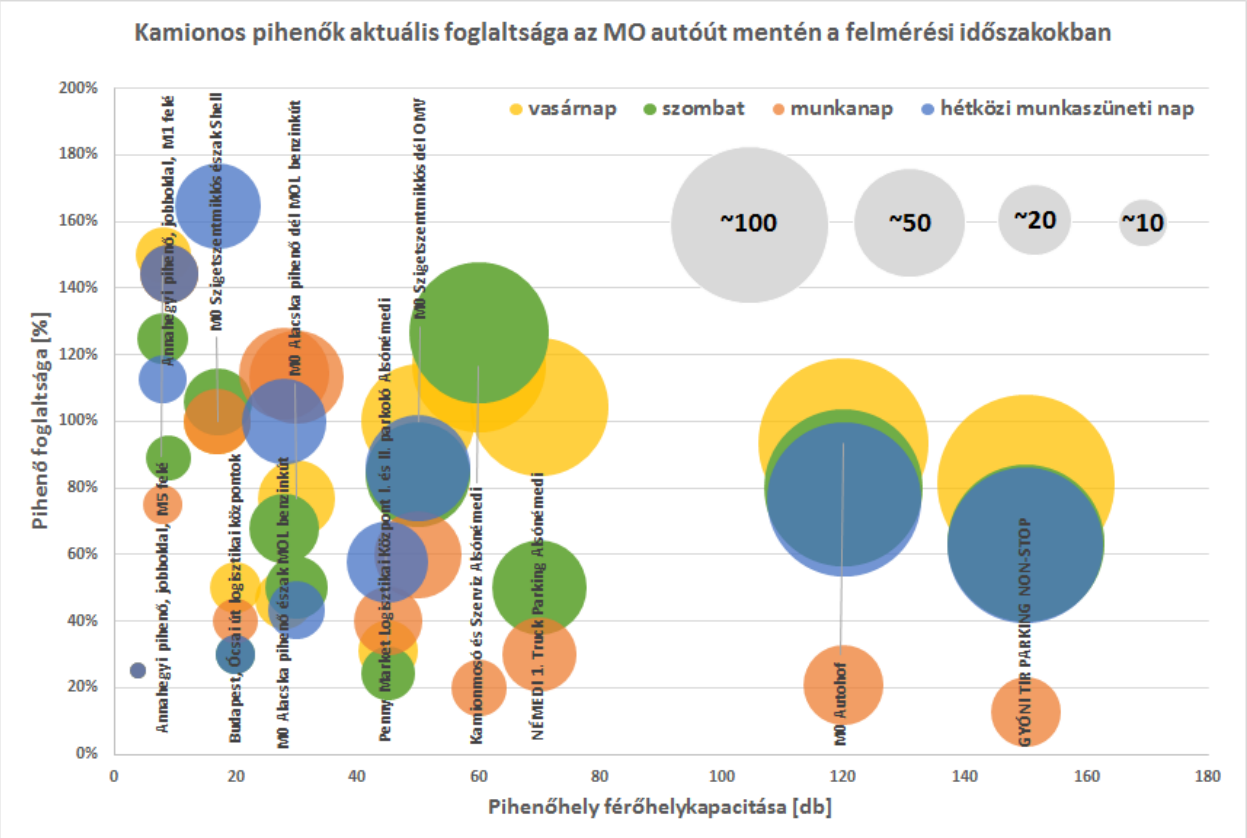
A mérések során közvetlenül az autópályák és az M0 autóút mentén 61 pihenőt, benzinkutat vagy tengelysúlymérő állomást, míg azok környékén 23 magánpihenőt és 21 benzinkutat, áruházi parkolót vagy út menti parkolót kerestünk fel és vizsgáltunk meg, ahol a gépkocsivezetők számára előírt pihenőidőt szabályos keretek között lehet eltölteni.

A vizsgált tranzitútvonalak melletti pihenőhely-kapacitás 57%-a magánparkolókban (2059 db) érhető el, míg csak közel 31%-a vehető igénybe közvetlenül a gyorsforgalmi út mellett (1095 db).

3. Adatfelvételek eredményei

Kapacitáskihasználtság tekintetében a vasárnapi adatfelvételek során az M0 autóút (4. ábra) mellett mértük a legmagasabb, 86 %-os kihasználtságot, míg a legtöbb parkoló járművet az M1 autópálya mentén számláltunk meg. A legalacsonyabb kihasználtsága az M43 autópálya melletti pihenőhelyeknek volt, nem érte el a 43 %-ot sem. Az autópálya benzinkutak és pihenőhelyek közül is a legnagyobb zsúfoltság az M1 autópályán volt tapasztalható, ahol ez az érték meghaladta a 146%-ot is, míg a magánpihenők tekintetében az M5 autópálya melletti magánpihenők üzemelnek nagyobb foglaltsággal (65 %).

2019. május 1-én a legmagasabb kihasználtság szintén az M0 autóút mentén volt (57,4 %), de értéke csak minimálisan marad el az M1 autópálya parkolóinak leterheltségétől. Az arányokat minden esetben a magánparkolók alacsony kihasználtsági értéke csökkentette le.



4. ábra: Kamionos pihenők aktuális foglaltsága az M0 autóút mentén a felmérési időszakokban

A szombati mérési napon szintén az M0 autóút melletti pihenők leterheltsége volt a legnagyobb, meghaladta a 70 %-ot is, míg a legtöbb parkoló kamion, mint mindig, most is az M1 autópálya szomszédságában parkolt.

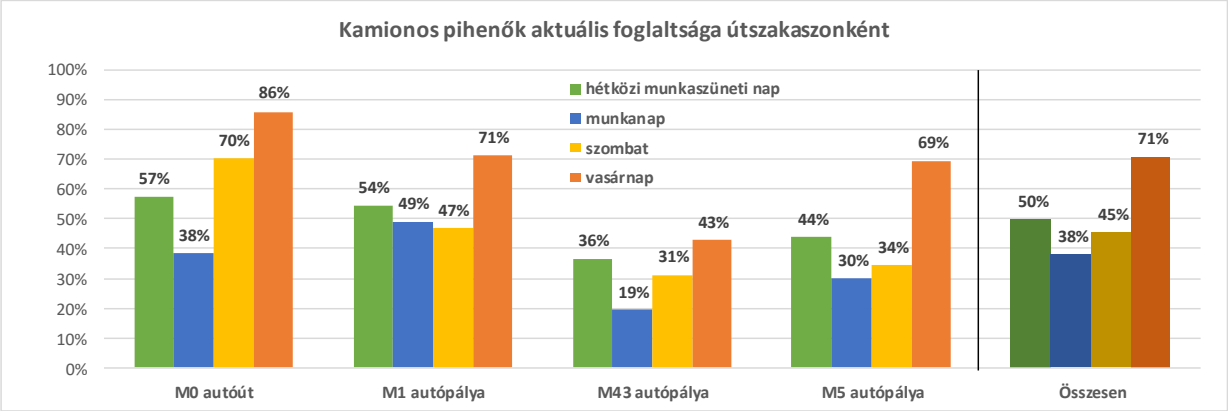
A hétköznapi mérési nap volt az egyetlen, amikor nem az M0 autóút menti pihenők kihasználtsága volt a legerősebb, hanem az M1 autópályáé, ahol közel 10 % különbség adódott.

A felmért útszakaszok foglaltsági értékei alapján a pihenőhelyek szempontjából a legerősebb nap a vasárnap, ezt követi a hétközi munkanap, majd a szombat, míg a legalacsonyabb kihasználtságot egy átlagos munkanapon mértünk. Az imént említett sorrendben az M0 autóút és az M1 autópálya esetében eltérést tapasztaltunk. Az M1 autópályán a munkanapi foglaltság, ha egy kevéssel is, de erősebb a szombatinál, míg az M0 autóút mentén, a szombati napon többen parkoltak a pihenőkben, mint a hétközi munkaszüneti napon, 2019. május 1-én (5. ábra).

A 2019. május 1-jei hétközi munkaszüneti napon, 30 pihenőhelyen volt teltház vagy túlzsúfoltság, a legtöbb kamion, az M15 autóút szlovák határ előtti parkolóját nem számítva (itt közel 90 db kamion várt kilépésre), a hegyeshalmi Autohof Kamion magánparkolóban tartózkodott, szám szerint 79 db.

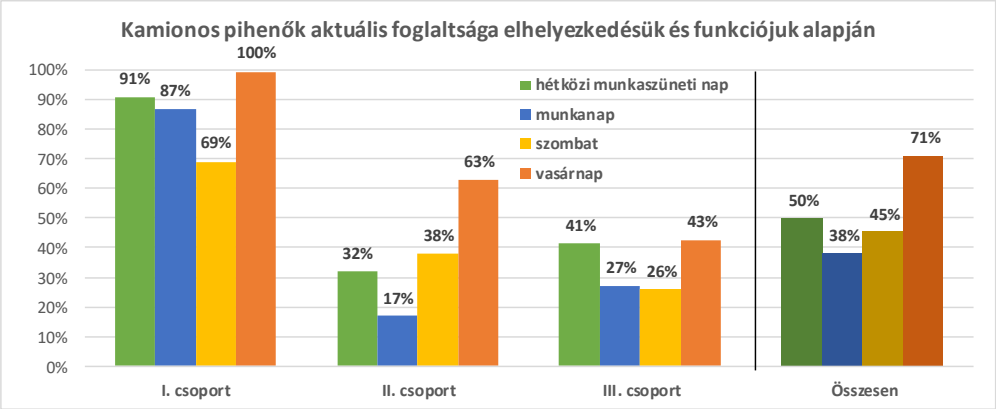
Munkanapon 31 pihenőben tapasztaltunk 100 % vagy annál magasabb kihasználtságot, míg a Moson pihenőben tartózkodtak a legtöbben, a mérés idején 72 db kamion parkolt.

Szombaton 18, vasárnap pedig 32 pihenőhelyen volt teltház vagy túlzsúfoltság, a legtöbb kamion pedig mindkét alkalommal a Hedoti Autohof Győr magánparkolóban pihent, szám szerint rendre 115 és 134 db.



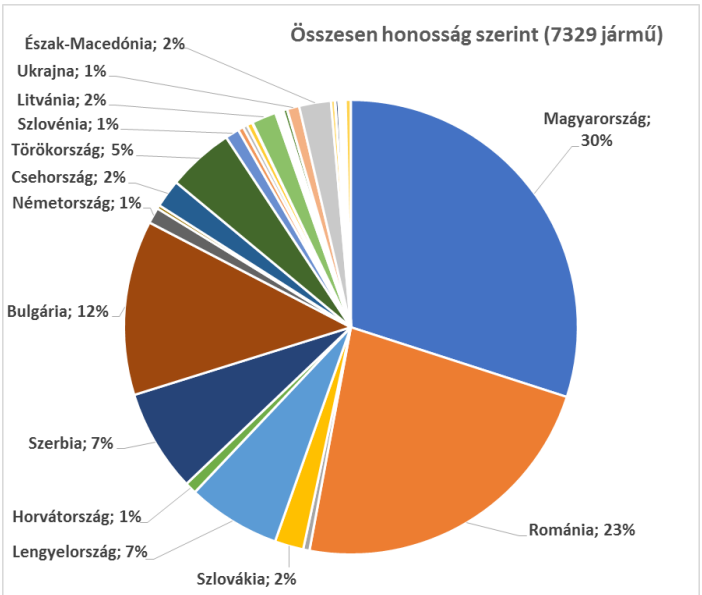
5. ábra: Kamionos pihenők aktuális foglaltsága útszakaszonként, a pihenőhely besorolása alapján

Ha a pihenőhelyek felmért adatait elhelyezkedésük és funkciójuk alapján megalkotott három nagyobb csoportba sorolva vizsgáljuk, abban az esetben egyértelműen kirajzolódik, hogy minden egyes mérési napon, az autópályán vagy autóúton közvetlenül kialakított benzinkút vagy pihenőhelyen kaptuk a legmagasabb foglaltsági értékeket (6. ábra).



6. ábra: Kamionos pihenők aktuális foglaltsága útszakaszonként, a pihenőhely besorolása alapján

A pihenőhelyeken várakozó járműveket honosságuk szerint vizsgálva látható, hogy a kamionok közül közel minden harmadik magyar, míg majdnem minden negyedik román felségjelű. Számottevő arányt képviselnek a bolgár, a lengyel, a szerb, és még a török rendszámú kamionok is. A fennmaradó 16%-ot, nyolc ország tehergépjárművei alkotják.

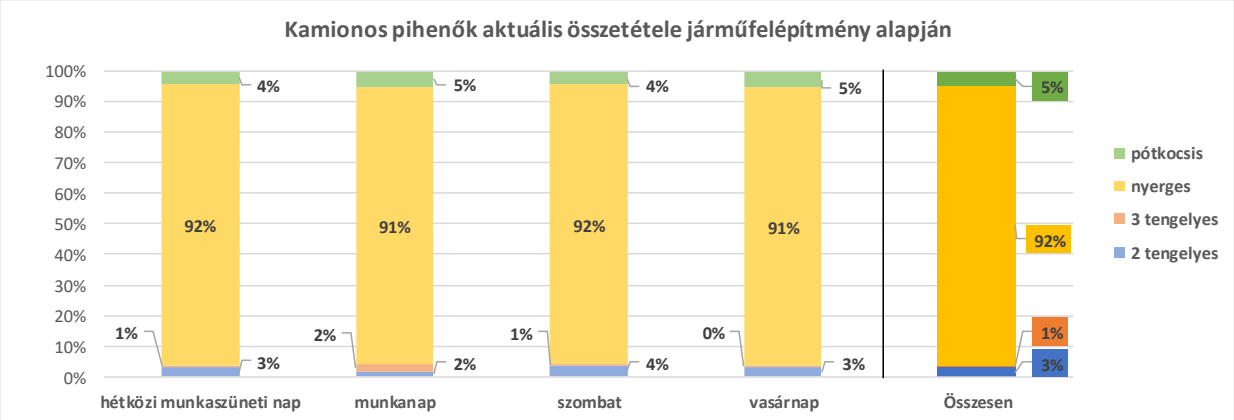


7. ábra: Az adatfelvételek során rögzített járművek megoszlása honosságuk alapján

A felmérések napjai között, honosság alapján kisebb-nagyobb eltéréseket tapasztaltunk, szombaton a magyar rendszámú kamionok 43%-os arány tesznek ki (arányuk átlagosan 30%), míg munkanap a román felségjelű járművek voltak a legnagyobb arányban a pihenőkben (29 %). Átlagban minden második jármű az előbb felsorolt két nemzet járművei közül tartózkodik a pihenőkben, ez az arány egy normál hétköznapi munkanapon még magasabb, közel 62% (7. ábra).

A lengyel kamionok aránya hétköznap volt a legmagasabb, közel 11%, míg a bolgár felségjelű kamionok vasárnap arányosan kétszer annyian vannak, mint munkanapon. A török kamionok minden felmérési napon nagyjából 5 %-os arányt képviselek.

A parkoló járművek döntő hányada, felépítmény alapján összességében nyerges vontató (91,6 %), vagy pedig 12 tonna össztömeg feletti pótkocsis tehergépkocsi (4,7 %). A 7,5-12 tonna össztömeg közötti járművek aránya átlagban 2,85 %-ot tesz ki. A felmérési napok között ugyanakkor nem lelhetők fel lényegi eltérések a járműfelépítmények szerinti szétosztás arányában (*8. ábra*).



8. ábra: Kamionos pihenők aktuális összetétele járműfelépítmény alapján

A pihenőhelyen felmért adatainkat összevetettük egy 2009. évben készült tanulmánnyal [1], melynek keretein belül készített akkori felmérés célja az volt, hogy a közúthálózat szállítási főirányain rendelkezésre álló parkolók kihasználtságáról átfogó képet kapjanak. 2009.09.23-10.04 között az M0 autóúton 6 parkolóban és az M1 autópályán 13 parkolóban végeztek adatfelvételeket. A felmérésből a munkanapi és a hétvégi teherforgalomra is következtetni kellett, ezért a parkolók forgalmát erre a két naptípusra vizsgálták.

A fenti tanulmány keretén belül felmért 2009. évi adatokat összehasonlítva a 2019. évi saját méréseinkkel, azonos napokat és óraközöket tekintve, a következő megállapításokat tehetjük:

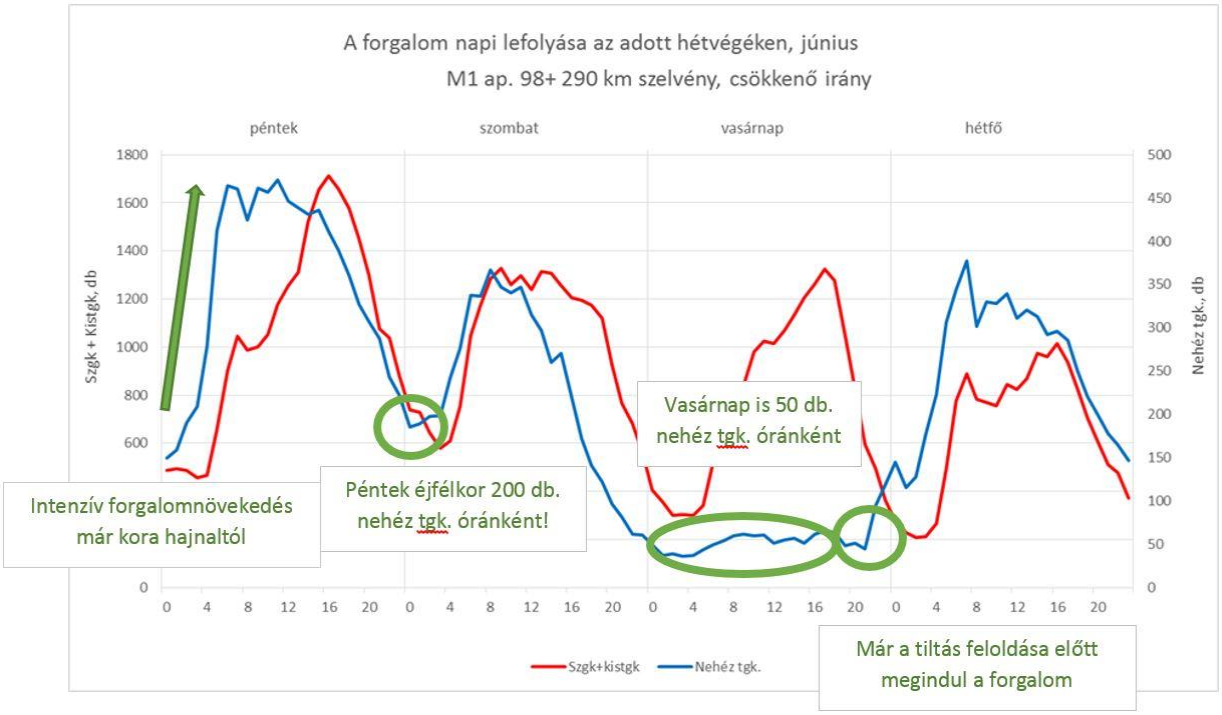
- a parkolók befogadó képessége a két felmérés között eltelt 10 év alatt érdemben nem változott,
- hétköznap és hétvégi napokon is, szombaton és vasárnap egyaránt az M1 autópálya menti pihenőhelyek mindegyikében jelentősen nőtt a parkoló járművek száma, kiemelkedik hétköznap az Arrabona pihenőhely, itt mindkét irányban 2-3-szoros kapacitás-kihasználtságot tapasztaltunk,
- hétköznap és vasárnap is az M0 autóút mentén levő parkolókban korábbi kapacitás kihasználás mintegy kétszeresét tapasztaltunk, itt kiemelkedik a Szigetszentmiklós M5 autópálya irányában található pihenőhely, ahol a kihasználtság növekedés eléri a háromszoros értéket,
- a régebben készült tanulmányhoz nem készült adatfelvétel az autópályák és az autóutak 5-10 km-es sugarában található parkolók kihasználtságáról, így azokat a saját méréseinkkel nem tudjuk összevetni, és az esetleges átrendeződésekről sem tudunk érdemben nyilatkozni.

4. Az adatfelvételek során szerzett személyes tapasztalatok és észrevételek

A következőkben az adatfelvételek során a felmérést végző személyzet észrevételeit soroljuk fel:

- az autópályákon és az autóutakon a határátkelőhelyek körzetét kivéve minimális rendőri jelenlétet tapasztaltunk, ugyanakkor fontosnak tartanánk, hogy időnként a pihenőidők és a kamionstop idejére érvényes korlátozások pontos betartását szigorúbban ellenőrizzék a közúthálózaton, a mérések idején szúrópróba szerű ellenőrzést csak az M43-as autópálya M5 autópálya felé vezető oldalán tapasztaltunk a Kéthalmi pihenőhely/tengelysúlymérő állomáson,
- számos kamion távozik a pihenőhelyekről a kamionstop végezte előtt már pár órával is és a kamionstop ellenére is jelentős számú kamionnal találkoztunk a közúti forgalomban,

- az előző megállapítást az M1 autópálya egy kiválasztott keresztmetszetben végzett vizsgálat is alátámasztja, ahol szemmel látható, hogy a nehéz tehergépkocsi forgalom a korlátozás időszakának vége előtt egy-két órával már folyamatosan növekedni kezd, azaz a 9. ábra alapján megállapítható, hogy a szabálykövetés szintje alacsony,



9. ábra: Forgalom napi lefolyása az M1 autópálya egy kiválasztott keresztmetszetében

- láthatóan a gyorsforgalmi úthálózaton és a pihenőhelyeken is egyaránt túlsúlyban vannak a kelet-európai honosságú kamionok, azaz minden tizedik tehergépkocsi nyugat-európai honosságú,
- az M1 autópálya menti pihenőhelyek hétköznap telítettebbek, mint hétvégén (pl. 05.04-én, szombaton a Lajtai pihenőnek nagyon alacsony volt kihasználtsága volt, míg 05.08-án, szerdán majdnem tele volt),
- az M1 autópálya forgalma is jóval nagyobb volt hétköznap, mint hétvégén (mind a személygépkocsik, mind a kamionok tekintetében) és a kamionok többségét a román és lengyel honosságú kamionok alkotják,
- pihenőhelyek hiányában 05.08-án, szerdán, több helyen is sok szabálytalanul várakozó kamionnal találkoztunk, de ez jellemzően inkább a kisebb kapacitású pihenőhelyekre volt jellemző, de a lezárt pihenőkben is felbukkan 1-2 várakozó jármű,
- az M15 autóúton Rajkánál (kifelé) és a Lajtai pihenőben is rengetegen álltak, nem volt egyértelmű, hogy pihennek-e vagy ellenőrzésre várnak,
- az M5 és az M43 autópályák esetében a határhoz közel várakozó kamionok esetében engedély híján nem volt lehetőségünk egyik irányban sem részletesebb számlálásokat és méréseket végezni,
- ahhoz, hogy teljes képet kapjunk a tranzitforgalom pihenőhely igénybe vételének szokásjellemzőiről, szükség lenne még további vizsgálatokra a Magyarországot érintő egyéb tranzitútvonalak mentén is,
- ez alapján tervezni lehetne, hogy hol és melyik útszakaszokon lenne szükség új parkolók kialakítására, hol lenne szükség a kapacitás bővítésére és milyen szolgáltatási színvonal-növelő intézkedések bevezetésével lehetne ösztönözni a járművezetőket az autópálya elhagyására.

Konklúzió

Az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált útvonalon (M1 – M0 – M5 – M43) elhelyezkedő kamionparkolók jelentik a vizsgált útszakaszokon közlekedő nehéz tehergépjárművek vezetőinek a pihenőidő eltöltésére alkalmas elsődleges célpontját. Ennek következtében – magától értetődően – ezek a parkolók töltődnek fel leghamarabb, hétköznap és a nehézjárművek forgalmát korlátozó „kamionstop” kezdetekor egyaránt. Az a tény viszont már kevésbé egyértelmű, hogy a fő útirányról letérést jelentő

parkolóhelyek igénybevételére csak ritkán kerül sor, még akkor sem választják ezt a gépjármű vezetők, ha ott minőségi szolgáltatást tudnak igénybe venni, valamint a kitérő minimális út- vagy menetidő hosszabbodást sem jelentő 1-2 km-t sem éri el. A járművezetők a tapasztalatok alapján inkább választják a szabálytalanság határát súroló várakozást a pihenő helyek be- és kihajtó útjainak mentén, az üzemanyag töltő állomások átvezető útjai mellett vagy jelöletlen út menti, megállásra alkalmas, de szolgáltatásokat nélkülöző helyszíneken. Az okok részletesebb megismerésének érdekében további (a jelenlegi projekt keretében nem alkalmazott), például a járművezetők utazási szokásjellemzőkre is kitérő vizsgálatokat igényelnének, mely eredményeket később figyelembe lehetne venni a pihenő- és a parkolóhelyek további infrastrukturális és informatikai fejlesztésének tervezésekor.

Mindemellett az is látható volt, hogy a kamionos parkolókban az igénybe vehető szolgáltatások színvonala, a díjszabás mértéke és a biztonság mellett bizonyos esetekben a megszokottság is nagyban befolyásolja a parkolóhely választást.

Irodalomjegyzék

[1] Dinamikus információs szolgáltatások/2009 - Valósidejű dinamikus információs szolgáltatások /parkolók megfigyelő rendszerének kialakítása, foglaltság monitoringja, ajánlások, navigáció, stb./ a teherforgalom számára a közúthálózat szállítási főirányain - Megvalósíthatósági tanulmány; 2007-EU-50010-P számú EASYWAY című TEN-T támogatású projekt; 3. kötet; A parkolás felvétel kiértékelése; Készült az Állami Autópálya Kezelő ZRT megbízásából.

Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata

Kádi Ottó - Józsa Bálint

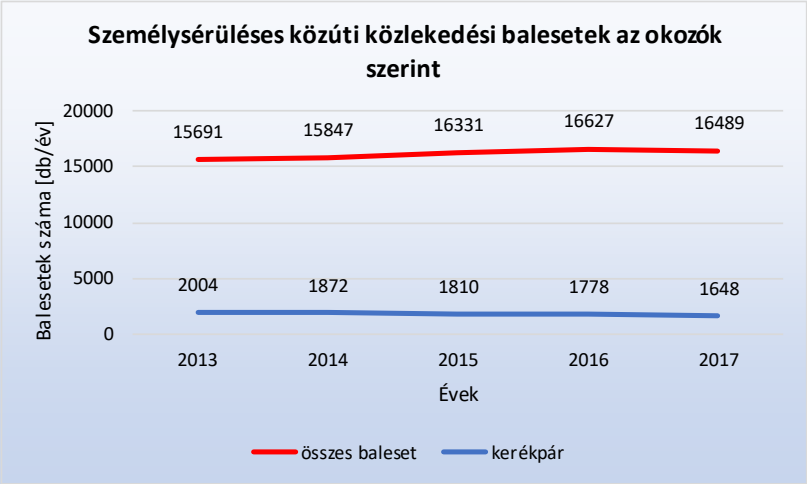
FŐMTERV Mérnöki Tervező Zrt.
Forgalomtechnika Iroda
telefon: 1/345-9686, 1/345-9756
e-mail: kadi.otto@fomterv.hu, jozsa.balint@fomterv.hu

Kivonat: A kerékpáros közlekedéssel szemben támasztott igények, a fenntartható közlekedés biztosítása érdekében 2010 óta számos jelentős jogszabályi, illetve forgalomtechnikai intézkedésre – részben külföldi példák alapján – került sor, melyek a nagyobb kapacitás és jobb elérhetőség mellett a közlekedésbiztonság javítását is célozták. Ezek például a nyitott kerékpársávok, az egyirányú utcák megnyitása ellenirányban a kerékpárosok számára, vagy itt említhetjük például a fordított ferde parkolás bevezetését is. Tekintettel a létesítmények sokszínűségére szükséges ezek baleseti szempontú elemzése. Jelen cikk a 2013-2017 évekre vonatkozó budapesti kerékpáros baleseti vizsgálat eredményeinek rövid összefoglalását és megállapításainak bemutatását tűzi ki célul.

Kulcsszavak: kerékpár, baleset, értékelés, Budapest, közlekedés, év, vizsgálat, költség

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben hazánkban mind a kerékpáros utazások száma, mind a közlekedésbiztonság iránti igény megnövekedett. A közlekedési balesetek áldozatai számának 2050-ig történő nullára csökkentésére irányuló „nulla halálos áldozat” céljának megvalósítása az EU határozott elképzelései közé tartozik. Általánosságban elmondható, hogy Európa közútjai biztonságosabbá váltak, azonban évente mégis több, mint 20 ezer ember veszti életét az európai közutakon, és mintegy 135 ezer ember szenved súlyos sérülést. A halálos balesetek között külön említendő, hogy azok körülbelül felét a gyalogos és kerékpáros balesetek teszik ki. Ugyan a trendek kedvező képet mutatnak, de hazánkban a fajlagos (egymillió lakosra vetített) halálos kerékpáros balesetek száma még így is magas, személysérüléses közúti közlekedési balesetek száma pedig csak 2017-ben indult csökkenésnek.



1. ábra Személysérüléses közúti balesetek
forrás: www.ksh.hu

1. Módszertani áttekintés

A vizsgálat során megkülönböztetjük az alábbi kerékpáros létesítményeket:

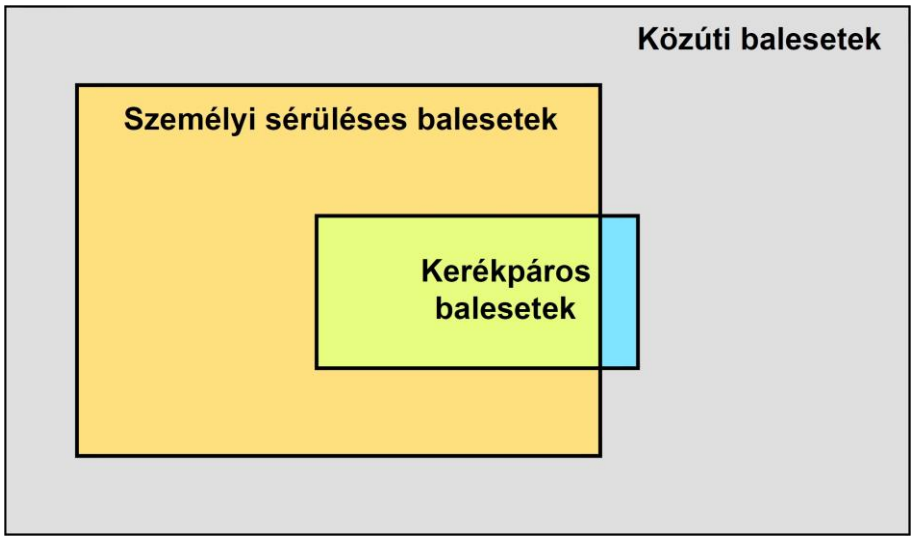
- Kerékpáros létesítmények nélküli közutak.
- Általánosan használt, ajánlott (nem kijelölt) kerékpáros útvonalak.
- Kerékpáros létesítmény úttesten (kerékpársáv / nyitott kerékpársáv / kerékpáros nyom / közös használatú buszsáv).

- Kerékpáros létesítmény úttesten kívül (kerékpárút / elválasztott gyalog- és kerékpárút / elválasztás nélküli gyalog- és kerékpárút stb).
- Kerékpárral két irányból is használható egyirányú közút.

A vizsgálat során figyelembevételre kerülnek többek között például:

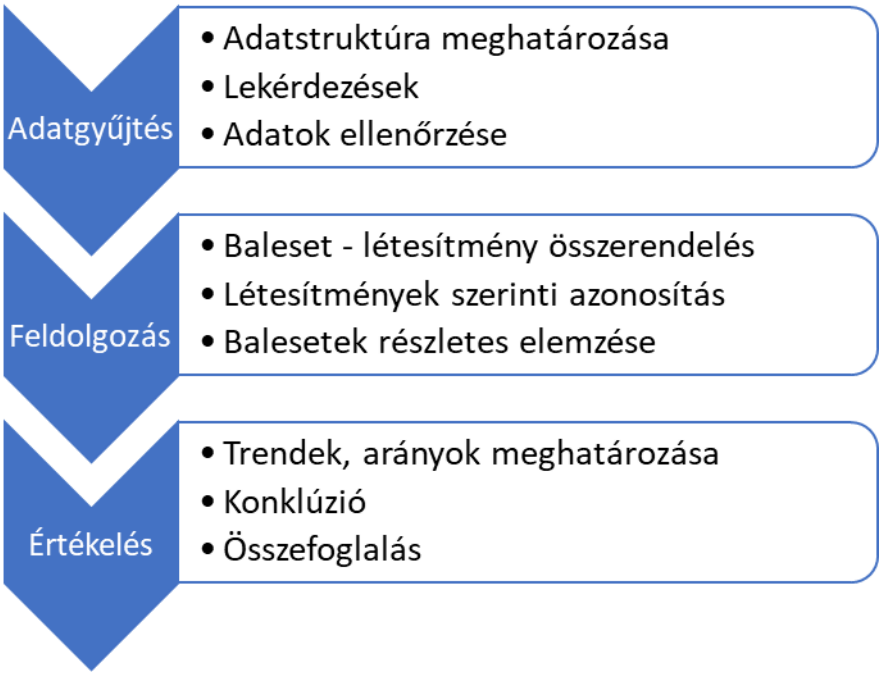
- típus
- kimenetel
- okozó
- időjárási körülmények
- stb-stb.

A vizsgálat azokkal a személyi sérüléses balesetekkel foglalkozik, melyek okozója vagy résztvevője volt kerékpáros.



2. ábra Vizsgált balesetek lehatárolása

A vizsgálat módszertanát és főbb lépéseit a következő ábra mutatja be:



3. ábra Vizsgálat módszertani összefoglalása

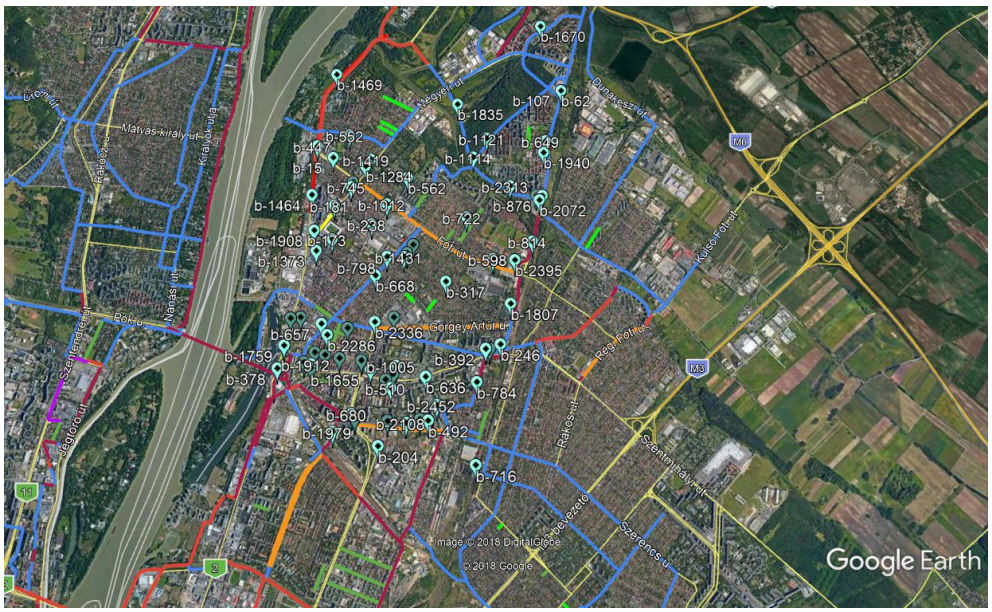
Baleseti adatbázis

A vizsgálati időszak baleseti adatai a WEB-BAL adatbázisából kerültek lekérdezésre, melyet a Budapesti Közlekedési Központ Zrt. (BKK) egy olyan adatbázisa egészített ki, mely a balesetek rövid szöveges leírását is tartalmazza. A balesetek helyszínei megjeleníthetők Google Earth-ben is.

4. ábra Budapesti kerékpáros balesetek (I. kerület)

Infrastruktúra adatbázis

A Budapesten található kerékpáros infrastruktúrákról egységes adatbázis jelenleg nincsen. Több olyan internetes felület létezik, melyen önkéntes csapatok (pl.: mozgasvilag.hu vagy a merretekerjek.hu csapata), önszorgalomból összegyűjtik és rendszerezik azokat. Kerékpáros infrastruktúra kialakítására több illetékes szervnek is van lehetősége (fővárosi forgalomtechnikai kezelő, kerületi önkormányzat stb.), így egy hiánytalan adatbázis létrehozása komoly háttérmunkát igényelne. A vizsgálathoz használt infrastruktúra adatbázis alapját a mozgasvilag.hu csapata által készített 2017-es kerékpáros térkép képezte, kiegészítve merretekerjek.hu portálon elérhető kerékpáros térképpel, illetve egy a BKK-tól kapott ellenirányban megnyitott egyirányú utcák adatbázisával.
A balesetek mellett a kerékpáros infrastruktúra is megjelenthető a Google Earth-ben, melyet a következő ábra szemléltet.



5. ábra Budapesti kerékpáros balesetek infrastuktúrákkal együtt (IV. kerület)

2. Eredmények

A rendelkezésre álló regisztrált adatok alapján Budapesten 2013.01.01-2017.12.31 között 2430 személyi sérüléssel járó kerékpáros baleset (min. 1 résztvevő kerékpáros) történt.

Az elemzéshez a kerékpáros infrastruktúrák négy csoportra lettek bontva:

- járdán vezetett létesítmény:
  - kerékpárút,
  - elválasztott gyalog- és kerékpárút,
  - elválasztás nélküli gyalog- és kerékpárút,
  - járdán, a gyalogúton haladó, vagy kevésbé megkülönböztetett kerékpárút,
- közúton irányhelyesen vezetett létesítmény:
  - kerékpársáv,
  - nyitott kerékpársáv,
  - kerékpáros nyom,
  - közös használatú buszsáv,
- közúton ellenirányban vezetett létesítmény – kerékpárral két irányból is használható egyirányú közút,
- ajánlott kerékpáros útvonal – nincs kijelölt infrastruktúra, de a kerékpáros portálok ajánlják közlekedésre,

Minden az elemzéshez használt infrastruktúra mellé meghatározásra kerültek a következő adatok:

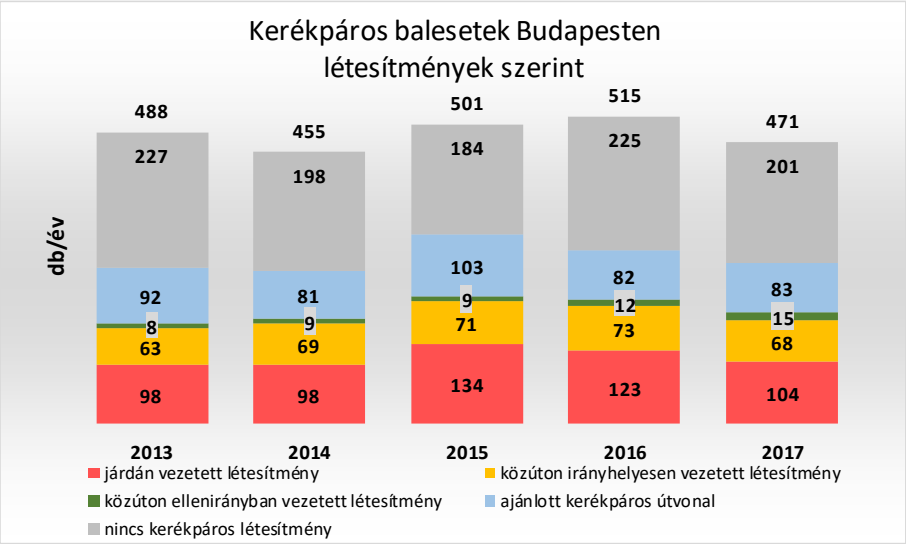
- az infrastruktúra hossza [km],
- létesítés évszáma,
- kerékpáros forgalom [db/nap] – EFM forgalmi modell alapján.

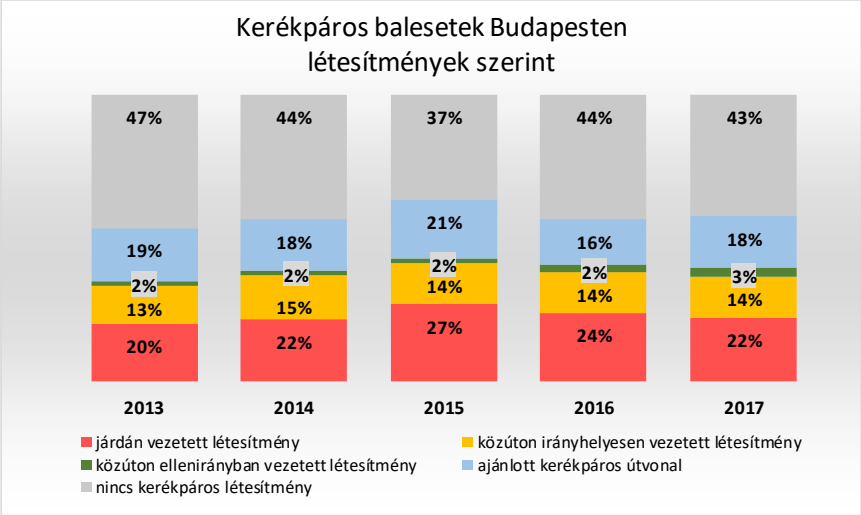
A meglévő adatok alapján, minden infrastruktúrához kiszámítható volt az adott szakasz jellemző forgalmi adata [jkm/nap].

Összességében vizsgálva a balesetek:

- kb. 43-47%-a történik olyan közúton, ahol nincs kerékpáros létesítmény,
- kb. 16-20%-a történik olyan közúton, ami ajánlott kerékpáros útvonal,
- kb. 2-3%-a történik közúton ellenirányban vezetett kerékpáros létesítményen,
- kb. 13-15%-a történik közúton irányhelyesen vezetett kerékpáros létesítményen,
- kb. 20-27%-a történik járdán vezetett kerékpáros létesítményen.

Érdemi évenkénti változás a létesítmények tekintetében nem mutatkozik.

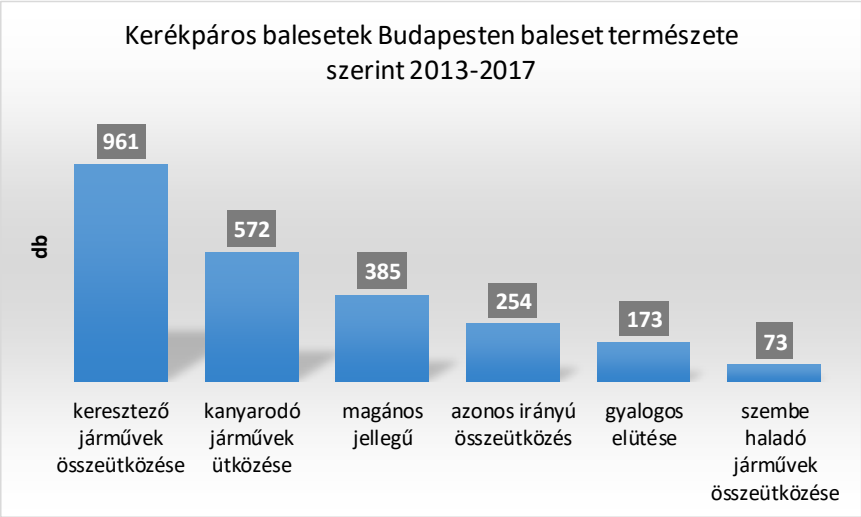


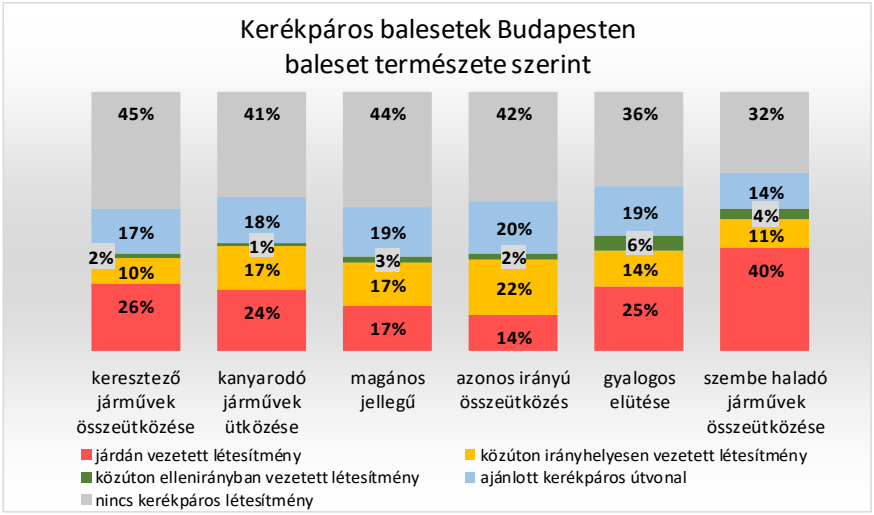


6. ábra Kerékpáros balesetek Budapesten létesítmények szerint

Baleset természete szerint a kerékpáros balesetek

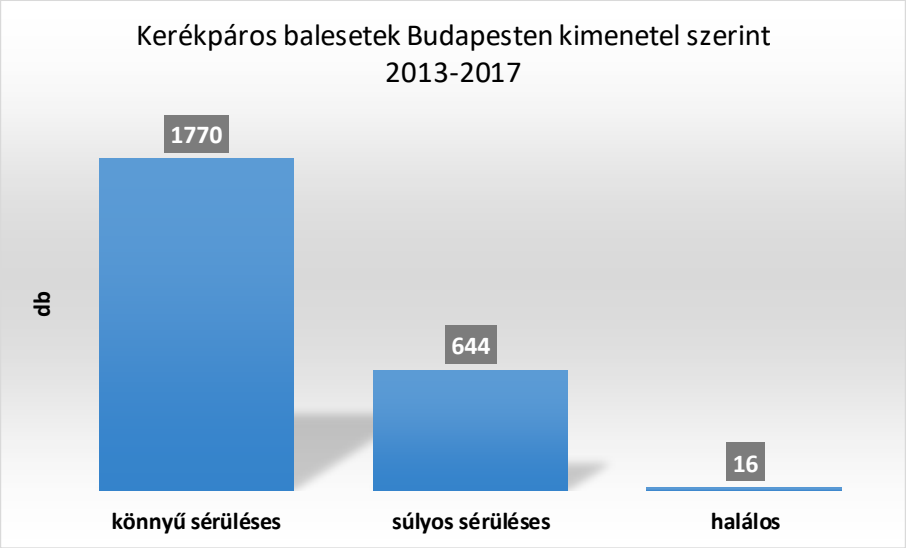
- nagyrésze (~65%-a) valamilyen irányváltásnál történik (keresztező járművek összeütközése és kanyarodó járművek ütközése),
- kb. ~15%-a magános jellegű (valaminek való nekiütközés, pályaelhagyás stb.)
- kb. ~15%-a azonos vagy szembe irányú ütközésnél történik,
- kb. ~5%-a pedig valamilyen gyalogos elütés.

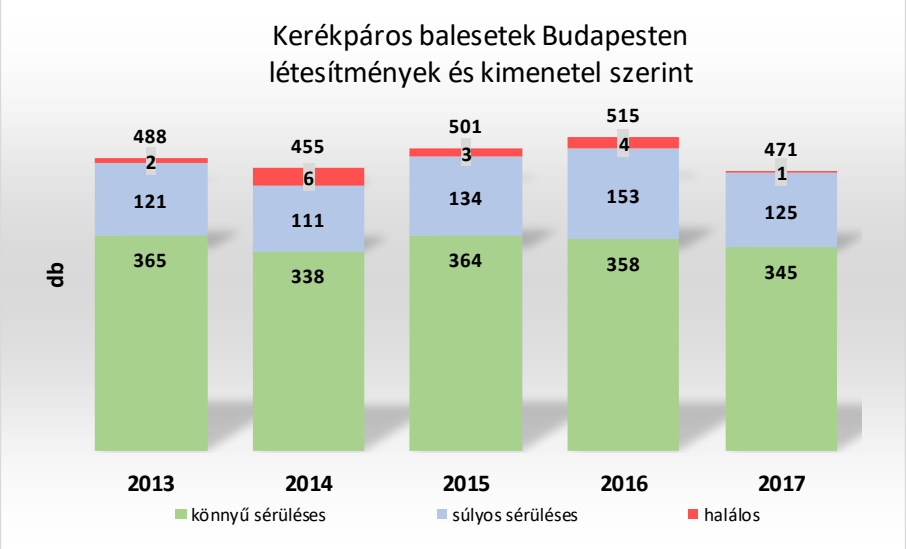




7. ábra Kerékpáros balesetek Budapesten létesítmények szerint

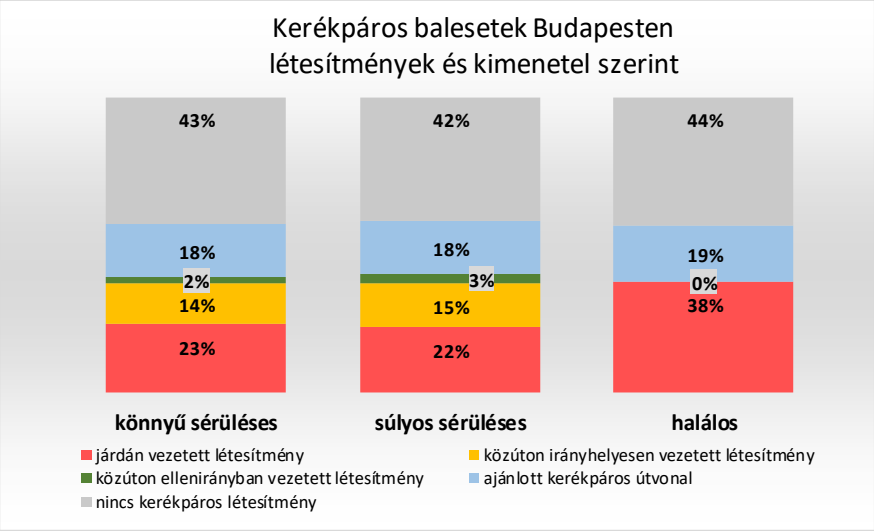
Baleset kimenetele szerint a balesetek ~75%-a könnyű sérüléses, ~25%-a súlyos sérüléses. Halálos balesetek száma szerencsére kisebb arányú a többihez képest, azonban számát tekintve nem (16 db öt év alatt). Megemlítendő, hogy a halálos balesetek közül 11 esetben a kerékpáros volt az okozó, 10 esetben gépjárművel történt az ütközés, illetve 9 esetben csomópontban történt a baleset.





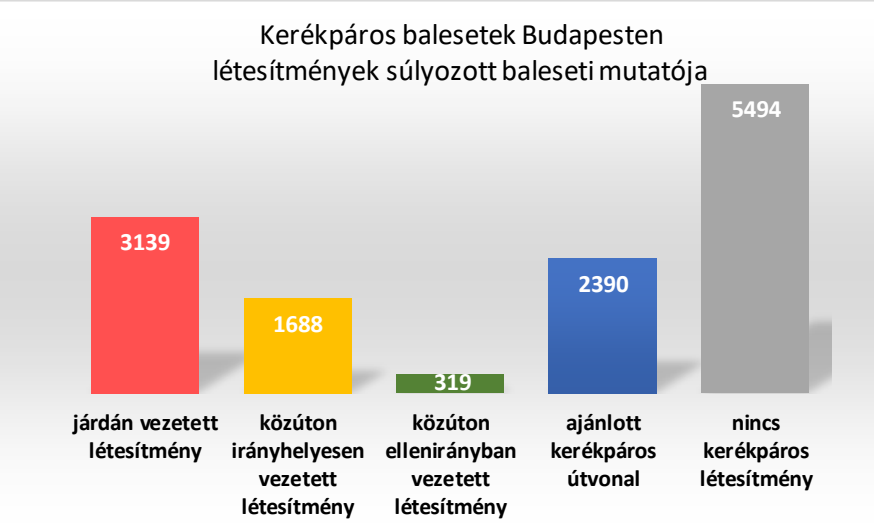
8. ábra Kerékpáros balesetek Budapesten kimenetel szerint 1.

Jelen szempontot nézve létesítmény-baleset összefüggés tekintetében **(halálos kimenetelűeket nem számítva)** vizsgálva lényegi eltérés nem mutatkozik a teljes sokasághoz képest. Halálos baleset közúton vezetett infrastruktúrán nem történt a vizsgált időszakban.



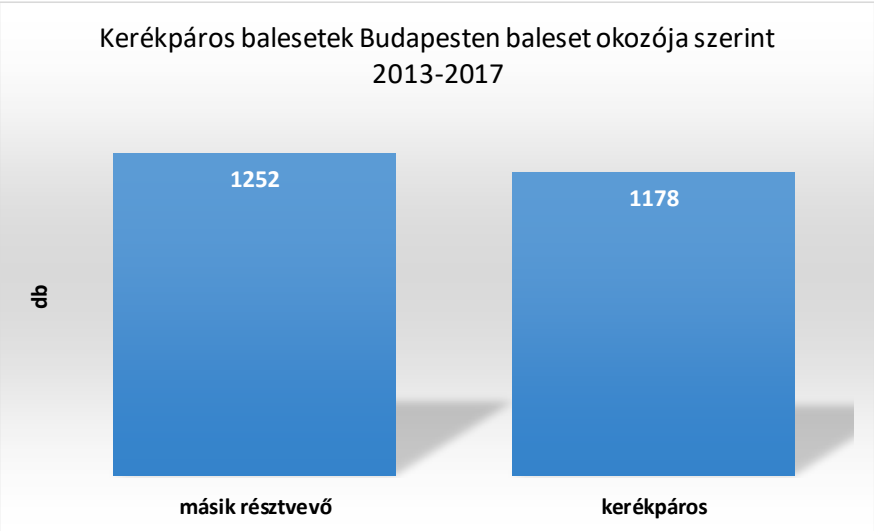
9. ábra Kerékpáros balesetek Budapesten kimenetel szerint 2.

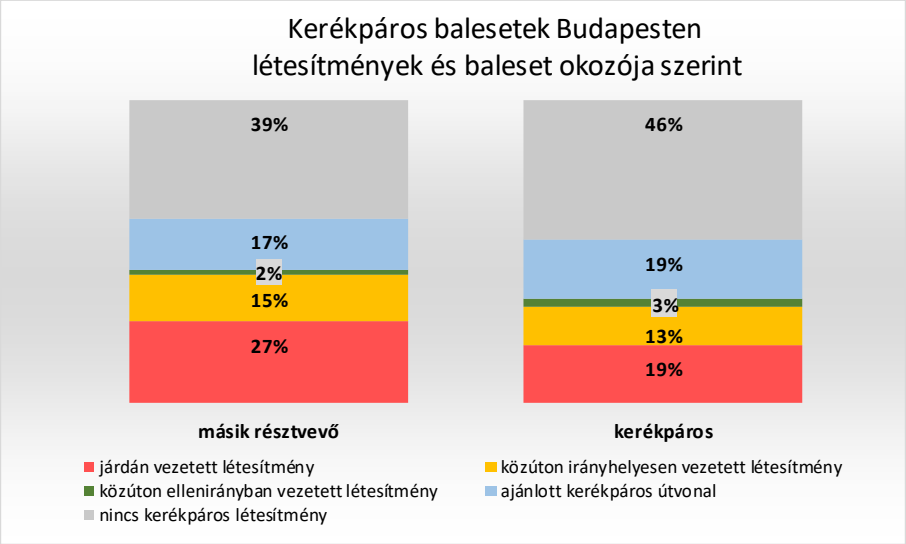
A következő ábra a súlyozott baleseti mutatókat tartalmazza az egyes létesítmények szerint. A járdán vezetett létesítmények rendelkeznek a legnagyobb értékkel, azonban ennél sokkal nagyobb létesítményhosszról (~220 km) beszélünk, szemben a közúton irányhelyesen vezetett létesítményekkel (~75 km).



10. ábra Kerékpáros balesetek súlyozott balesetei mutatója

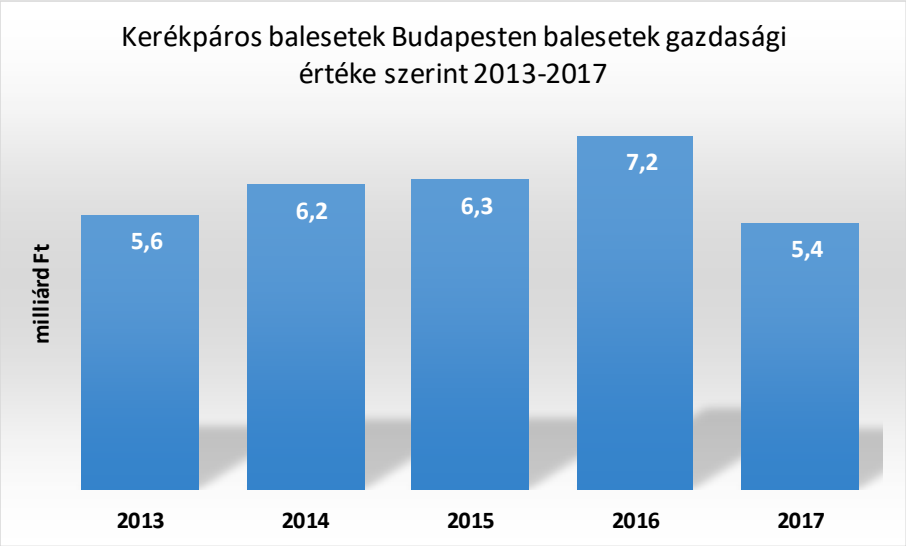
Okozó szerint vizsgálva kb. 50-50%-ban voltak résztvevők és okozók a kerékpárosok. Ez tekintettel a kerékpárosok kisebb volumenére, mindenképpen elgondolkodtató és kedvezőtlen adat.

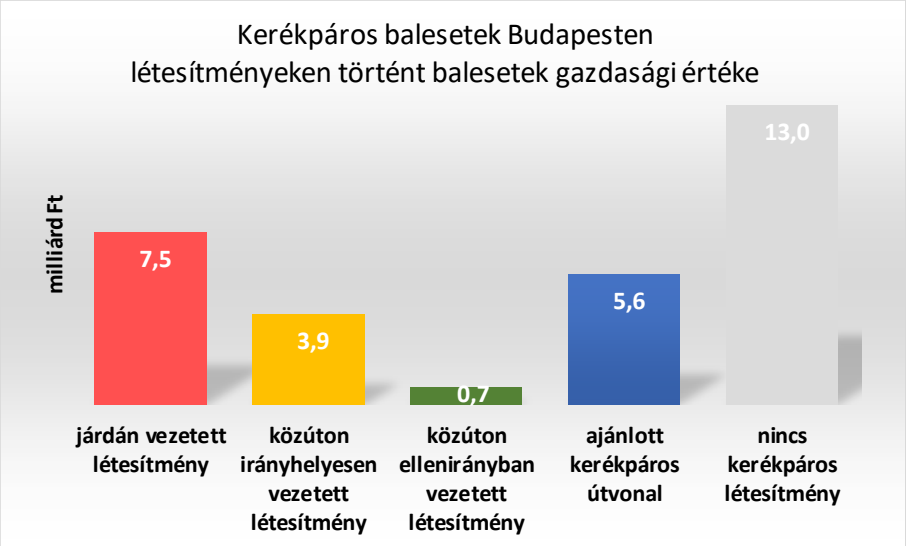




11. ábra Kerékpáros balesetek Budapesten baleset okozója szerint

A kerékpáros balesetek bekövetkezése Budapesten nemzetgazdasági szinten körülbelül 5-7 milliárd Ft veszteséget jelentenek évente. Az elmúlt években némi csökkenés mutatkozik, melynek elsődleges magyarázata, hogy 2017-ben nem történt halálos kimenetelű baleset.





12. ábra Kerékpáros balesetek gazdasági értéke

<u>Kerékpáros balesetek járműteljesítmény alapján</u> biztonsági szempontból markáns különbséget az egyes létesítménytípusok között nem lehet tenni. Járdán vezetett létesítményen ugyan több baleset történik, de ezek hossza és kerékpáros teljesítménye is nagyobb a közúton irányhelyesen vezetett sávoknál. Az egyes létesítményeken történt balesetek mind forgalomnagyságban, mind hosszban, mind teljesítményben eltér egymástól. Ennek érdekében van szükség az egyes létesítmények és a forgalom közös nevezőre történő hozására. A következő táblázat az egyes főbb létesítménytípusok fajlagos balesetszámát mutatja kerékpáros és motorizált közlekedésre vonatkozóan (a táblázatban a közúton ellenirányban vezetett sávok azok forgalmi adatainak nagyfokú bizonytalansága miatt nem szerepelnek). A járműteljesítmény értékek Budapest, Egységes Forgalmi Modelljéből származnak.
Látható, hogy fajlagos balesetszám alapján sem tehető egyértelmű következtetés az egyes létesítmény típusokra vonatkozóan. A rendelkezésre álló adatok alapján egyértelműen látszik, hogy a kerékpáros mód fajlagos mutatója kedvezőtlenebb a motorizált közlekedésnél, tehát balesetveszélyesebb.

1. táblázat: Teljesítmény adatok

Közlekedési mód	éves teljesítmény [millió jkm]	évenkénti balesetszám	fajlagos balesetszám [millió jkm/baleset]
járdán vezetett létesítmény	70	111	0,63
közúton irányhelyesen vezetett létesítmény	47	69	0,67
többi létesítmény	210	306	0,69
egyben kerékpár	**326**	**486**	**0,67**
motorizált közlekedés	**6.774**	**3.685**	**1,84**

2. táblázat: Létesítményenkénti fajlagos balesetei adatok

		kerékpáros létesítmények				
		járdán vezetett létesítmény	közúton irányhelyesen vezetett létesítmény	többi létesítmény	**egyben kerékpár**	**motorizált közlekedés**
	éves teljesítmény [millió jkm]	70	47	210	**326,4**	**6.774,0**
Halálos balesetek	évenkénti halálos balesetszám	1,2	0,0	2,0	**3,2**	**47,0**
	fajlagos halálos balesetszám [millió jkm/baleset]	58	-	105	**102,0**	**144,1**
Súlyos személyi sérüléses balesetek	évenkénti súlyos balesetszám	28,4	19,2	81,2	**128,8**	**916,0**
	fajlagos súlyos balesetszám [millió jkm/baleset]	2,5	2,4	2,6	**2,5**	**7,4**
Könnyű személyi sérüléses balesetek	évenkénti könnyű balesetszám	81,8	49,6	222,6	**354,0**	**2.722,0**
	fajlagos könnyű balesetszám [millió jkm/baleset]	0,9	0,9	0,9	**0,9**	**2,5**

Konklúzió

A végkövetkeztetéseket öt fő csoportba osztjuk.

Általános megállapítások

A vizsgált paraméterek alapján a kerékpáros balesetek véletlenszerűnek tekinthetők. Vannak olyan területek, csomópontok és útszakaszok, ahol ugyan több baleset mutatkozik, azonban ezek leginkább az adott helyszín kialakítására vezethetők vissza mintsem a létesítmény típusára. Az egyes létesítményekben (járdán vagy közúton vezetett létesítmények) a vizsgálat alapján tehát markáns különbség nem mutatkozik. A kerékpáros balesetek száma jelentősen nem változott a vizsgált 5 évben, azonban a kimenetekkel súlyozott baleseti mutató már javulást mutat.

Adatokra, adatgyűjtésre vonatkozó megállapítások

A baleseti adatokat az érintett Rendőrkapitányságok baleseti helyszínelői rögzítik és a Központi Statisztikai Hivatal rendszerezi, kezeli. A korszerűbb és gyorsabb adatelérés céljából a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ 2011-ben kifejlesztette a WEB-BAL elnevezésű programot, melyen keresztül az on-line tárolt adatok számunkra is elérhetővé váltak. Az adatok lekérdezését nehezíti, hogy a balesetek egyes jellemző adatai (pl.: a baleset okozó vagy a balesetben résztvevő járművek típusa) nem listázható, csak a baleseti adatlapok megtekintésén keresztül olvashatók ki.

A KSH adatai (így a vizsgálatban szereplő adatok is) főként a helyszíni szemle adatait tartalmazzák – a 30 napos adatszolgáltatás miatt – és nem a rendőrségi vizsgálat, vagy a bírósági eljárás során megállapított adatokat, melyekre rögzített adatbázis jelenleg nem létezik Magyarországon. Érdekes lenne egy összehasonlítás, hogy a helyszíni szemlén rögzített adatok mutatnak-e más eredményt, mint a helyszíni vizsgálat lezárta utáni adatok.

Budapesten a kerékpáros infrastruktúra kialakításának hatásköre függ attól, hogy az érintett útszakasz kerületi önkormányzat vagy fővárosi önkormányzat kezelésében van, illetve függ attól is, hogy 1-1 projekt keretében milyen infrastruktúra (pl.: szükséges-e útépítés) kerül kialakításra. A Budapesten található kerékpáros infrastruktúrákról egységes adatbázis jelenleg nincsen.

Tervezésre hatással lévő megállapítások

Tervezés során a hivatásforgalmi és szabadidős forgalomra, azok jellegzetességeire ugyanakkora figyelmet kell fordítani. Nem lehet cél a teljes elkülönítés, az egyes helyszíni sajátosságokat azonban a tervezés során figyelembe kell venni.

A napnyugta után bekövetkező viszonylag nagyobb számú balesetek elkerülése érdekében nagyon fontos a látni és látszani elv maximális biztosítása, mely során nem csak a közút és szoros értelemben vett tartozékait kell biztonságos megtervezni, hanem az egyéb közterületi elemeket is (közműszerelvények, utcabútorok, növényzet stb.). A csomópontokban és irányváltoztatások során bekövetkező nagy arányú balesetszám kiemelten fontos ezen létesítmények biztonságos tervezése.

A balesetek jelentősebb hányadát képezik azok, melyekben a baleset oka elsodrás vagy járműajtó rányitás a kerékpárosra. Természetesen ezen balesetek többségében nagyobb odafigyeléssel elkerülhetők lehetnének, de már tervezési fázisban figyelemmel kell lenni a keresztmetszeti kialakításban az ilyen típusú balesetek elkerülését elősegítő sáv szélességekre és biztonsági távolságok megfelelő kialakítására.

Üzemeltetésre vonatkozó következtetések

Fokozottabb figyelmet kell fordítani a kerékpáros létesítmények üzemeltetésére, tervezésnél tekintettel kell lenni ennek elősegítésére (pl.: közművek-út elhelyezkedés). Az üzemeltetés közös felelősségünk hiszen ezesetben nemcsak az útpályával szorosan összefüggő elemekre kell gondolni, hanem az egyéb más közterületi elemekre is. Forgalomkorlátozási állapotok tervezése és kivitelezése során a kerékpáros közlekedési módot egyenrangú partnerként kell kezelni.

Tájékoztatásra, jogszabályra hatással lévő következtetések

Jelen anyag feladata nem volt az egyes preventív tevékenységek kialakítása, azonban a balesetek kockázatának csökkentése, illetve azok elmaradása érdekében rendkívül fontos a biztonságosabb kerékpáros közlekedésre való intézkedések. Ezt alátámasztja az is, hogy a balesetek felében a

kerékpárosok az okozók. Ilyen tájékoztatási elem például a kerékpáros KRESZ mielőbbi megismerése, vagy az egyes közlekedőknek szóló tájékoztató kampányok (pl.: „1,5 m oldaltávolság kampány", lámpahasználatra vagy az időjárási körülményekhez tartozó használati praktikákra való figyelemfelhívás,).

Fontos felhívni a figyelmet, hogy ezeknek nem speciálisan 1-1 közlekedő csoportnak kell szólnia, hanem minden közlekedőnek, hiszen például a parkoló autóból történő ajtórányitás is mindkét fél részéről odafigyelést igényel. Tekintettel a kerékpáros balesetek alkoholos befolyásoltsággal történő bekövetkezésére, szintén felülvizsgálatra szorulhat az alkoholfogyasztásra vonatkozó hatályos jogszabályi rendelkezés.

A cikk a Magyar Mérnöki Kamara 2018. évi Feladatalapú Pályázat támogatása keretében, a Közlekedési Tagozat ajánlásával 2018-ban készített vizsgálati anyag (pontos címe: „Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata") kivonata.

Korszerű műanyag vasúti hevederek laboratóriumi ciklikus fárasztási vizsgálatai

Németh Attila[1] - Harrach Dániel[2] - Fekete Imre[3] - Dr. habil. Fischer Szabolcs[4]

[1]Széchenyi István Egyetem Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék
telefon: +36 (96) 613-544
e-mail: nemeth.attila@sze.hu

[2]Széchenyi István Egyetem Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék
telefon: +36 (96) 613-541
e-mail: harrach.daniel@sze.hu

[3]Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszék
telefon: +36 (96) 613-582
e-mail: fekete.imre@sze.hu

[4]Széchenyi István Egyetem Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék
telefon: +36 (96) 613-544
e-mail: fischersz@sze.hu

Kivonat: A hézagnélküli vasúti pályák problémás pontjai a ragasztott-szigetelt sínillesztések, amelyeknél meghibásodásuk alkalmával pályageometriai hibák és szerkezeti problémák alakulhatnak ki. A vasúti sínheveder – mint külön alkatrész – vizsgálatának igénye merült fel anyagvizsgálati szempontból. A kutatás alkalmával két különböző típusú, eltérő anyagszerkezeti kialakítású, üvegszál erősítésű műanyag hevederpárt vizsgáltunk laboratóriumi körülmények között. Az anyagvizsgálat során meghatározható a műanyag polimer-kompozit anyagú heveder belső üvegszál hálózatának károsodása és az anyagi átrendeződés mértéke a CT vizsgálatok alkalmával, valamint a változások figyelemmel követése a fárasztási ciklusszám függvényében. A tervezett laboratóriumi vizsgálatokkal célunk, hogy meghatározzuk a hevederek anyagjellemzőit, azok változásait, a függőleges statikus/dinamikus hajlító vizsgálatok hatására kialakuló belső anyagi átrendeződés mértékét.

Kulcsszavak: vasút, polimer kompozit, sínheveder, CT, anyagvizsgálat, hajlító vizsgálat, fárasztó vizsgálat

Bevezetés

A laboratóriumi hárompontos hajlító- és dinamikus fárasztó vizsgálatra előkészített (1200 mm-es támaszelrendezés beállítása, mérőjelek felhelyezése) 3-3 pár régi és új típusú 54-es sínrendszerű illesztéshez alkalmazott polimer-kompozit anyagú hevederek kezdeti állapotfelvétele CT vizsgáló berendezés segítségével történt. A polimer-kompozit hevederek belső szerkezetének vizsgálata komputertomográfiás eljárás során, a CT berendezés felvételeinek adatmátrixaiból előállítható egy sűrűségtérkép, amelyen kirajzolódik a vizsgált hevederpár belső szerkezeti elrendezése, a különböző sűrűségű elemeinek eloszlása. Az anyag szerkezete három dimenzióban is ábrázolható [2,3]. A kezdeti állapotfelvételt követően megkezdtük a hevederpárok tönkremenetelig történő hárompontos hajlító-fárasztó vizsgálatait. Első lépésként statikus függőleges terhelést végeztünk el a számított minimális és maximális függőleges nagyságú terhelési értékek között, majd pulzáló/dinamikus ismételt terhelési vizsgálatot hajtottunk végre. A tönkremenetelig történő terhelést követően ismételt CT állapotfelvételt készítettünk a hevederpárokról. Vizsgálatunkkal célunk, hogy megfigyeljük a dinamikus terhelés hatására, a hevederek belső szerkezetében bekövetkező anyagi átrendeződés és károsodás mértékét.

1. Hárompontos függőleges statikus és dinamikus/fárasztó vizsgálatok

A fárasztó vizsgálatokra előkészített hat pár 54-es sínrendszerű vasúti sínillesztéshez alkalmazható hevederből (3 pár régi típusú, 3 pár új típusú heveder) összeszerelt kötésen elvégeztük a kezdeti állapot-felvételt CT (komputertomográfiás) vizsgáló berendezés segítségével. A hevederpárok előkészítését, a vizsgálati elrendezés összeállítását a 2 típusú/szerkezeti kialakítású heveder esetében valósítottuk meg. A vizsgálatok végrehajtásához a következő anyagszerkezetű polimer-kompozit hevederek álltak rendelkezésre:

- ”A típusú”: szálerősítésű polimer kombinációja folyamatos (igazított) és folytonos, véletlenszerűen orientált szerkezettel (új típusú heveder),
- ”B típusú”: szerkezeti, laminált polimer típus (régi típusú heveder).

A vizsgálandó hevederpárokon kezdeti állapotfelvételt GOM ARAMIS és GOM TRITOP mérőrendszerrel és szoftveres támogatással is elvégeztük a hárompontos statikus hajlítóvizsgálat hatására, amelyeket jelen cikkben nem részletezzük.

1.1 Vizsgálati paraméterek, beállítások

A vizsgálati paraméterek az 54E1 sínprofilhoz tartozó 2 típusú (A és B megnevezésű) hevederpár esetében a következők voltak:

- kötés hossza: 2×750 mm,
- támaszköz: 1200 mm,
- sínvégek között: 4 mm hézag (sínvégbetét) feltételezve,
- függőleges terhelő erő nagysága: F_{min}=5 kN, F_{max}=136,17 kN,
- frekvencia tartomány: f=0,5…5,0 Hz,
- maximális nyomaték: M_{max}=40,85 kNm,
- hevedercsavarok meghúzási nyomatéka: 350 Nm,
- sínleerősítés: Vossloh Skl24 leerősítő elemekkel, anya meghúzási nyomaték: 200 Nm.

A ”munkapadon” történő összeszerelést, az eddigi vizsgálatoktól eltérően ragasztóanyag felhasználása nélkül végeztük el, kezdeti 4,0 mm-es sínvégek közötti hézaggal – sínvégbetét vastagsága – kialakítva (az alábbi feltételezéssel élve: a sínvéghézag megnyílása, illetve a sínvégek közötti távolság megnövelése milyen mértékben befolyásolja a dinamikus függőleges terhelés hatására bekövetkező lehajlás értékek alakulását, illetve a tönkremenetel mértékét).

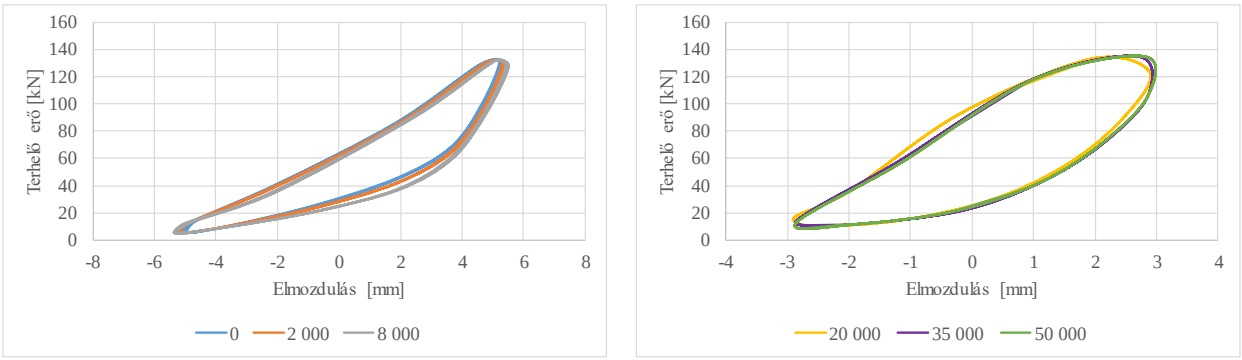
1.2 Függőleges dinamikus és fárasztó vizsgálatok

A Széchenyi István Egyetem Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában történtek a hárompontos statikus, illetve dinamikus/fárasztó vizsgálatok, felhasználva az előzmény kutatásoksorán alkalmazott vizsgálati paramétereket és beállításokat. [1,4,5,6,7].

1. táblázat: A hevederpárok elvégzett dinamikus vizsgálati hézag kialakítási méretei és a fárasztási ciklus mennyiségei

Próbatest jele	Fárasztási ciklus	Sínvégek közötti hézag	Megjegyzés
	[db]	[mm]	
1B	112	8,00	tönkrement
2B	100	–	tönkrement
3B	7 331	6,00	tönkrement
4A	10 000	6,00	tönkrement
5A	–	–	nem lett még megvizsgálva
6A	50 000	4,00	a vizsgálat jelenleg is tart

A dinamikus fárasztási ciklusok hatására keletkező lehajlás értékek változását a kezdeti és a tönkremenetel állapotában jellemző terhelő erő-lehajlás értékek alakulását az 1. ábra mutatja az 4A és 6A (új típusú) hevederpárok esetében. A különböző színű vonallal ábrázolt grafikonok a fárasztási ciklusszámot jelentik.



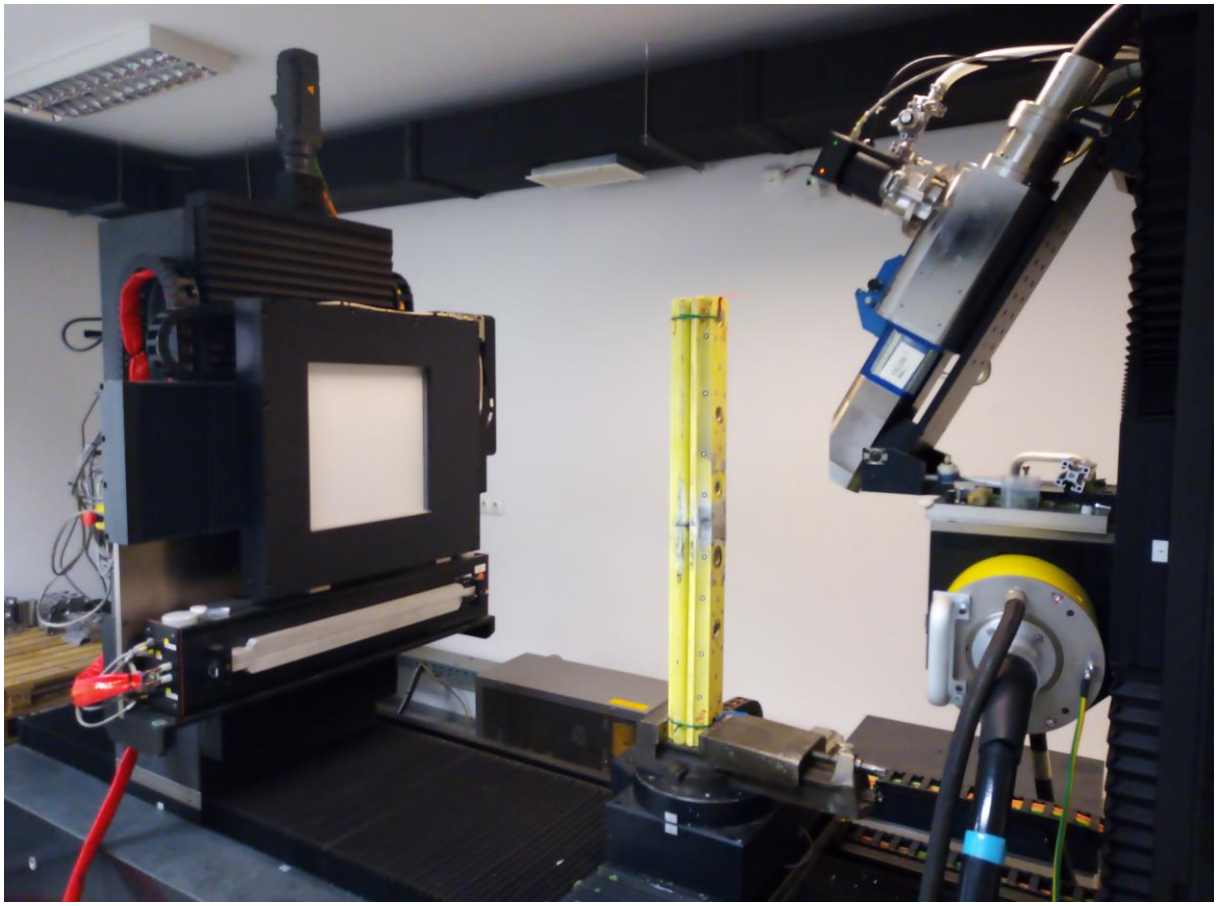
1. ábra: A terhelő erő – elmozdulás grafikonok a 4A és 6A hevederpárok dinamikus vizsgálata esetében (új típusú hevederpár)

A fárasztási vizsgálatok eredményeiből jól látható, hogy a sínvégek közötti hézag kialakítása/kivitelezése milyen mérvű lehajlás-változást eredményezett a fárasztási ciklusszám függvényében.

2. CT vizsgálatok

A YXLON Y.CT Modular ipari CT-berendezés segítségével elvégzett vizsgálatok a következők (a CT berendezést és a vizsgált 1. jelű próbatestet az 2. ábra szemléleti) [2]:

- vizualizáció, geometriai méretellenőrzés, kezdeti állapotfelvétel,
- 3D rekonstrukció a kezdeti állapotfelvétel alkalmával,
- dinamikus tönkremenetelig történő terhelés/fárasztást követő állapotfelvétel,
- geometriai méretellenőrzés, károsodás és az anyagi átrendeződés mértékének meghatározása.



2. ábra: A CT berendezésbe helyezett 1. jelű hevederpár

2.1 A CT berendezés működési elve

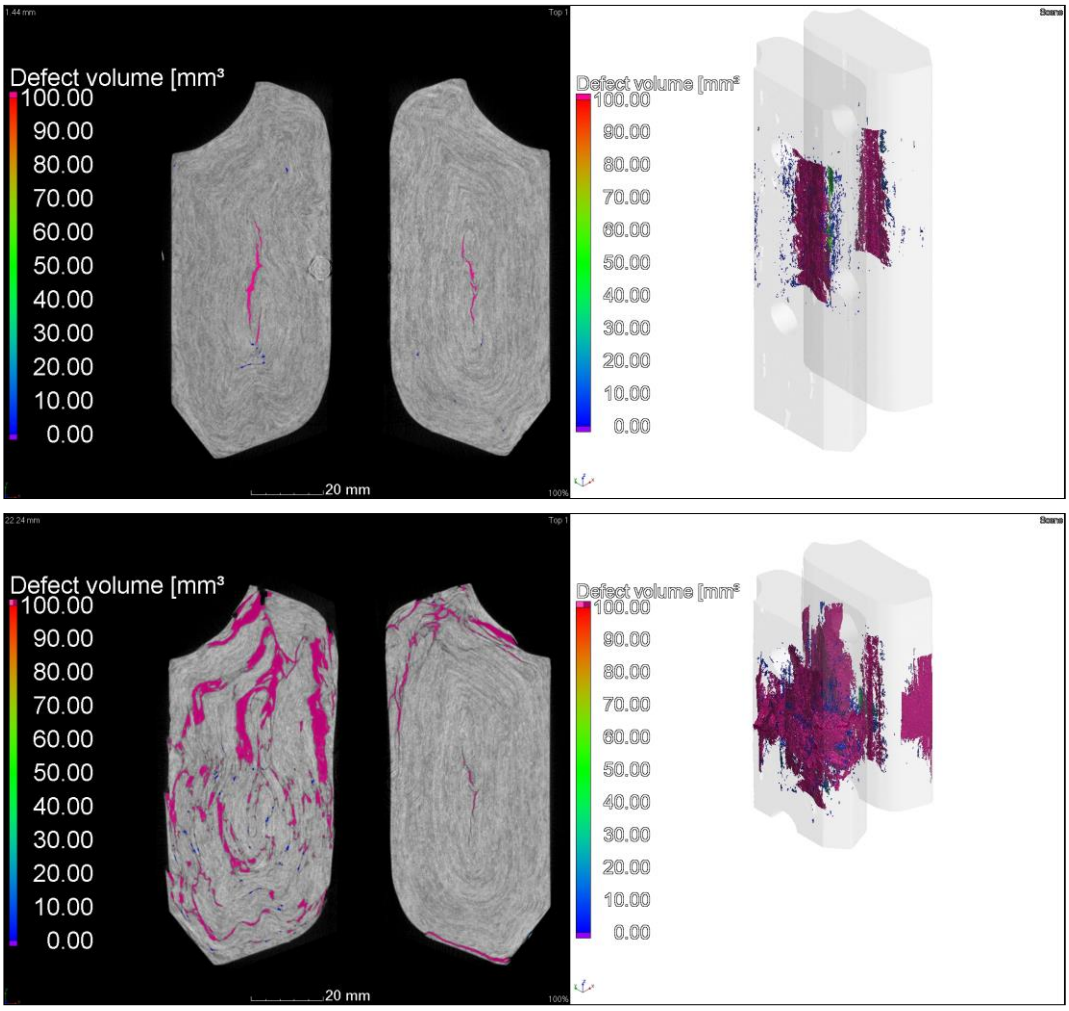
A CT vizsgálat (komputertomográfiás eljárás) egy olyan vizsgálati módszer, amellyel a vizsgálandó anyagok/próbatestek mind belső és mind külső geometria méretei, anyagi átrendeződésének mértékei

nagy pontossággal roncsolásmentes megoldással ellenőrizhetők és mérhetők. A CT berendezés segítségével olyan térfogat-információk szerezhetők be a vizsgált mintadarabról, amely nem csak a külső határoló felület elváltozásait és topológiáját mutatja meg, hanem nagy pontosságú adatot és képet szolgáltat a próbatest belső anyagi struktúrájáról és annak homogenitásáról [2]. A CT technológia működésének alapja, hogy egy légritkított üvegcsőbe egy anód és egy katód elektróda kerül elhelyezésre, amelyekre nagyfeszültségű egyenáramot kapcsolnak. Az alacsony nyomású térben a fűtőfeszültség hatására az izzó katódból kilépnek az elektronok, amelyek a csőfeszültség hatására felgyorsulnak és nagy sebességgel ütköznek az anódnak. A becsapódó elektronok mozgási energiájának nagy százaléka hővé átalakul, a megmaradó részből azonban röntgensugárzás keletkezik [2,3]. A vizsgálatokra, illetve a" modellezési és ábrázolási" célokra a sugárzás azon tulajdonságát használhatjuk fel, amely során a vizsgált próbatesten történő áthaladás alkalmával a sugárzás intenzitása csökken, az anyagra jellemző elnyelési együttható függvényében. Az eljárás során az ipari CT berendezés készít egy kétdimenziós felvételt az vizsgált próbadarabról, majd a vizsgáló aztalon elhelyezett próbatest egy kis szöggel elfordul. mindaddig, amíg az alkatrész teljesen körbe nem fordul 360 fokban (ez idő alatt minden egyes kis szögelforduláshoz készül egy röntgenkép). A munkadarab ellentétes oldalán található egy detektor, amely érzékeli a különböző intenzitást. Ez a detektor összegyűjti a testen áthaladó röntgensugarakat, és azokat látható fénnyé alakítja át. A fény elektromos jellé konvertálódik át, és a detektor elektronikája ezeket a szinte alig mérhető elektromos jeleket alakítja át digitális jelekké, majd nagyfelbontású képpé egy képfeldolgozó szoftver segítségével [2,3].

2.2 Elvégzett CT vizsgálatok

Elvégeztük a komputertomográfiás (CT) állapotfelvételeket a statikus és dinamikus függőleges terhelési vizsgálatokat megelőzően (kezdeti állapotfelvétel), illetve a fárasztó vizsgálatok után (tönkremenetel bekövetkezését követően – utólagos állapotfelvétel) az Anyagtudományi és Technológiai Tanszék Röntgen – CT Laboratóriumában. A vizsgálatokat 190 kV csőfeszültséggel, 0.12 mA csőárammal végeztük. A CT rekonstrukció 1440 felvételből készült, 2,87-szeres nagyítással. A rekonstruált térfogatmátrix felbontása 0,137 mm-re adódott. A vizsgált próbatestek kezdeti állapotfelvételénél megvizsgáltuk a hibák (a heveder anyagától eltérő sűrűségű foltok/elemek) sűrűségének eloszlását a hevederek két belső furat-tengelyvonalának kiosztása között. Az eredményül kapott CT vizsgálati képek (3D) összeilleszthetősége érdekében referencia pontokat helyeztünk el a hevederek külső felületén, hogy a kezdeti és a végállapot precízen összehasonlítható legyen. A fárasztási vizsgálatokat követően (tönkremenetelt követően) ismételt CT vizsgálatot végeztünk el a hevederpárokon, meghatározva a hibák nagyságát, illetve az anyagban keletkező sűrűségbéli elváltozások mértékét a kezdeti állapothoz viszonyítva (sűrűségtérkép). Meghatároztuk az anyag két középső hevederfurat tengelye közötti térfogatához viszonyított üreg térfogat változás nagyságát. A 3. jelű próbatest esetében készített sűrűségtérképet és üreg térfogatokat a 3. ábra szemlélteti.

A dinamikus fárasztást megelőző és a fárasztási vizsgálatokat követő, CT berendezéssel – a cikk elkészítéséig – elvégzett állapotváltozás vizsgálati eredményeit a 2. táblázat mutatja.



3. ábra: A 3. jelű hevederpár kezdeti (felső), illetve a vizsgálatokat követő (alsó) állapotfelvétel alkalmával készített sűrűségtérkép

2. táblázat: A hevederpárok elvégezett CT vizsgálati eredményei

Próbatest jele	Inhomogenitás mértéke				Az inhomogenitás növekménye $\Delta I=I_1-I_0$		Megjegyzés
	Kezdeti állapotfelvétel I_0		Vizsgálatokat követő állapotfelvétel I_1				
	[%]		[%]		[%]		
	"A" heveder	"B" heveder	"A" heveder	"B" heveder	"A" heveder	"B" heveder	
1B	0,22	0,23	–	–	–	–	tönkrement
2B	0,41	0,58	1,03	1,26	0,62	0,68	tönkrement
3B	0,19	0,53	1,03	2,33	0,84	1,80	tönkrement
4A	0,13	0,17	0,16	0,58	0,03	0,41	tönkrement
5A	0,01	0,01	–	–	–	–	nem lett még levizsgálva
6A	0,01	0,01	–	–	–	–	a vizsgálat jelenleg is tart

3. Vizsgálati eredmények összefoglalása

Az eddigi vizsgálataink az alábbiak voltak:

- a *2B* jelű próbatest (régi típusú hevederpár) esetében történt ”kísérleti” vizsgálati terhelési elrendezés alkalmával nem jártunk sikerrel. A hevedereket párban, egymáshoz, a két szélső furatban hevedercsavarral rögzítve vizsgáltuk (nem szerelt kötésben). A függőleges terhelés ráadásakor a terhelőfej berágódott a heveder anyagába, ezzel károsítva az üvegszálak elrendezését, meghiúsítva a megfelelő laboratóriumi vizsgálat végrehajtását.
- Az első mérést követően átalakítottuk a vizsgálati elrendezést, a hevedereket a vizsgálati előzményekhez hasonlóan [1,4,5,6,7], ismételten szerelt kötésként, 54E1 sínillesztésként vizsgáltuk (ragasztóanyag felhasználása nélkül), újdonságként mindegyik sínvégen párban, Vossloh Skl24 sínleerősítést alkalmazva, a hevedercsavarok meghúzási nyomatéka 350 Nm.
- A *4A* jelű próbatest esetében (új típusú heveder) a sínvégek között 4,0 mm + 2,0 mm sínvég-hézagot tartva (sínvégbetét + 2,0 mm hézag) szereltük össze a hevederes sínillesztést. A statikus vizsgálat után a kötésnél 10.000 fárasztási ciklust követően már olyan nagy lehajlás értékek keletkeztek, hogy nem tartottuk biztonságosnak a vizsgálat további folytatását.
- A *3B* jelű kötésnél (régi típusú hevederekkel szerelve) már 7.331 fárasztási ciklusnál bekövetkezett a tönkremenetel. A szerelés alkalmával 4,0 mm (sínvégbetét) + 2,0 mm hézag került kialakításra. A tönkremenetel az elvártakhoz képest korán történt meg, ami a nagy sínvéghézag megnyílásából adódó lehajlás-változás megnövekedésének volt a következménye.
- Az *1B* jelű próbatest (régi típusú hevederpár) esetében sínvégbetét (4,0 mm) + 4,0 mm hézag történt kialakításra. A dinamikus/fárasztó vizsgálat kezdeténél (alacsony fárasztási frekvenciánál) is már olyan jelentős lehajlások keletkeztek, hogy a közel 100 ciklusú fárasztási terhelést követően leállítottuk a vizsgálatokat.
- A *6A* jelű hevederpárból kialakított próbatest esetében (új típusú hevederpár) az összeszerelés az előírt hézaggal 4,0 mm (sínvégnetét) végeztük el. Jelenleg 50.000 fárasztási ciklust követően számottevő elváltozást (szemrevételezés és a függőleges hajlításból adódó lehajlások) nem tapasztaltunk. A vizsgálat jelenleg is zajlik.
- A *B típusú* hevederpárral kialakított próbatestek esetében az állapotfelvételek kiértékelését követően (kezdeti-és a tönkremenetel után) megállapítottuk, hogy az anyag két középső hevederfurat tengelye közötti térfogatához viszonyított üreg térfogat kezdeti nagyobb mérvű változása nagyban befolyásolja a heveder tönkremenetelének időbeni bekövetkezését (azonban megemlítendő, hogy a sívéghézag nagyságának kialakítása és maga a szerkezeti, laminált polimer típusú heveder anyaga is nagyban hozzájárul a korábbi meghibásodás eléréséhez).

4. További tervezett vizsgálatok

A laboratóriumi anyagvizsgálatokra beszerzett és előkészített hevederpárokon és azok anyagából kimunkált próbatesteken a tervezett jövőbeni vizsgálatok a következők:

- a megmaradt *5A* jelű hevederpárok előkészítése, vizsgálati elrendezés összeállítása (2 típusú/szerkezeti kialakítású heveder):
    - *5A* jelű hevederpárok kezdeti állapotfelvétel és CT berendezés segítségével,
    - *5A* jelű hevederpárok statikus hajlítás dinamikus fárasztást megelőzően,
- a hevederpárok kezdeti állapotfelvétele GOM ARAMIS és GOM TRITOP mérőrendszerrel és szoftveres támogatással a hárompontos statikus hajlító vizsgálat hatására,
- a hevederpárokon dinamikus hárompontos hajlítás elvégzése a fárasztási ciklusszám figyelembevételével, eközben folyamatos állapotváltozás megfigyelése GOM rendszer segítségével,
- a hevederpárok tönkremenetelig történő terhelése (*5A* és *6A* jelű próbatestek) a dinamikus fárasztás hatására,
- utólagos állapotfelvétel CT berendezés segítségével az *5A* és *6A* jelű próbatesteken (az anyagi átrendeződés mértékének felülvizsgálata a kezdeti, kiinduló állapothoz viszonyítva),
- a beszerzésre került új (A típusú) és a rendelkezésre álló régi (B típusú) hevederek anyagából próbatestek kimunkálása vízsugaras vágóberendezés segítségével. A kimunkált próbatestek hárompontos hajlító- és húzó szakító vizsgálatinak elvégzése.
-

Konklúzió

Megállapítható, hogy a hevederfuratok megfelelő és precíz kialakítása a síngerincen, a megfelelő minőségű sínvégbetét anyagának megválasztása, a sínvéghézag kialakítása és a két sínvég közé behelyezett sínvégbetét (4,0 mm) jelentősen befolyásolja a lehajlás-értékek (sínvég-záródás) kialakulását a laboratóriumi függőleges terhelési vizsgálatok hatására.

Ami érdekességként megfigyelhető volt a jelen vizsgálatok tárgyát képző, eddig elvégzett függőleges dinamikus/fárasztó laboratóriumi vizsgálatok alkalmával, hogy a hevederpárok tönkremenetele nem az alvártak szerint következett be. A függőleges terhelés okozta hajlításból keletkező igénybevételek hatására húzásból adódó, a heveder alsó övében bekövetkező tönkremenetel helyett, a felső (nyomott) zónában károsodott mindkét oldali heveder, ami az üvegszálak összenyomódásából, és ”kitüremkedéséből” szemrevételezéssel is jól látható volt.

Köszönetnyilvánítás

Jelen cikk „AZ INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTÉRIUM ÚNKP-19-3 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”.

Irodalomjegyzék

[1] Fischer Sz., Németh A. (2017): Polimer-kompozit hevederek vizsgálata laboratóriumban és dinamikus igénybevételek ha-tására pályában, ragasztott szigetelt kötésekben. MÁV Zrt. részé-re közfinanszírozású támogatásból megvalósuló kutatás-fejlesztési (K+F) munka, Kutatási zárójelentés, Győr, 2017, p. 578.

[2] Kozma I. (2010): A komputertomográfipari alkalmazásai. A jövő járműve 2010 03/04. A Magyar Járműipar Tudományos Lapja. Járműipari innováció – JRET 2010. pp. 8-11.

[3] Majorosné Lublóy, É. E., et.al. (2018): CT alkalmazási lehetőségei az építőanyagok vizsgálatánál. VASBETONÉPÍTÉS 2018/4. (DOI: 10.32969/VB.2018.4.3) pp 89 93.

[4] Németh, A., Fischer, Sz. (2016). A polimer-kompozit hevederes ragasztott szigetelt sínkötések (1. rész): Laboratóriumi vizsgálatok, Sínek világa, 58(6), 2-6.

[5] Németh A., Fischer Sz. (2018): Investigation Of Glued Insulated Rail Joints With Special Fiber-Glass Reinforced Synthetic Fishplates Using In Continuously Welded Tracks Pollack Periodica: An International Journal For Engineering And Information Sciences 13:(2) Pp. 77-86. (2018).

[6] Németh, A. (2019): Üvegszál erősítésű, műgyanta kötésű ragasztott-szigetelt vasúti sínillesztések laboratóriumi vizsgálata. In: Széchenyi, István Egyetem (szerk.) Új Nemzeti Kiválóság Program 2018/2019: Tanulmánykötet Győr, Magyarország: Széchenyi István Egyetem, (2019) pp. 229-237, 9 p.

[7] Németh, A.; Fischer, Sz. (2019): Laboratory Test Results Of Glued Insulated Rail Joints Assembled With Traditional Steel And Fibre-Glass Reinforced Resin-Bonded Fishplates. Nauka ta Progres Transportu / Science and Transport Progress 81: 3 pp. 65-86. Paper: 171781, 22 p. (2019).

Közúti vasúti felépítmény-szerkezetek vágánygeometriai avulásának elemzése budapesti példák alapján

Jóvér Vivien[1] – Dr. Fischer Szabolcs[2] – Dr. Gáspár László[3]

[1]Széchenyi István Egyetem Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék
telefon: +36 20 381 8000
e-mail: vivi.jover@gmal.com

[2]Széchenyi István Egyetem Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék
telefon: +36 (96) 613-544 3544
e-mail: fischersz@sze.hu

[3]KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
telefon: +36-1/371-5936
e-mail: gaspar@kti.hu

Kivonat: Budapesten az első villamos vonal 1887-ben jelent meg, amely hatalmas fordulópontot jelentett a közösségi közlekedés fejlődésében. A technológiai korszerűsítéseknek köszönhetően napjainkban hétféle felépítmény típust különböztethetünk meg, melyek kivitelezése számtalan módon történhet. Előadásomhoz az 1-es villamos teljes szakaszát vizsgáltam, a kitérőket és útátjárókat egyaránt, hiszen itt található meg a legtöbb felépítmény típus, amelyek különböző években lettek beépítve. A vágánygeometriai mérések alapján következtethetünk a felépítmények avulására, megfelelőségükre az adott szakaszon.

Kulcsszavak: közúti vasút, felépítmény, vágánygeometria, kitérő, útátjáró, avulás

Bevezetés

A Budapesti Közlekedési Vállalat 1968-as létrejötte óta foglalkozik a pályaépítési-fenntartási, valamint hálózatfejlesztési tevékenységekkel, alkalmazva a legújabb technológiai megoldásokat, korszerűsítéseket. [1, 2]

Ennek eredményeként napjainkban a városi vasúti pályák esetében hétféle felépítményt különböztetünk meg, melyek az alábbiak:

- zúzottkő ágyazatú,
- bebetonozott ágyazatú,
- betonlemezes,
- RAFS I.,
- RAFS II.,
- RAFS III.,
- nagypaneles. [3]

Megjegyzés: a RAFS jelentése „rugalmas ágyazású folyamatos sín-alátámasztású” rendszer.

A munkaterület, a vágányzár és a geometriai jellemzők függvényében minden projekt más-más módon valósul meg, így a felépítmény-szerkezetek számos formában kerülhetnek kivitelezésre.

1. Vizsgált vonalszakasz

A vizsgált vonalszakasz kiválasztásakor az elsődleges szempont az volt, hogy azonos terhelés mellett minél több felépítményt meg tudjunk vizsgálni [4]. A választás így az 1-es villamos vonalára esett, amely esetében a fent említett hét felépítmény közül hat megtalálható.

A vonal több évig, több ütemben épült, az aktuális technológiai fejlődést lekövetve. Kiépítése az 1980-as évek elején kezdődött, ekkor készült el a Bécsi út – Lehet utca közötti szakasz. Az évtized végére az

utazóközönség már a Thököly útig tudott utazni. Az 1990-es években újabb szakasz épült meg a Salgótarjáni útig, majd az ezredforduló után már a Mester utcáig lehetett közlekedni. Közel 14 évnek kellett eltelnie, mire felújították majdnem a teljes szakaszt, valamint elkészült a vonal meghosszabbításának első üteme a Fehérvári útig. 2018-ban a második ütem keretein belül készült el az új villamospálya Kelenföld vasútállomásig.

A vágánygeometriai méréseket a 18,2 kilométer hosszú szakaszon a jobb vágányban, éjszakánként lehetett elvégezni, a Metalelektro Méréstechnika Kft. által erre a célra kifejlesztett TrackScan 4.01 műszerrel. Ez az összetett kézi vágánymérő készülék alkalmas vasúti vágányok, kitérők folyamatos mérésére. Az alábbi jellemzőket képes egy időben mérni és az eredményeket rögzíteni:

- nyomtávolság,
- vezetéstávolság,
- túlemelés,
- irány,
- süppedés,
- pályahossz mérése,
- síktorzulás.

A mérési eredmények vizsgálatát és az azokból levont következtetéseket a „B” fenntartási mérethatár szerint határoztuk meg, melynek értékeit az 1. táblázatban ismertetjük.

1. táblázat: A vizsgálat szempontjából mérvadó mérethatárok értékei [3]

Tárgy	**Eltérés a névleges értéktől milliméterben, ha a kategória**				**Megjegyzés**
	A	**B**	**C**	**D**	
Nyomtávolság	+2	+12	+25	+30	normálnyomtáv névleges értéke 1435 mm
	–1	–5	–12	–15	
Nyomtávváltozás kifuttatása méterenként	2	4	6		
Túlemelés ívekben	+/–4	+/–10	+/–15		
Keresztsüppedés	2	8	15		
Síktorzulás	(1:400)	(1:300)	(1:150)	(1:110)	
	5	7	13	18	

A TrackScan 4.01 műszer által mért jellemzők közül a nyomtávolság, túlemelés és síktorzulás hibákat vizsgáltuk részletesebben.

2. Felépítmények avulásának vizsgálata

A különböző felépítmények vizsgálatához egy szubjektív pontozási rendszert alakítottunk ki. A mérőszámokhoz súlyszámokat rendeltem, melyek összegéből megkapjuk az avulási tényezőt. Ez az érték minél nagyobb, valószínűsíthető, hogy az adott felépítmény romlása annál hamarabb következik be.

A következő fejezetekben az egyes mérőszámokat ismertetjük.

2.1 A hiba jellege

A mérési eredmények kiértékelése során a különböző kimutatott hibákat azonos mértékben vettem figyelembe. A mérőszámhoz rendelt súlyszámok értéke az egyes felépítmények hosszán fellépő hibák számától függ (2. táblázat).

2. táblázat: Hibák jellegének súlyszámai

Fellépő hibák összege [db]	Súlyszám
0-10	1
10-20	2
20-30	3
30-40	4
40-50	5
50 <	6

2.2 A hiba hossza

A hibák hosszát a felépítmények hosszának függvényében határoztuk meg. Első lépésben megállapítottuk, hogy a különböző felépítményrendszerek milyen hosszon vannak jelen a teljes szakaszon. Ezután a mérési eredmények szerinti maximális hibák értékét megszoroztuk a fellépő hiba hosszával, majd az így kapott értékek átlagát vettük felépítmény altípusonként. Ezek arányához rendeltük a súlyszámokat (3. táblázat).

3. táblázat: Hibák hosszának súlyszámai

$\frac{\text{Hiba maximális érteke} \times \text{hiba hossza [mm×m]}}{\text{Felépítmény-szerkezet teljes hossza [km]}}$	Súlyszám
0-50	1
50-100	2
100-150	3
150-200	4
200-250	5
250-300	6
300 <	7

2.3 Geometriai viszonyok

A geometriai viszonyok figyelembevételénél vizsgálni kellett, hogy a jelentkező hibák egyenesben vagy ívben helyezkedik el. Amennyiben az adott hiba ívben volt található, úgy a súlyszáma az ív sugarától függő szorzót is kapott (4. táblázat). A súlyszámokat, a hibák jellegéhez hasonlóan a fellépő hibák összegéhez rendeltük (5. táblázat).

4. táblázat: Geometriai viszonyok súlyszámaihoz rendelt szorzók

Geometriai jellemző	Súlyszámhoz rendelt szorzó
Egyenes	1
Ív: R >100 m	1,5
Ív: R <100 m	2

5. táblázat: Geometriai viszonyok súlyszámai

Fellépő hibák összege [db]	Súlyszám
0-10	1
10-20	2
20-30	3
30-40	4
40-50	5
50 <	6

2.4 Felépítmények hossza

A mérési eredmények kiértékelése során kimutatott hibák számát arányosítottuk az adott felépítmény-szerkezetek teljes hosszához, majd ehhez rendeltünk súlyszámot (***6. táblázat***).

6. táblázat: Felépítmények hosszához rendelt súlyszámok

Hibák száma [db] / Felépítmény-szerkezet teljes hossza [km]	Súlyszám
0-10	1
10-20	2
20-30	3
30-40	4
40-50	5
50 <	6

2.5 Járművek sebessége

A járművek sebességének figyelembevételekor feltételeztük, hogy a megállóhelyek 50 méteres környezetén kívül a járművek sebessége 50 km/h. A megállóhelyek teljes hosszát megelőző 50 méter hosszon fékező, az utána levő 50 méter hosszon pedig gyorsító sebességet valószínűsítettük. Az ezekhez rendelt súlyszámok a 7. táblázatban találhatók.

7. táblázat: Járművek sebességéhez rendelt súlyszámok

Sebesség jellege	Súlyszám
50 km/h	1
Fékező	1,5
Gyorsító	1,5

2.6 Járművek adta terhelések

A mérési eredmények kiértékelésekor feltételeztem, hogy a vonal terhelése állandó (8. táblázat).

8. táblázat: Járművek terheléséhez rendelt súlyszámok

Terhelés	Súlyszám
Állandó	1

2.7 Fajlagos költség

Az egyes felépítmény-szerkezetek életciklus költségeit a BKV által készített A burkolt közúti vasúti felépítményrendszerek karbantartása [5] és A nyitott közúti vasúti felépítményrendszerek karbantartása [6] dokumentumokból vettük át. Ezek ez értékek az felépítményrendszerek 1 vágányméterre vonatkoztatott építési és karbantartási fajlagos költségét mutatják (9. táblázat).

9. táblázat: Felépítmény-szerkezetek fajlagos költség értékei [5, 6]

Felépítmény típus	Alkalmazott sínrendszer	Költség fajlagos értéke 1 vágányméterre [5, 6]
Bebetonozott ágyazatú		1,68
Betonlemezes		3,27
RAFS I.		4,13
RAFS II.		3,23
RAFS III.	59R2	3,00 – 3,77
	49E1	3,33
	54E1	4,27
Nagypanel		2,48
Zúzottkő ágyazat		1,68

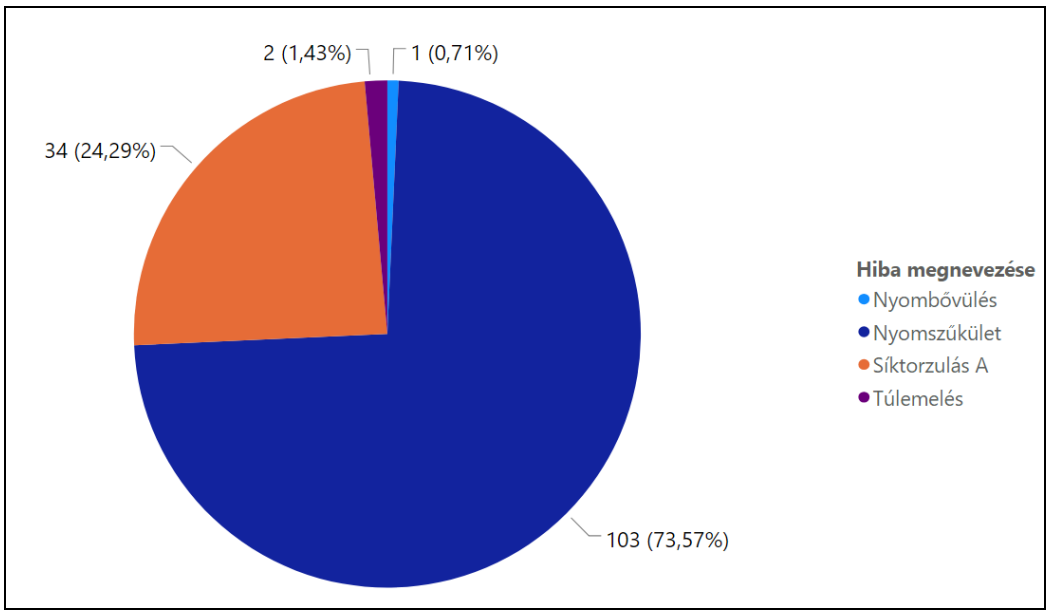
2.8 Időtartam

A hazai közúti vasúti pályák tervezési élettartamára vonatkozó előírás jelenleg nem áll rendelkezésre, ezért a tervezési időtartamot 20 évnek feltételeztük. Az időtartam tényezőt a beépítés óta eltelt évek és a tervezési időtartam arányszámaként vettük figyelembe.

3. Folyóvágány vizsgálata

A folyóvágány vizsgálata során a mérési eredmények 140 darab hibát mutattak ki, összesen 365 méter hosszon. A kimutatott hibák az alábbiak (1. ábra):

- nyombővülés,
- nyomszűkület,
- síktorzulás,
- túlemelés.



1. ábra: A hibák előfordulása a B méréthatár vizsgálata szerint

A mért adatok vizsgálatánál meg kellett állapítani, hogy hosszabb szakaszon jelentek meg a méreteltérések/mérethibák, vagy csak pontszerűen. Utóbbi esetet mindig figyelmen kívül kellett hagyni, hiszen ezek megjelenése általában a vályú szennyezettségének tudhatók be.

3.1 Mérési eredmények kiértékelése – 1. változat

A mérési eredmények kiértékeléséhez első közelítésként figyelmen kívül hagytuk a hiba hosszát, helyette a felépítményrendszerek teljes hosszához viszonyítottuk az előforduló hibák számát.

Az alábbi mérőszámokat használtuk:

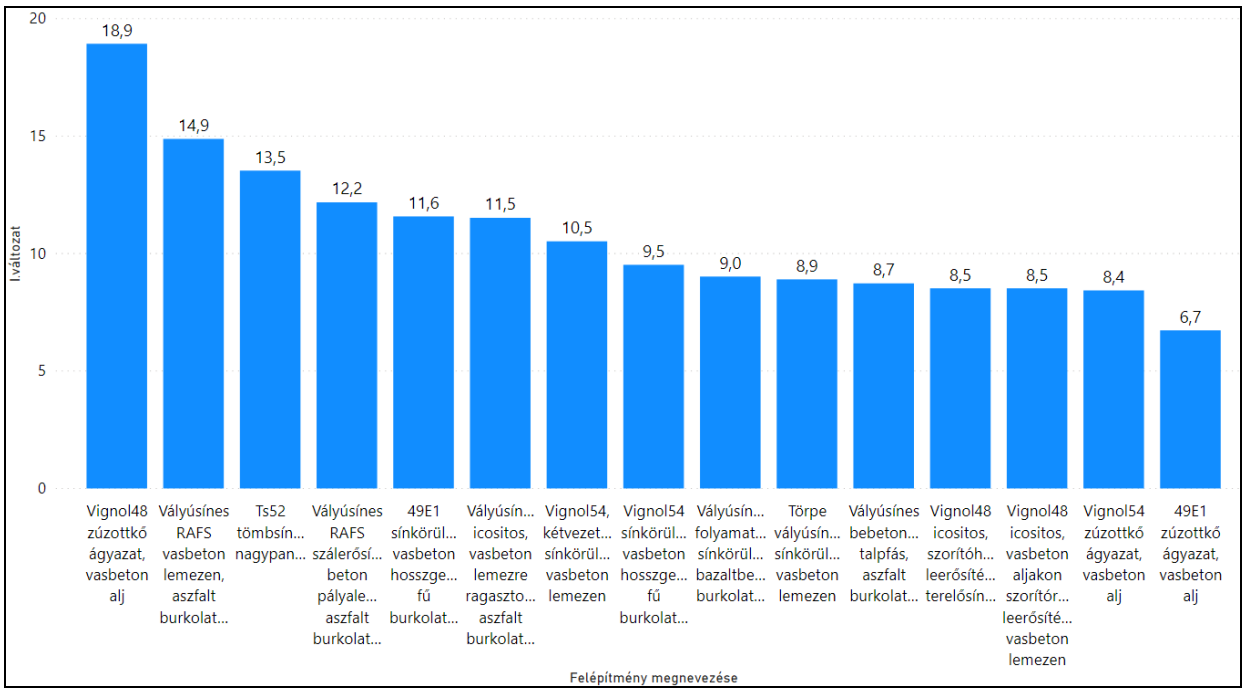
- a hiba jellege,
- geometriai viszonyok,
- felépítmények hossza,
- járművek sebessége,
- járművek adta terhelések,
- fajlagos költség,
- időtartam.

Az 1. változat szerinti szubjektív pontozás alapján a hibákkal rendelkező felépítmények avulási tényező szerinti csökkenő sorrendje az alábbi lett (10. táblázat).

10. táblázat: Felépítmények avulása – 1.változat

Felépítmény típus	Felépítmény altípus	Avulási tényező
Zúzottkő ágyazatú	Vignol48 zúzottkő ágyazat, vasbeton alj	**18,9**
RAFS I.	Vályúsínes RAFS vasbeton lemezen, aszfalt burkolattal	**14,9**
Nagypaneles	Ts52 tömbsínes, nagypaneles	**13,5**
RAFS I.	Vályúsínes RAFS szálerősített beton pályalemezen, aszfalt burkolattal	**12,2**
RAFS III.	49E1 sínkörülöntéssel vasbeton hosszgerendán fű burkolattal	**11,6**
Betonlemezes	Vályúsínes, icositos, vasbeton lemezre ragasztott, aszfalt burkolattal	**11,5**
RAFS III.	Vignol54, kétvezetősínes, sínkörülöntéssel vasbeton lemezen	**10,5**
RAFS III.	Vignol54 sínkörülöntéssel vasbeton hosszgerendán fű burkolattal	**9,5**
RAFS III.	Vályúsínes, folyamatos sínkörülöntéses bazaltbeton burkolattal	**9,0**
RAFS III.	Törpe vályúsínes, sínkörülöntéses vasbeton lemezen	**8,9**
Bebetonozott ágyazatú	Vályúsínes bebetonozott talpfás, aszfalt burkolattal	**8,7**
Betonlemezes	Vignol48 icositos, szorítóhatású leerősítéssel, terelősínnel	**8,5**
Betonlemezes	Vignol48 icositos, vasbeton aljakon szorítórugós leerősítéssel, vasbeton lemezen	**8,5**
Zúzottkő ágyazatú	Vignol54 zúzottkő ágyazat, vasbeton alj	**8,4**
Zúzottkő ágyazatú	49E1 zúzottkő ágyazat, vasbeton alj	**6,7**

Az eredmények kiértékeléséből látható, hogy a Vignol48 sínrendszerű, vasbeton alj alátámasztású, zúzottkő ágyazatú felépítmény romlása kiemelkedő, avulási tényezője közel háromszor nagyobb a 49E1 vasbeton alj alátámasztású, zúzottkő ágyazatú felépítményénél (2. ábra).



2. ábra: 1. változat szerinti avulási tényezők csökkenő sorrendben

3.2 Mérési eredmények kiértékelése – 2. változat

Második közelítésként a hiba hosszát vettük figyelembe az alábbi módon:

$$\frac{hiba\ maximális\ értéke \times hiba\ hossza\ [mm \times m]}{felépítmény - szerkezet\ teljes\ hossza\ [km]} \quad (1)$$

A felépítményrendszerek teljes hosszának és az előforduló hibák egymáshoz viszonyított arányszámát figyelmen kívül hagyva, az alábbi mérőszámokat használtuk:

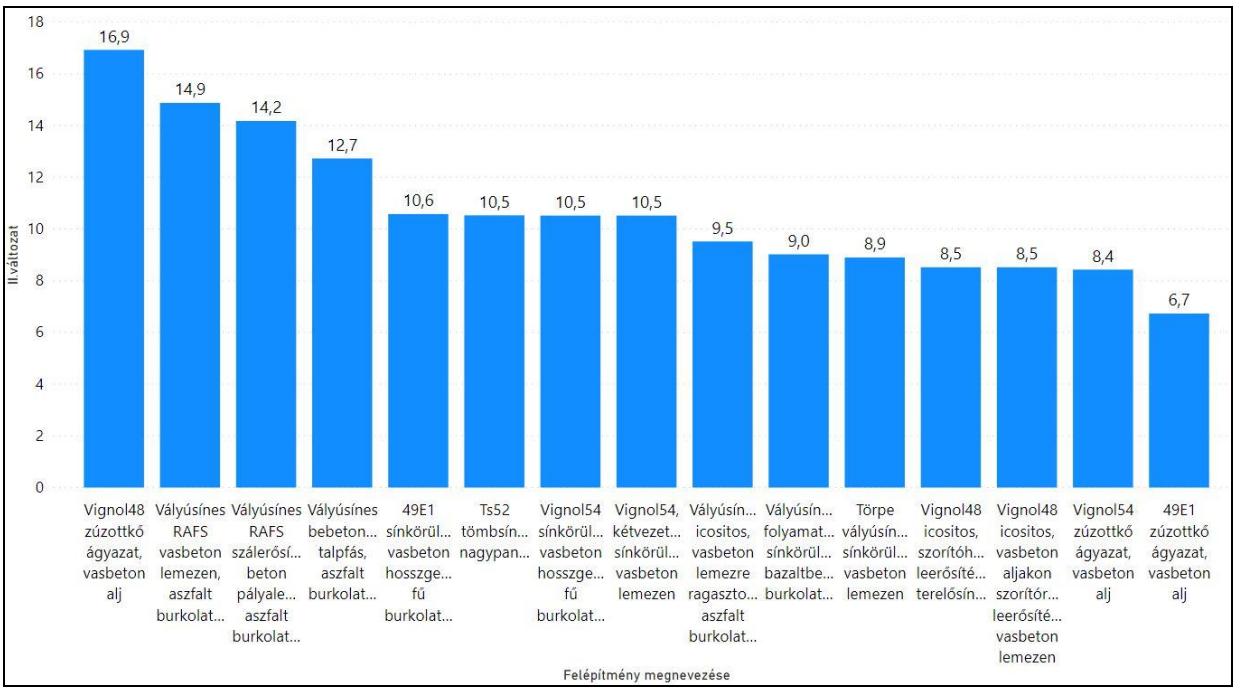
- a hiba jellege,
- a hiba hossza,
- geometriai viszonyok,
- járművek sebessége,
- járművek adta terhelések,
- fajlagos költség,
- időtartam.

Az így kapott felépítmények avulási tényező szerinti csökkenő sorrendje az alábbi lett (11. táblázat).

11. táblázat: Felépítmények avulása – 2. változat

Felépítmény típus	Felépítmény altípus	Avulási tényező
Zúzottkő ágyazatú	Vignol48 zúzottkő ágyazat, vasbeton alj	**16,9**
RAFS I.	Vályúsínes RAFS vasbeton lemezen, aszfalt burkolattal	**14,9**
RAFS I.	Vályúsínes RAFS szálerősített beton pályalemezen, aszfalt burkolattal	**14,2**
Bebetonozott ágyazatú	Vályúsínes bebetonozott talpfás, aszfalt burkolattal	**12,7**
RAFS III.	49E1 sínkörülöntéssel vasbeton hosszgerendán fű burkolattal	**10,6**
Nagypaneles	Ts52 tömbsínes, nagypaneles	**10,5**
RAFS III.	Vignol54, kétvezetősínes, sínkörülöntéssel vasbeton lemezen	**10,5**
RAFS III.	Vignol54 sínkörülöntéssel vasbeton hosszgerendán fű burkolattal	**10,5**
Betonlemezes	Vályúsínes, icositos, vasbeton lemezre ragasztott, aszfalt burkolattal	**9,5**
RAFS III.	Vályúsínes, folyamatos sínkörülöntéses bazaltbeton burkolattal	**9,0**
RAFS III.	Törpe vályúsínes, sínkörülöntéses vasbeton lemezen	**8,9**
Betonlemezes	Vignol48 icositos, szorítóhatású leerősítéssel, terelősínnel	**8,5**
Betonlemezes	Vignol48 icositos, vasbeton aljakon szorítórugós leerősítéssel, vasbeton lemezen	**8,5**
Zúzottkő ágyazatú	Vignol54 zúzottkő ágyazat, vasbeton alj	**8,4**
Zúzottkő ágyazatú	49E1 zúzottkő ágyazat, vasbeton alj	**6,7**

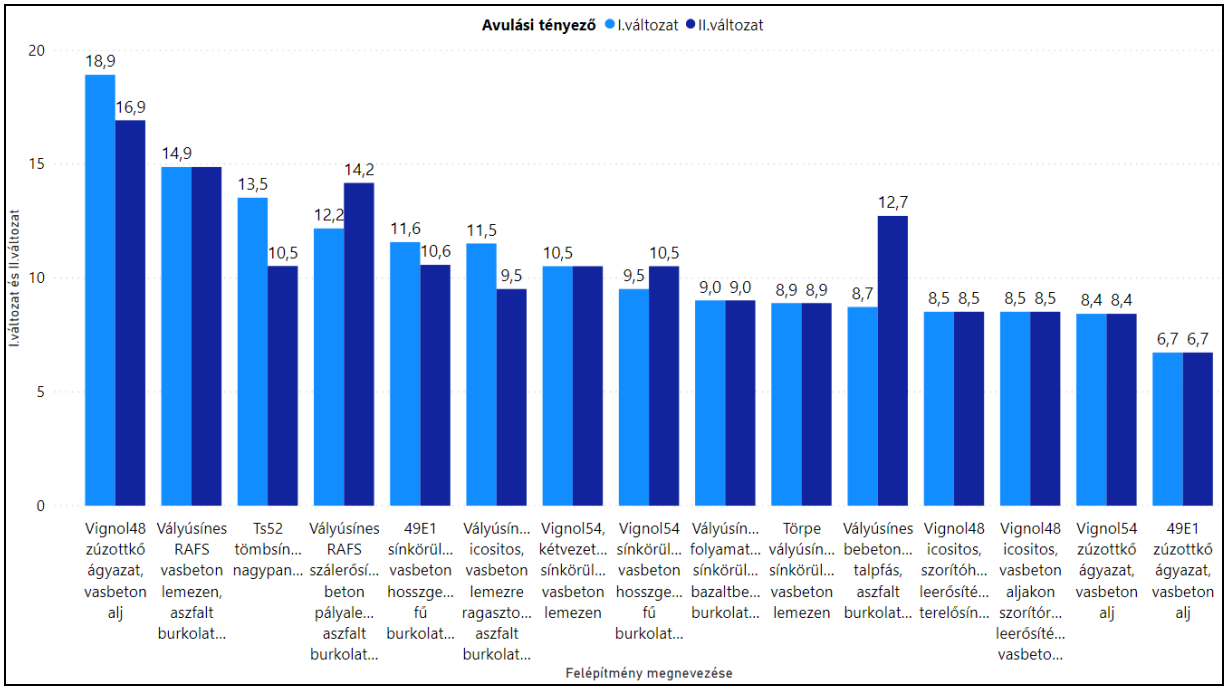
Az eredmények kiértékeléséből látható, hogy az 1. változathoz hasonlóan, ebben az esetben szintén a Vignol48 sínrendszerű, vasbeton alj alátámasztású, zúzottkő ágyazatú felépítmény avulási tényező értéke a legmagasabb (3. ábra).



3. ábra: 2. változat szerinti avulási tényezők csökkenő sorrendben

3.3 Változatok összehasonlítása

A kétféle kiértékelés összehasonlítása során látható, hogy a mérőszámok módosításával az avulási tényezők értékei is változtak (4. ábra).



4. ábra: 1. és 2. változat avulási tényezőinek egymáshoz viszonyított értékei

Az alábbi három típusú felépítményrendszer esetében változott jelentősen az avulási tényező értéke:

- vályúsínes RAFS szálerősített beton pályalemezen, aszfalt burkolattal,
- Vignol54 sínkörülöntéssel vasbeton hosszgerendán fű burkolattal,
- vályúsínes bebetonozott talpfás, aszfalt burkolattal felépítmény.

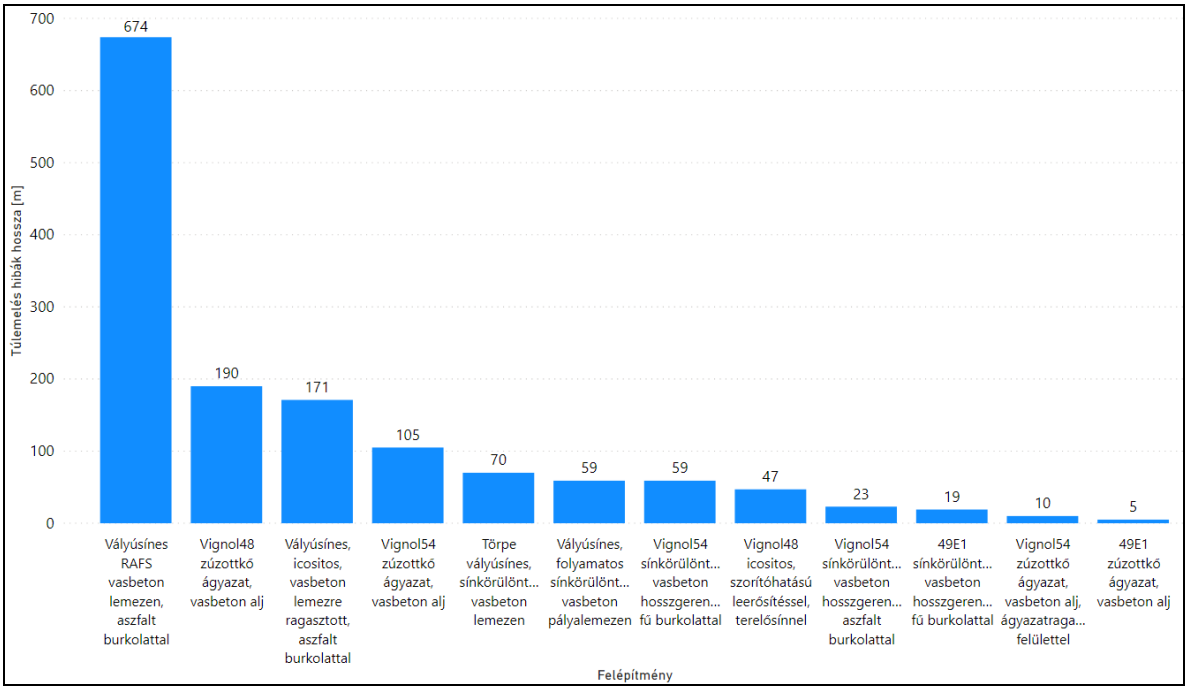
Ezek értéke azért módosult, mert a teljes szakaszon csak kis hosszon találhatók meg, azonban ennek ellenére számos hiba jelentkezett már a beépítésük óta.

3.4 Túlemelések vizsgálata

A túlemelési hibák esetében két esetet volt szükséges vizsgálni:

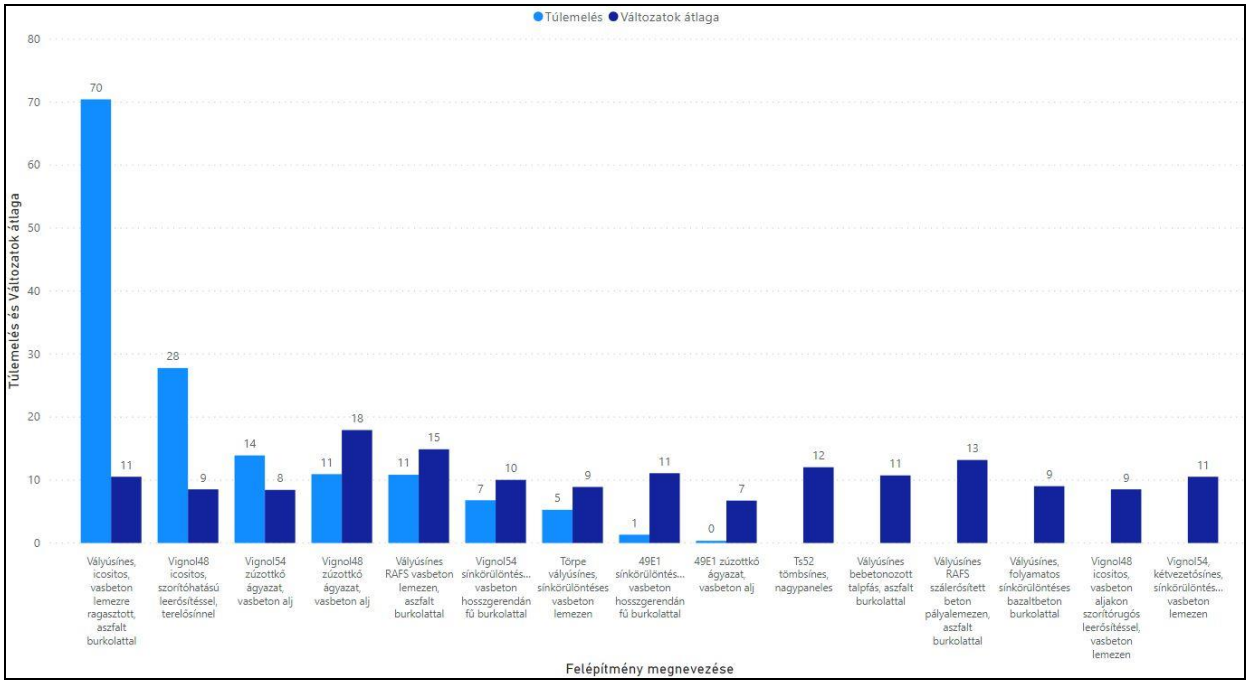
- a megvalósulási terveken nem szerepel túlemelés, de a mérési eredmények meghaladják a „B” mérethatár értékeit, vagy
- a megvalósulási terveken szerepel túlemelési érték, azonban a mérési eredmények ezek figyelembevételével is meghaladják a „B” mérethatár értékeit.

Az eredmények kiértékelése azt mutatta ki, hogy túlemelés hibák olyan szakaszokon jelentkeznek, ahol a megvalósulási tervek szerint a kereszt fekszint értéke 0 (5. ábra).



5. ábra: Túlemelési hibák hossza felépítményenként

Vizsgáltuk az adott felépítmény és az azon megjelenő túlemelés hibák hosszának arányát összevetve az 1. és a 2. változatban kapott avulási tényezők átlagával. A 6. ábrán látható, hogy a legtöbb túlemelési hiba a vályúsínes, icositos, vasbeton lemezre ragasztott, aszfalt burkolattal ellátott felépítményen jelentkezik. A kimagasló avulási tényezővel rendelkező Vignol48 sínrendszerű, vasbeton alj alátámasztású, zúzottkő ágyazatú felépítményen sokkal kisebb mértékben jelennek meg túlemelési hibák.



6. ábra: A túlemelési hibák hosszának és az avulási tényezők átlagának közös vizsgálata

4. Megállóhelyek vizsgálata

Az 1-es villamos vonalán összesen 32 darab megállóhely található, melyek mindegyike középperonos elrendezésű. Ezek esetében a nyomtávolság és a túlemelés hibákat elemeztem.

A megállóhelyek kiértékeléséhez az alábbi mérőszámokat használtuk:

- geometriai viszonyok,
- járművek sebessége,
- járművek adta terhelések,
- fajlagos költség,
- időtartam.

Ezeken kívül vizsgáltam az azonos felépítmény-szerkezetű peronok összegzett hosszainak és az ezeken a szakaszokon megjelenő hibák összegzett hosszainak arányát, melyhez súlyszámot rendeltünk (***12. táblázat***).

12. táblázat: Peronok hosszához rendelt súlyszámok

Hibák hosszainak összege [db] / **Azonos felépítmény-szerkezetű peronok hosszainak összege [m]**	**Súlyszám**
0-0,25	1
0,25-0,5	2
0,5-0,75	3
0,75-1,0	4
1,0 <	5

A szubjektív pontozási rendszer alapján a megállóhelyek esetében a felépítmények avulási tényezői az alábbiak lettek (***13. táblázat***).

13. táblázat: Felépítmények avulása – megállóhelyek

Felépítmény típus	Felépítmény altípus	Avulási tényező
Zúzottkő ágyazatú	Vignol48 zúzottkő ágyazat, vasbeton alj	**8,9**
RAFS III.	49E1 sínkörülöntéssel vasbeton hosszgerendán fű burkolattal	**8,6**
RAFS I.	Vályúsínes RAFS vasbeton lemezen, aszfalt burkolattal	**8,4**
Nagypaneles	Ts52 tömbsínes, nagypaneles	**5,5**

A fenti értékekből látható, hogy a folyóvágányhoz hasonlóan, a megállóhelyek esetében is a Vignol48 sínrendszerű, vasbeton alj alátámasztású, zúzottkő ágyazatú felépítmény avulási tényező értéke lett a legmagasabb.

5. Útátjárók vizsgálata

A vizsgált vonalszakaszon összesen 35 csoport útátjáró található, legtöbb esetben vályúsínes RAFS vasbeton lemezen, bazaltbeton burkolatos felépítményűek. A megállóhelyekhez hasonlóan a nyomtávolság és a túlemelés hibákat elemeztem.

A mérési eredmények kiértékeléséhez az alábbi mérőszámokat vettük figyelembe:

- geometriai viszonyok,
- járművek sebessége,
- járművek adta terhelések,
- fajlagos költség,
- időtartam.

Ezeken kívül vizsgáltuk az azonos felépítmény-szerkezetű útátjárók összegzett hosszainak és az ezeken a szakaszokon megjelenő hibák összegzett hosszainak arányát. Az így kapott arányszám értékéhez súlyszámokat rendeltünk (***14. táblázat***).

14. táblázat: Útátjárók hosszához rendelt súlyszámok

Hibák hosszainak összege [db] / **Azonos felépítmény-szerkezetű útátjárók hosszainak összege [m]**	**Súlyszám**
0-0,25	1
0,25-0,5	2
0,5-0,75	3
0,75-1,0	4
1,0 <	5

A szubjektív pontozási rendszer alapján az útátjárók esetében a felépítmények avulási tényezője az alábbiak lettek (15. táblázat).

15. táblázat: Felépítmények avulása – útátjárók

Felépítmény típus	Felépítmény altípus	Avulási tényező
RAFS I.	Vályúsínes RAFS vasbeton lemezen, aszfalt burkolattal	**12,4**
Betonlemezes	Vályúsínes, icositos, vasbeton lemezre ragasztott, aszfalt burkolattal	**11,5**
RAFS III.	Vignol54, kétoldali vezetősínnel, sínkörülöntéssel vasbeton lemezben aszfalt burkolattal	**10,5**
RAFS I.	Vályúsínes RAFS vasbeton lemezen, bazaltbeton burkolattal	**10,4**
Nagypaneles	Ts52 tömbsínes, nagypaneles	**9,5**
RAFS III.	Vályúsínes sínkörülöntéses monolit útátjáró beton burkolattal	**8,6**
RAFS III.	Vályúsínes, folyamatos sínkörülöntéses bazaltbeton burkolattal	**8,0**
Zúzottkő ágyazatú	Vignol48 zúzottkő ágyazat, vasbeton alj, aszfalt burkolattal	**7,9**
RAFS III.	49E1 sínkörülöntéssel, előregyártott betonvályúban	**7,4**

A kiértékelésből látható, hogy az útátjárók esetében a vályúsínes RAFS vasbeton lemezen, aszfalt burkolatú felépítmény avulási tényező értéke lett a legnagyobb, eltérően az folyóvágány és a megállóhelyek eredményeitől.

6. Kitérők vizsgálata

Az 1-es villamos jobb vágányában összesen 22 csoport kitérő található, melyek esetében nyomtávolság és túlemelés hibákat tudtuk vizsgálni.

A vályúsínes Ph-rendszerű rugalmas kitérőkről általánosságban elmondható, hogy jó állapotban vannak, a Közvágóhíd megálló előtt található Ph 50/50e esetében jelenik meg túlemelési hiba, melynek értéke a teljes hosszán átlagosan 13,7 milliméter.

A Vignol rendszerű rugalmas kitérők szintén jó állapotban vannak, a Bécsi út/Vörösvári út megállónál található B48 100/100e kitérő esetében jelenik meg túlemelési hiba, egy rövidebb szakaszon átlagosan 10,5 milliméter értékkel, amely éppen átlépi a „B” fenntartási mérethatár által meghatározott értékeket.

Konklúzió

A közúti városi vasút XIX. századi megjelenése óta törekszenek a legújabb technológiai megoldásokkal, korszerűsítésekkel a pályaépítési-fenntartási tevékenységeket egyszerűsíteni és tökéletesíteni. Hazánkban jelenleg hétféle felépítmény-szerkezetet különböztethetünk meg [3], azonban ezek projektenként más és más módon valósulnak meg. Változó jellemzőik az alátámasztás, a sínágyazás, a leerősítés, a sínrendszer és a burkolat típus.

Az 1-es villamos szakaszát 2014-2019. évek között folyamatosan felújították, illetve újabb szakaszokat építettek. A fővárosban ezen a vonalon található a legtöbb típusú közúti vasúti felépítmény-szerkezet.

Az éjszakai üzemszünetben végzett méréseink eredményeit különböző mérőszámok alapján elemeztük és egy szubjektív pontozási rendszert hoztunk létre. A súlyszámok összegéből – a felépítmények avulásának jellemzésére – az úgynevezett avulási tényező elnevezést alkottunk meg és határoztuk meg ennek számítási módszerét.

A mérési eredmények kiértékelése alapján azt kaptuk eredményül, hogy a folyóvágánynál és a megállóhelyeknél a Vignol48 sínrendszerű, vasbeton alj alátámasztású, zúzottkő ágyazatú felépítmény, míg az útátjárók esetében a vályúsínes RAFS vasbeton lemezen készült aszfalt burkolatú felépítmény avulási tényezője a legmagasabb.

A különböző felépítményrendszerek avulási tényezőjének pontosításának érdekében – más terhelésű, más évben beépített vonalszakaszokon – további mérésekre van szükség. Ehhez első körben, magyar nyelvű szakcikként a [7, 8, 9, 10] irodalmakat érdemes felhasználni.

Jelen cikk a [11]-es konferencia-cikk folytatásaként készült.

Köszönetnyilvánítás

Jelen cikk az EFOP 3.6.1-16-2016-00017 projekt támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

[1] https://library.hungaricana.hu/hu/view/ORSZ_KOZL_Ok_03_Sarga/?pg=2&layout=s (2020.02.06)
[2] https://www.bkv.hu/hu/kiadvanyaink/120_eves_a_budapesti_villamos_vasuti_kozlekedes (2020.02.06)
[3] BKV Zrt. (2019). Közúti vasúti infrastruktúra tervezési irányelvek, 2019
[4] Jóvér, V. (2019). Közúti vasúti pályák komplex elemzése, MSc diplomamunka, Széchenyi István Egyetem Építész-, Építő- és Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék, 82 p.
[5] BKV Zrt.: A burkolt közúti vasúti felépítményrendszerek karbantartása
[6] BKV Zrt.: A nyitott közúti vasúti felépítményrendszerek karbantartása
[7] Vinkó, Á. (2018) A közúti vasúti pálya-állapotfelmérésének rezgésdiagnosztikán alapuló módszere és a rendszer függőségeinek vizsgálata, PhD értekezés, BME Vásárhelyi Pál Építőmérnöki és Földtudományi Doktori Iskola, 258 o.
[8] Csépke, R. (2015). Pályatechnológiai fejlesztések a BKV közúti vasúti hálózatán: 1. rész Burkolt vágányok, Sínek Világa, 57(1), 36–41.
[9] Csépke, R. (2015). Pályatechnológiai fejlesztések a BKV közúti vasúti hálózatán: 2. rész Nyitott, zúzottkő ágyazású közúti vasúti vágányrendszerek, Sínek Világa, 57(2), 13–17.
[10] Csépke, R. (2019). Pályatechnológiai fejlesztések a BKV közúti vasúti hálózatán: 3. rész A sínkörülöntéses felépítmények rendszerfejlődése, Sínek Világa, 61(6), 11–18.
[11] Jóvér, V., Gáspár, L., Fischer, Sz. (2020). Közúti vasúti felépítmény-szerkezetek komplex elemzése, City Rail 2020 konferencia, Balatonfenyves, 2020. április 7-8. – leadott kézirat

Közúti vasúti járművek összehasonlító futástechnikai vizsgálata okostelefonok inerciális szenzoradatainak méréstechnikai alkalmazásával

Dr. Vinkó Ákos[1] – Kopitkó Tünde[2]

[1]BME, Út és Vasútépítési Tanszék
telefon: 06 70 202 0071
e-mail: vinko.akos@epito.bme.hu

[2]BME, Út és Vasútépítési Tanszék
telefon: 06 20 464 5748
e-mail: kopitko.tunde@gmail.com

Kivonat: A BKV Zrt. pályatervezési és pályafelügyeleti előírásait összefoglaló kötet, az ún. „Sárga könyv" új pálya tervezésére vonatkozóan ugyan tartalmaz utazási komfort határértékeket (oldalgyorsulás és az oldalgyorsulás-változás), azonban a jelenlegi szabályozásban ezek nincsenek üzemi jármű mérésekkel alátámasztva. A cikk célja a régi hagyományos forgóvázas TATRA T5C5 és az új CAF Urbos villamosok ívérzékelésének összehasonlító futástechnikai vizsgálata a „Sárga könyv" hatályos előírásainak a tükrében. A vizsgálatot a kocsiszekrényhez rögzített okostelefonok inerciális szenzoradatainak (gyorsulásmérő és giroszkóp) használatával végeztük. Kigyűjtöttük a mindkét jármű által járt budapesti viszonylatok, mintegy 80 pályakm ívadatait, a pályaíveket helyszínrajzi elrendezésük alapján csoportokba rendeztük és a futási szempontból kritikus vágánygeometriai paraméterek szélsőértékeinek statisztikai kiértékelésével kiválasztottuk a vizsgálati helyszíneket. A kiértékelés során vizsgáltuk a kedvezőtlen geometriai elrendezések esetén mért kiugró gyorsulás és szögsebesség értékeket, illetve a rögzített jelalak jellegzetességeit is. A vizsgálat során kimutattuk, hogy új építésű pályán, kedvezőtlen pályageometriai paraméterek esetén az alacsonypadlós járművek szabálytalan járműmozgása egyértelműen azonosítható, míg a hagyományos forgóvázas járművek esetén ez a jelenség szignifikánsan kisebb, vagy nem is tapasztalható.

Kulcsszavak: okostelefon, multicsuklós villamos, utazási komfort, pálya-jármű kölcsönhatás

Bevezetés

A mai közúti vasúti járművek már több, mint 125 éves tervezési tradicióra nyúlnak vissza, amely időszakban több jelentős mérföldkövet említhetünk: *merevtengelyes járművek*, *forgóvázas járművek*, *csuklós villamosok*, majd végül az *alacsonypadlós járművek*. Az alacsonypadlós járműkialakítás több lépésben tudott megvalósulni. Először részben alacsonypadlós villamosokat alakítottak ki, majd a német MAN cég 1995-ben kifejlesztette az első „100%-ban alacsonypadlós" villamost (a GT6N-t, Nürnberg részére) [1]. Ettől az időponttól kezdve minden gyártó alacsonypadlós jármű gyártására törekedett, és számos csodálatos mérnöki újítást vezetett be annak érdekében, hogy megfeleljenek a piaci igényeknek. Az alacsonypadlós modern közúti vasúti járművek szerkezeti paraméterei, kialakítása és tervezési koncepciója igen széles skálán mozoghat, amelyhez igazodva a gyártók moduláris rendszerű típus megoldásokat kínálnak.

Az alacsonypadlós kialakítás jelentősen befolyásolja a forgóvázak szerkezeti kialakítását. a kocsirészek elrendezését és az egymáshoz való kényszerkapcsolatukat is. A különböző megoldások a pálya vonalvezetési paramétereitől függően eltérő futásminőséget biztosítanak. A két leggyakrabban alkalmazott kocsiszekrény elrendezés a *multicsuklós kialakítás* („VarioBahn", pl. a budapesti CAF Urbos3), valamint az egy, vagy több rövid-csuklós járműrész egyesítésével kialakított járműszerkezet (pl. a budapesti Siemens Combino Supra NF12B). A multicsuklós kialakításnál a vezetőállás modulok után befüggesztett hosszú és rövid futómű modulok váltják egymást. A rövid modulok futóműve mechanikusan (a járműszekrény oldaláról) kormányzott, azaz a kocsiszekrény és a futóműalváz relatív elfordulása elhanyagolható. A többszörösen rövid-csuklós kialakításnál a futóművek a modul közepén találhatók. A rövid-csuklós egységek futóműveit – függetlenül a csukló állásától – egy becsuklás elleni védelem úgy hozza kényszerkapcsolatba, hogy mindig azonos irányban és azonos mértékben forduljanak ki. Ez rendkívül jó űrszelvény kihasználáshoz vezet, de ennek a kialakításnak köszönhetően a jármű csak 25 m-nél nagyobb,

átmenetiíves íveken alkalmazható és a jármű futása még ekkor is rosszabb, mint a hagyományos forgóvázas járműveké [2]. Ráadásul az alacsonypadlós kialakításnak köszönhetően az elektromos berendezéseket a jármű tetején kell elhelyezni, ami a jármű súlypontjának emelkedése miatt tovább erősíti a kocsiszekrény támolygó mozgását.

Bizonyos tekintetben a modern multicsuklós alacsonypadlós járművek szerkezeti kialakításukban visszaléptek a hagyományos merevtengelyes, forgóváz nélküli járművekhez, hiszen a kocsirészek alatti futóműveknek a kocsiszekrényhez viszonyított relatív elfordulása limitálva van. Ez a kialakítás a korábbi forgóvázas kivitelű járművekhez képest nagyobb erőhatást eredményez a kocsiszekrényekre és az utasokra egyaránt, felgyorsítva ezzel mind a pálya, mind pedig a jármű idő előtti tönkremenetelét. Az alacsonypadlós villamosok kissugarú íveket tartalmazó viszonylatokon való alkalmazása esetén elkerülhetetlen az intenzív sínkopás, és a járművek sebességcsökkentése. Néhány külföldi üzemeltető szerint az alacsonypadlós járművek üzeme 15%-al több járműkarbantartási költséget és 20%-al több pályafenntartási költséget jelent. [3].

A gyártók természetesen megpróbálták javítani a járművek futását, sok kísérletet végeztek, de néha meglehetősen kétes, összetett és drága megoldásokat fejlesztettek ki. Az utóbbi időben a folyamat kielégítő eredményének hiánya a járműgyártók nagy részében azt a következtetést vonta maga után, hogy a hagyományos a kocsiszekrény alatt elforgó, tengelyes futóműhöz való visszatérés a legjobb módja annak, hogy biztosítsák a lehető legjobb utazási komfortot és eliminálják a pályafenntartással kapcsolatos problémákat. [2]

Mára már a gyártók többsége a megrendelő igénye szerint képes kocsiszekrény alatt elforgó, illetve ahhoz mereven rögzített futóművet (multicsuklós elv szerint) is beépíteni az alacsonypadlós járművekbe [4]. Az olyan közút vasúti hálózatok esetén, ahol nincsenek kissugarú ívek (R>25 m) és forgalom is csekély, ott a futóműmodulos, múlticsuklós járművek gazdaságosan alkalmazhatók, viszont azokon a hálózatokon, ahol nagy a kissugarú pályaívek aránya (pl: Prága, Toronto), ott elengedhetetlen az új fejlesztésű, kocsiszekrény alatt elforgó futóművek alkalmazása.

A modern kor elvárásainak megfelelően Budapesten is egyre nagyobb részarányban üzemeltetnek korszerű 100%-ban alacsonypadlós villamosokat (CAF Urbos, Combino Supra). A pálya-, és a jármű-infrastruktúra hatékony, hosszútávú üzemeltetéséhez elengedhetetlen a pálya-jármű rendszerben fellépő igénybevételek minimalizálása, a lehető legjobb utazási komfort biztosítása. Az utazási komfort számszerűsítésére egy sajátos mérési és kiértékelési módszert dolgoztunk ki, amellyel összehasonlítottuk a Budapesten üzemeltetett hagyományos forgóvázas és a modern alacsonypadlós járművek futási tulajdonságait. A vizsgálati helyszíneket a névleges térképi vonalvezetési adatok statisztikai kiértékelésével jelöltük ki oly módon, hogy szélsőséges vágányparaméterek esetén hasonlíthassuk össze a járművek viselkedését. A következő fejezetekben rendre bemutatjuk a mérési helyszínek kiválasztásának szempontjait, az alkalmazott mérési és minősítési módszert, majd ismertetjük az eredményeket.

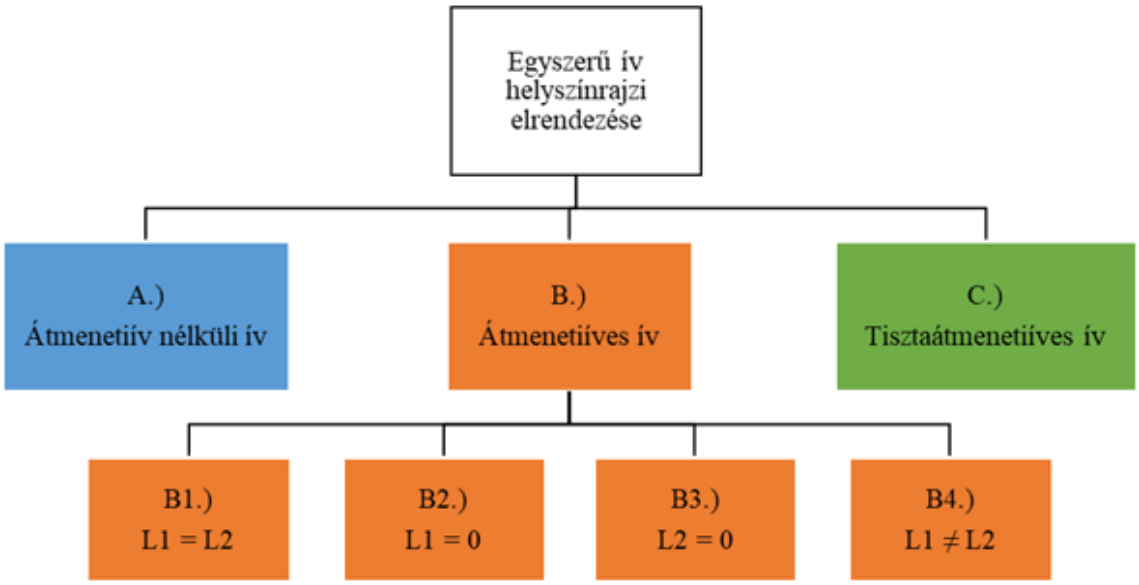
1. Budapest villamos vágányhálózatán jellemző pályaívek statisztikai vizsgálata

1.1 Pályaívek csoportosítása vágányképük szerint

A közúti vasúton jellemző pályaíveket és ívelrendezéseket vágányképük alapján kategóriákba soroltuk. Minden ívkategórián belül meg lehet különböztetni a túlemelt és a túlemelés nélküli íveket, ezeket a továbbiakban nem részletezzük külön. Az egyszerű ívek csoportosítása az **1. ábrán**, látható. Az egyszerű pályaívek a görbületváltozásuk jellege alapján csoportosíthatók, amely szerint beszélhetünk folytonos (átmenetiíves ív) és ugrásos görbületváltozásról (átmenetiív nélküli pályaív). Három fő kategóriát különböztethetünk meg: az átmenetiív nélküli ívet, az átmenetiíves ívet, valamint a tisztaátmenetiíves ívet. Az átmenetiíves íveken belül négy alcsoportot definiáltunk a be- és kimenő átmenetiívek helyszínrajzi kialakítása és paraméterei alapján. Az első alcsoportba a szimmetrikus átmenetiívek tartoznak, ahol a be- és kimenő átmeneti ívek egyenlő hosszúak. A további három alkategóriát az aszimmetrikus ívek típusai tartoznak: a bemenő átmenetiív nélküli ívek, a kimenő átmenetiív nélküli ívek, valamint az eltérő hosszúságú be- és kimenő átmenetiíves ívek alkotják a további három alcsoportot.

Az egyszerű ívek sorozata összetett ívet alkot. Akkor tekintettünk két egymás után következő ívet összetettnek, ha legfeljebb 15 m hosszú közbenső egyenes volt közöttük. Feltételeztük, hogy ez a távolság annyival nagyobb a villamosok járműérzékelési hosszánál, hogy már külön ívként érzékelik őket a Budapesten üzemeltetett járművek. Az összetett ívelrendezéseket három csoportba soroltuk, és minden

csoporton belül két-két alcsoportot különböztettünk meg. Az első csoportba az azonos görbületű ívek kerültek. Ezen belül megkülönböztettük a kosáríveket és a rövid közbenső egyenessel csatlakozó azonos görbületű íveket. Ehhez hasonlóan a második kategóriába az ellenkező görbületű ívek kerültek, a további besorolás alapja pedig ugyanúgy a közbenső egyenessel történő csatlakozás megléte volt. Az utolsó csoportba a speciális ívelrendezések, a hurok és a delta vágánykapcsolatok kerültek.



1. ábra: Egyszerű ívek csoportosítása.

1.2 A helyszínrajzi ívelrendezések előfordulása a budapesti villamoshálózaton

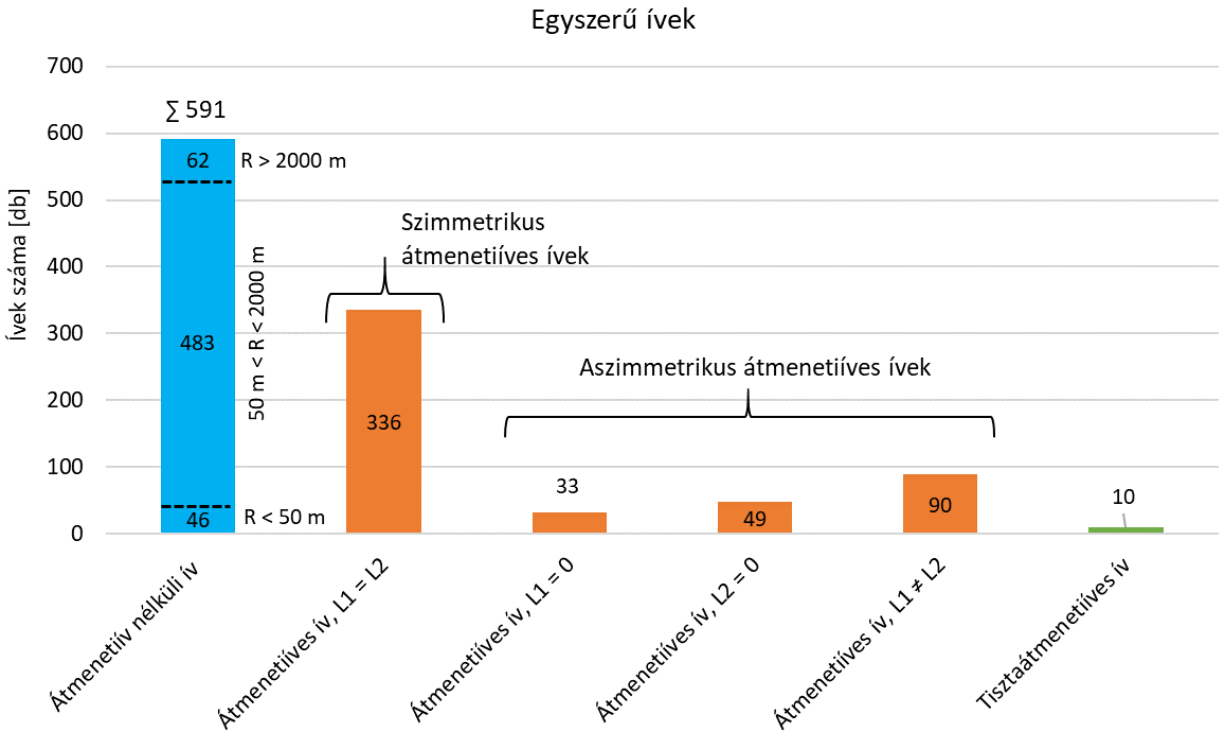
A kategóriák megalkotása után a budapesti villamoshálózat CAF, Combino és TATRA T5C5 járművek által üzemszerűen járt villamosvonalait vizsgáltuk meg, és a vonalak íveit besoroltuk az előző alfejezetben bemutatott kategóriákba. Minden vonalat vizsgáltunk, ahol az említett három járműtípus közül legalább az egyik közlekedik.

Az ívek geometriai alapadatainak kigyűjtésével statisztikai vizsgálatot végeztünk. Az íveket a következő paraméterek szerint vizsgáltuk: *ívsugár*, *középponti szög*, *ívhossz*, *átmenetiív hossza*, összetett íveknél közbenső egyenes hossza, együttes térítési szög, és a sugárarány. Az átmenetiíves ívek közül szinte az összes klotoid típusú, ezért eme szempont szerint nem volt értelme statisztikai vizsgálatokat végezni. Néhány statisztikai értékelés látható a **2.** és **3. ábrákon**.

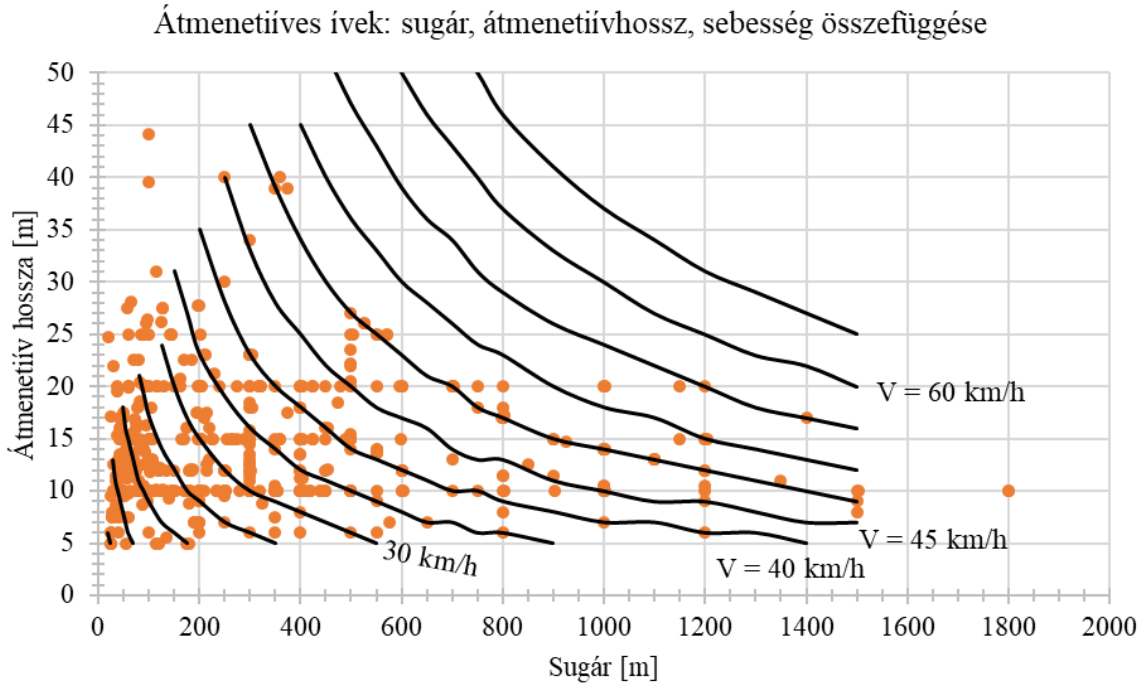
A városi szűk környezetből adódóan nagyon sokszor nem áll rendelkezésre elegendő hely a legmegfelelőbb vonalvezetés kialakításához. A pályaív ívsugarának megfelelő megválasztása kiemelt fontosságú. A vizsgált egyszerű ívek kicsit több, mint a fele átmenetiív nélküli ív. Megfelelően nagy ívsugár (R > 2000 m) esetén a tisztaív alkalmazása elfogadható utazási komfort és futástechnikai szempontból is, viszont kis sugár (50 m alatt) esetén az átmenetiív nem hagyható el! Az átmenetiíves íveknél jellemző a szimmetrikus helyszínrajzi kialakítás (L1 = L2). Az átmenetiíves ívek harmada aszimmetrikus átmeneti ív, ilyen ív tervezésére szinte mindig helyszíni kötöttségek miatt kerül sor. Az átmenetiív nélküli ívek gyakoribbak, mint az átmenetiíves ívek, viszont a szimmetrikus átmenetiíves ívek száma csak kicsit több, mint a fele az átmenetiív nélküli ívek számának. Tisztaátmenetiíves ívből nagyon kevés van, az íveknek csak 1%-át teszi ki ez a kategória, pedig több helyen lehetett volna hatékonyan alkalmazni. A tisztaívek sugár szerinti megoszlását a **2. ábra** mutatja. A tisztaívek 8%-a kissugarú, 10%-ának 2000 m-nél nagyobb a sugara. A tisztaátmenetiíves ívek esetén a legkisebb ívsugár 58 m, a legnagyobb 203,2 m. A tisztaíveknél nagyobb sugarak jellemzők, mint az átmenetiíves íveknél. Átmenetiíves íveknél az átlagos ívsugár 225 m, míg tiszta íveknél az átlag nagyobb, 400 m.

1.3 Pályatervezési előírások megfelelőségének vizsgálata

A BKV Zrt. pályatervezési és pályafelügyeleti előírásait a „*Közúti vasúti pályaépítési és fenntartási műszaki adatok és előírások*” [5] c. kötet, röviden „Sárga Könyv”-ként hivatkozott utasítás foglalja össze. A vízszintes vonalvezetésre vonatkozó előírások a Sárga könyv *5.3. fejezetében* találhatók. Az **1. táblázat** tartalmazza, hogy az egyes előírások a vizsgált pályaívek hány százalékában nem teljesülnek.

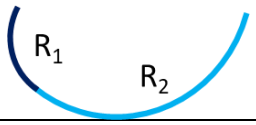
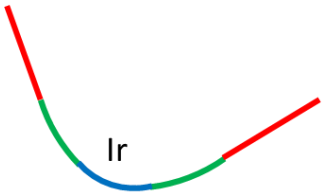


2. ábra: Egyszerű pályaívek megoszlása vágányképük szerint: Az átmenetiív nélküli tiszta ívek 7%-a kissugarú, amely futási szempontból problémás lehet az alacsonypadlós járművek számára.



3. ábra: Sugár és átmenetiív hosszának összefüggése sebesség szerint, átmenetiíves pályaíveknél: a vizsgált pályaívek 63%-a 30 km/h, vagy annál kisebb sebességgel járható.

1. táblázat: A Pályatervezési előírásokat nem kielégítő helyszínrajzi ívelrendezések a CAF, Tatra és Combino által járt viszonylatokon

Pályatervezési előírás a „Sárga Könyv”-ben			Nem felel meg	Kiemelt példa
	Összetett ívek sugáraránya	közel azonos	7%	1-es villamos, Népliget megállóhely (kosárívek): $R_1 = 20 \cdot R_2$
	Tisztaív hossza	min. 6 m*	Tisztaív: 1% Átmenetiíves ív: 3%	4-6-os villamos, Wesselényi út / Erzsébet körút - jobb vágány (szimmetrikus átmenetiíves ív): IR = 2,1 m
	Közbenső egyenes hossza	min. 6 m*	23%	59-es villamos, Zólyomi lépcső megállóhelynél (ellenkező görbületű ívek rövid közbenső egyenessel): e = 1,6 m

Jelmagyarázat: egyenes (piros); átmenetiív (zöld); tisztaív (kék).

** Tisztaívhossz, ill. közbenső egyenes hossza legalább a mértékadó jármű forgócsap-, illetve (kéttengelyes jármű esetén) tengelytávolsága. Tatra T5C5 villamos forgócsaptávolsága 6,7 m.*

1.4 Mérési helyszínek kiválasztása

A CAF és a TATRA T5C5 villamos összehasonlító vizsgálatához a mindkét jármű által üzemszerűen járt viszonylatokon jelöltük ki a mérési helyszíneket. Törekedtünk arra, hogy minden, a *1.1. fejezetben* részletezett ívkategória jelenjen meg a vizsgálati helyszínek között. Az ívelrendezések közül a futástechnikai szempontból mértékadó helyszíneket statisztikai alapon választottuk ki. A szabálytalan járműmozgásokat a jármű szerkezeti kialakításától függően jelentősen befolyásolhatják az alábbi vágánygeometriai paraméterek: kissugarú, nagy középponti szögű ívek, illetve az átmenetiív nélküli ívek. A fentieken túlmenően az is szempont volt, hogy kiváló műszaki állapotú pályaszakaszokat vizsgáljunk, mert a pályahibák dinamikai többletigénybevételt okoznak, és modosíthatják a jármű természetes futási tulajdonságait. Jelen vizsgálat során minket csak a jármű szerkezeti kialakításából adódó többletigénybevételek érdekelnek. Ugyanebből az okból kifolyólag nem választottunk olyan íveket, amelyeknél pályaobjektum található, vagy ahhoz csatlakoznak.

Mindezen szempontokat figyelembe véve a méréshez kiválasztott helyszín a **Lánchíd alagút budai oldal**a volt. Itt a helyhiány miatt szélsőséges geometriai kialakítás van. Ez egy többszörösen összetett ív, vannak azonos és ellenkező görbületű ívek. Az ellenkező görbületű ívek mind közbenső egyenessel csatlakoznak egymáshoz, az azonos görbületű ívek között van kosárív és közbenső egyenessel csatlakozó összetett ív is. Az egyszerű ívek közül tisztaívek és aszimmetrikus (csak be- vagy csak kimenő átmeneti ívvel rendelkező) ívek is találhatók is. Az alagút miatt a magassági vonalvezetés is szélsőséges, 55-60‰ közötti esések vannak a pálya ezen részén.

2. Okostelefon szenzoradatainak méréstechnikai alkalmazása

2.1 Mérőapplikáció bemutatása

Napjainkban már a középkategóriás telefonokban szenzorok sokasága megtalálható, többek között gyorsulásmérő, giroszkóp, iránytű, mely adatait a kinematikai mozgásjellemzők méréséhez is fel lehet használni. Ehhez szükséges egy jól megtervezett adatlekérő szoftver. A méréshez Csikós Attila szoftverfejlesztő által készített, „CAFat” elnevezésű telefonos applikációt használtam. [6]

A mérések során egy LG G6 (H870) (2017) típusú telefont használtam.

Az applikáció által szolgáltatott adatok egy *csv* fájlban kerülnek kiírásra. A mért paraméterek többek között: a mérés kezdetének és befejezésének dátuma és időpontja; a mintavételezési frekvencia; a mérés kezdetétől eltelt idő; a jármű sebessége, mely adott időpontban a GPS adatokból meghatározott pillanatnyi sebességet

mutatja; földrajzi szélesség és hosszúság; GPS helyadatok meghatározásának pontossága; három mérési tengelyhez tartozó gyorsulás adatok; dőlésmérő adatai, azaz a telefon térbeli elfordulása [°] a mágneses északhoz és a gravitációs vektorhoz képest; háromtengelyű giroszkóp adatok; a mért gyorsulás gravitációs és lineáris komponense; elfordulásvektor adatai.

2.2 Mérési elrendezés

Az okostelefonokban lévő szenzorok tengelyelrendezése telefontípustól független, szabványosított elrendezés. A gyorsulásmérő, mágneses iránytű és a giroszkóp alkalmasak a térbeli mozgás leírására (3 mérési tengely) és a mérési tengelyeik jobb kezes koordináta rendszert követnek. Amennyiben a telefont vízszintes felületen, kijelzővel felfelé helyezzük magunk elé, úgy, hogy a töltő csatlakozója legyen hozzánk közelebb, akkor az x-tengely jobbra, az y-tengely a telefon hosszú oldala mentén a kamera irányába, míg a z-tengely pozitív iránya függőlegesen felfelé mutat. Ezen tengelyek körüli elfordulások pozitív irányát is a jobbkéz szabály határozza meg. [6]

A mérések során a telefont a hosszú oldalával fektetve helyezzük a kocsiszekrény falára úgy, hogy az y-tengely pozitív iránya megegyezzen a menetiránnyal.

A jármű választott mérési keresztmetszetében, a **4. ábra** szerinti elhelyezés a célszerű. A mérések során a készüléket a jármű ablakához rögzítettem, ezzel elkerülhetővé vált az, hogy emberi hiba által rögzített mozgás rossz eredményt adjon [6]. A biztos rögzítés érdekében szilikon padot alkalmaztunk. A mérés elindítása és megállítása mindig álló helyzetben (villamos esetén tehát megállóban) történt.

4. ábra: Mérési elrendezés: okostelefon rögzítése a jármű ablakára

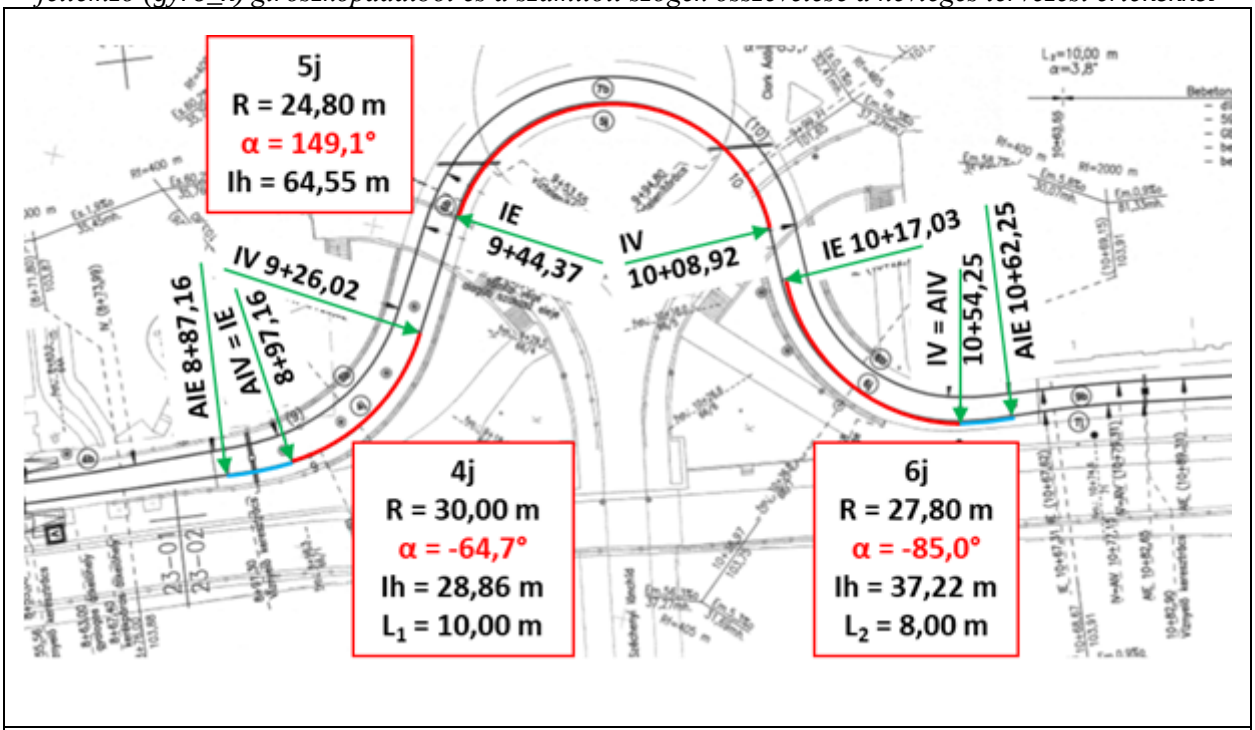
2.3 Mérési adatok kalibrációja

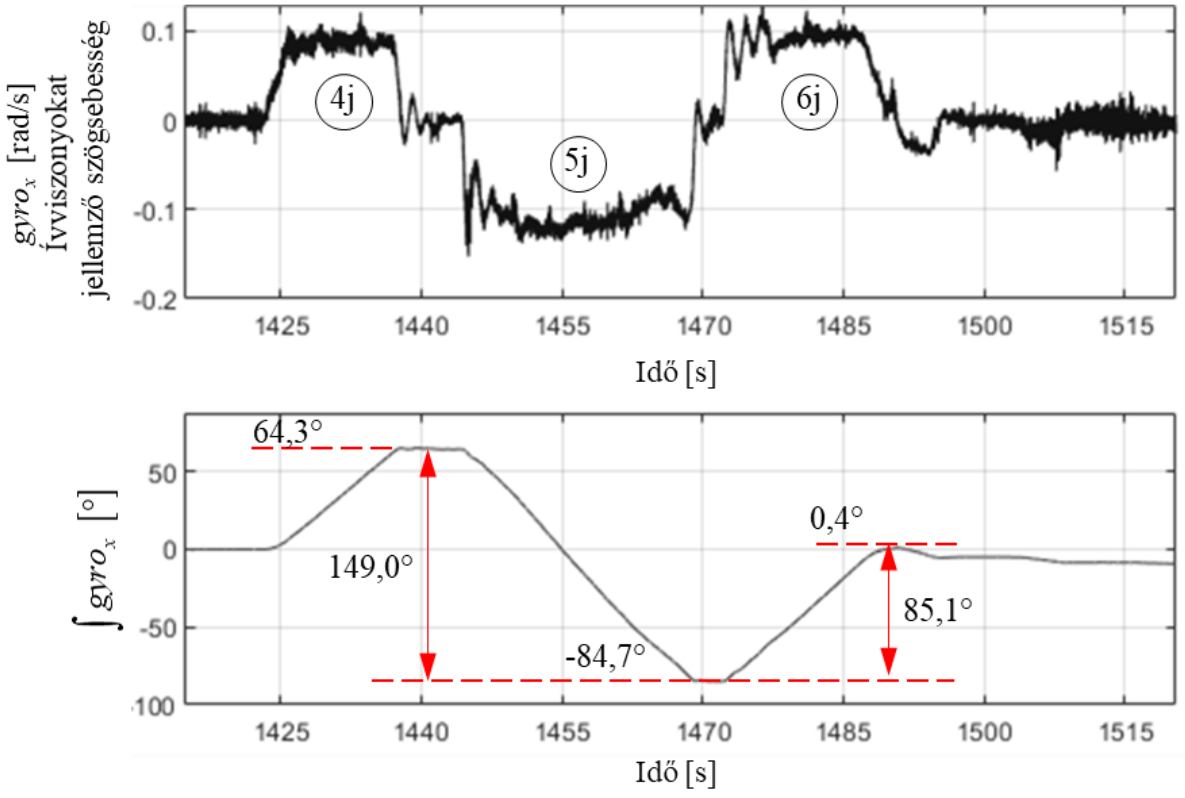
A szolgáltatott adatok validálását két lépcsőben végeztük el. Elsőkörben az alkalmazott telefonok gyorsulás-, dőlés- és elfordulás adatainak valós fizikai tartalmát ellenőriztük ismert szöghelyzet, elfordulás és pozíció esetén. Azt vizsgáltuk, hogy a különböző tengelyeket függőleges pozícióba állítva mekkora gyorsulásértékek mérhetők, illetve a tengelyek körüli elforgatást milyen pontosan érzékelik a szenzorok.

A vizsgálat második felében helyszíni kalibrációt végeztünk. Villamosok kocsiszekrényén történt mérés során ellenőriztük azok függőleges tengely körüli elfordulását és a bejárt pályaívek középponti szögével való kapcsolatát. A jármű függőleges tengely körüli szögsebességét jellemző giroszkópadat (*gyro_x*) a jármű által bejárt pálya görbületfüggvényét adja eredményül, amelynek az integrálásával megkapható az érintőszögfüggvény.

Az összehasonlítást többek között a budai Lánchíd alagút pályaívein is elvégeztük. A **2. táblázat** mutatja az ívek középponti szögének, a **3. táblázat** pedig lejtviszonyok, esések ellenörzését. Végeredményben elmondható, hogy a giroszkóp szenzoradatok kielégítő pontossággal (néhány tized ° eltéréssel) visszaadták a névleges tervezési értékeket.

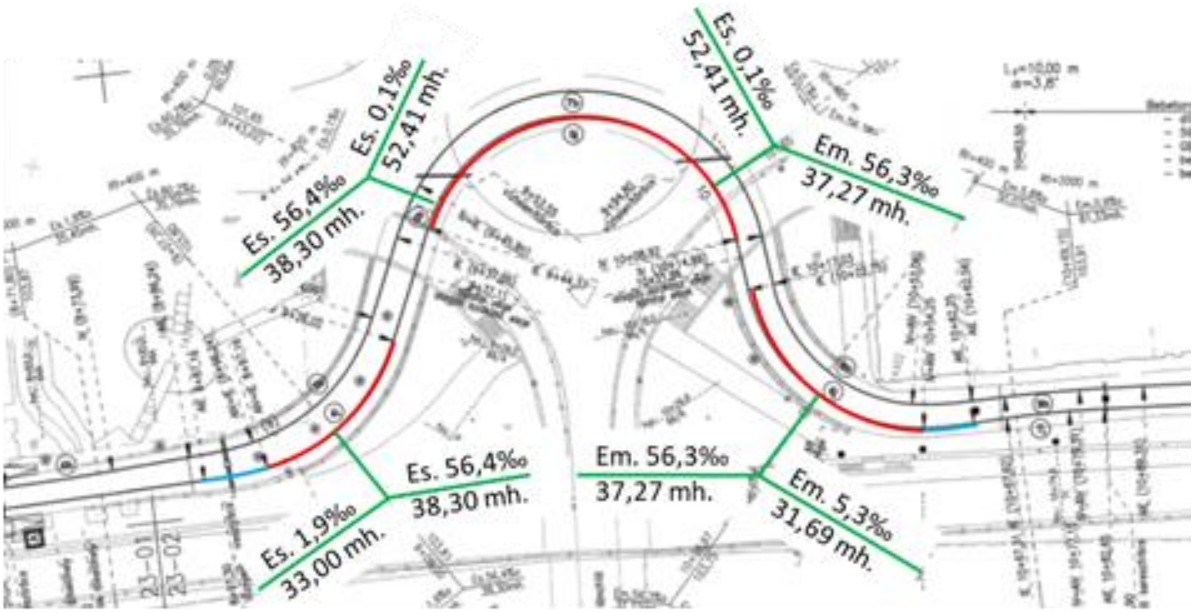
2. táblázat: Mérési adatok kalibrációja I.: pályaívek középponti szögének számítása az ívviszonyokat jellemző (gyro_x) giroszkópadatból és a számított szögek összevetése a névleges tervezési értékekkel

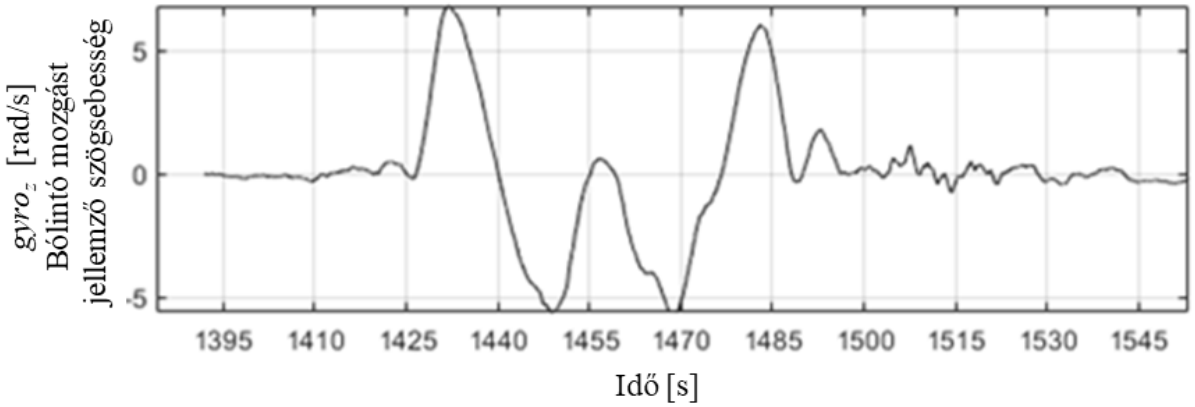


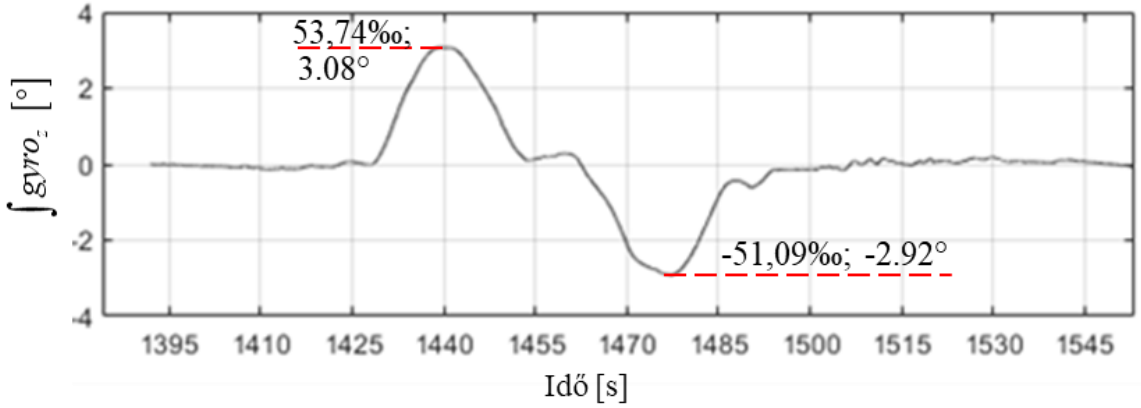


Pályaív helyszínrajzi azonosítója	Pályaív sugara R [m]	L_{be} [m]	L_{ki} [m]	Az ív középponti szögének tervezési értéke α [°]	Mérésből számított $\int gyro_x$	Eltérés:
4j	30,00	10,00	0,00	64,7°	64,3°	**0,6%**
5j	24,80	0,00	0,00	149,1°	149,0°	**0,1%**
6j	27,80	0,00	8,00	85,0°	85,1°	**0,1%**

3. táblázat: Mérési adatok kalibrációja II.: pályaívek esésének számítása a bólintó mozgást jellemző (gyro_z) giroszkópadatból és a számított szögek összevetése a névleges tervezési értékekkel







	Pályaszakasz hossza [m]	A pályaszakasz esésének tervezési értéke *e* [‰], [°]	Mérésből számított magassági vonalvezetés $\int gyro_z$	Eltérés:
e1	38,30	+56.4‰ (3.20°)	+53,74‰ (3.10°)	**4.7%**
e2	37,27	-56.3‰ (-3.20°)	-51,09‰ (-2.90°)	**9.2%**

2.4 Alkalmazott adatfeldolgozási módszerek

A kiértékelés alapja a függőleges tengely körüli elfordulás szögsebessége, azaz a jármű ívérzékelését jellemző giroszkópadat ($gyro_x$, [rad/s]). Minden járműtípus esetén egységesen 2 Hz-es alul-áteresztő szűrőt alkalmaztunk a nyers giroszkóp adaton, amely megfelel az MSZ EN 12299 [7] honosított szabvány vonatkozó előírásainak. A giroszkóp csak a kocsiszekrény függőleges tengely körüli elfordulásának változását, szabálytalan mozgásait, lengéseit képes kimutatni, ami miatt kíváló pálya és jármű műszaki állapot mellett alakhelyesen jellemzi a vizsgált járműrész ívérzékelését (azaz a bejárt ív mozgásérzékelő hosszal kiegészített görbületfüggvényét).

Ezzel kapcsolatban azonban fontos kiemelni, hogy a kocsiszekrénydőlésből adódó többletterhelés hatásának kiszűrésével a valós értékekhez képest redukáltabb ún. kvázi-statikus értékeket kapunk (**5.** és **6. ábra** piros oldalgyorsulás grafikonjai). Viszont mind a hazai, mind pedig a külföldi előírások csak a kvázi-statikus értékekre vonatkozóan írnak elő határértékeket, így a kiértékelés során a giroszkópadatból előállított kvázi-statikus oldalgyorsulást vettük alapul az elméleti értékekkel való összehasonlításkor.

A.) Kvázi-statikus oldalgyorsulás számítása a mért giroszkóp adatokból

Első lépésként a nyers giroszkópadat 2 Hz-es alul-áteresztő szűrésével eltávolítjuk a kiértékelés szempontjából nem releváns zajokat. Az így előállított giroszkópadatból meghatározható az kvázi-statikus oldalgyorsulás az alábbi módon. Egy R sugarú ívben v [m/s] sebességgel haladó jármű esetén a kerületi sebesség és a szögsebesség között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$v = \omega \times R \tag{1}$$

amelyet átrendezve a szögsebesség (giroszkópadat) kifejezhető:

$$\omega = \frac{v}{R} \tag{2}$$

Közel állandó mérési sebesség esetén egy túlemelés nélküli pályaíven a szögsebességet megszorozva az aktuális sebességgel meghatározható a kvázi-statikus oldalgyorsulás:

$$gyro\ acc = \omega \times v = \frac{v}{R} \times v = \frac{v^2}{R} \tag{3}$$

ahol,

gyro acc [m/s^2]:	a giroszkópadatokból számolt kvázi-statikus oldalgyorsulás
v [m/s]:	a jármű sebessége (kerületi sebesség)
R [m]:	ívsugár
ω [rad/s]:	szögsebesség (giroszkóppal mért adat, $gyro_x$)

B.) Kvázi-statikus oldalgyorsulás számítása a mért oldalgyorsulásadatokból

A rögzített nyers oldalgyorsulás adatok esetében mozgóátlagolást (4) alkalmaztunk oly módon, hogy a gyorsulásjelalak a lehető legjobban illeszkedjen a giroszkópból számított kvázi-statikus oldalgyorsuláshoz. Az alkalmazott mozgóátlag időablakszélessége járműtípusonként eltérő köszönhetően az egyes járművek eltérő rezgési tulajdonságainak.

$$\hat{a}_t = \frac{1}{2k+1} \sum_{j=-k}^{k} a_{t+j} \qquad t = k+1, k+2, \ldots, n-k \tag{4}$$

ahol k – a mozgóátlag számításához figyelembe vett tagok száma,
$2k+1$ – mozgóátlagolt szakaszok száma,
$\hat{a}_t$ – a számított mozgóátlag,
a_t – a kocsiszekrényen mért rezgésgyorsulás. $a_t = a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$, ahol n a mért jel elemszáma.

C.) Oldalgyorsulás-változás (h-vektor) számítása

Numerikus deriválás segítségével meghatározható az oldalgyorsulás-változás a már előzetesen mozgóátlagolt mért oldalgyorsulásból, illetve a giroszkópból származó kvázi-statikus oldalgyorsulásból.

3. Mérési eredmények

A járműmodulokban/kocsirészekben elhelyezett telefonok egyidejű mérési eredményeinek kiértékelésével először meghatároztuk a vizsgált járművek mozgásérzékelő hosszát és az ívérzékelés szempontjából mértékadó keresztmetszeteit, ezután a két jármű összehasonlító vizsgálatát már csak ezekben a keresztmetszetekben végeztük el.

A hagyományos forgóvázas járművek mozgásérzékelő hossza megegyezik a forgócsaptávolsággal. A modern alacsonypadlós (multicsuklós) járművek egyes moduljainak mozgásérzékelő hossza azok szerkezeti kialakításától függően eltérő lehet. A Combino esetében mindegyik modul mozgásérzékelő hossza megegyezik a keréktengelytávolsággal (1,80 m). Ezzel szemben a CAF villamos esetén a befüggesztett és a hajtott modulok esetén eltérő a mozgásérzékelő hossz. A befüggesztett modulok esetén a mozgásérzékelőhossz a csuklók távolságával egyenlő, míg a hajtott moduloknál pedig a keréktengelytávolság. A 9 modulos CAF villamos esetén a befüggesztett modulok hossza is változik, emiatt az utasok a villamos hossza mentén eltérő utazási komfortot tapasztalhatnak.

A keresztirányú utazási komfort szempontjából a TATRA T5C5 villamosnál az első kocsi eleje és a második kocsi vége a mértékadó keresztmetszet. 5 modulos CAF járműnél az első és hátsó (C1, C2) modul, a Combino esetében pedig a duplacsukló melletti 3. és 4. modul a mértékadó. Ezekben a keresztmetszetekben olyan igénybevételek hatnak az utasokra, melyek az előírt határértékeket jóval meghaladják.

Az elvégzett vizsgálatok közül jelen cikkben csak a Lánchíd alagútban végzett méréseket ismertetjük. A CAF (**5. ábra**) és a TATRA (**6. ábra**) járműveken mért igénybevételeket összehasonlítva megállapítható, hogy a hagyományos forgóvázas kialakítású TATRA villamos futási tulajdonságai kedvezőbbek, mint az alacsonypadlós, multicsuklós CAF villamosé. Közel azonos sebesség mellett a CAF villamoson kialakult oldalgyorsulás-változások jóval nagyobbak, mint a TATRA-n mért értékek (**4. táblázat**).

A hagyományos forgóvázas járművek (pl. TATRA) esetén a forgóváz szabadon el tud fordulni a jármű alatt. Ennek következtében a kis sugarú ívek, valamint egyenes és ív közvetlen csatlakozása nem okoz többlet igénybevételt. Ezzel szemben a multicsuklós (CAF) járművek futóműve nem tud elfordulni a modul alatt. A futómű és a kocsiszekrény mozgása megegyezik, míg a forgóvázas járműveknél a forgóváz a kocsiszekrénytől függetlenül nagy szabadságfokkal tud mozogni.

A TATRA dőlési rugózási állandója jóval nagyobb, mint a CAF villamosé, ezért ívekben jobban bedől. Ez a jelenség megfigyelhető a **6. ábra** oldalgyorsulás grafikonjain is. A giroszkópból számított oldalgyorsulás (gyro acc) nem tartalmazza a dőlésből adódó hatásokat, míg a mért gyorsulásadatok az ívviszonyok hatásain túl a dőlést is tartalmazzák.

4. táblázat: Lánchíd alagút jobb vágányán mért oldalgyorsulás-változás értékek CAF és TATRA villamos esetén

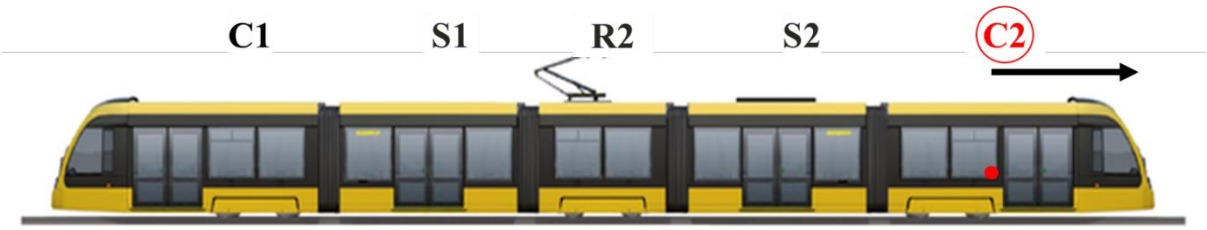
		4j		5j		6j	
		AIE	IV	IE	IV	IE	AIE
Sebesség [km/h]		12,33±0.47		11,94±0.49		11,02±0.52	
CAF Urbos 3 (C2 modul)	h_gyro:	**0.24**	**1.20**	**1.14**	**0.86**	**1.34**	**0.16**
	h_acc:	**0.31**	**1.47**	**1.25**	**0.99**	**1.37**	**0.19**
Sebesség [km/h]		14,39±0.59		11,74±1.02		10.94±2.46*	
TATRA T5C5 (1. kocsi eleje)	h_gyro:	**0.31**	**0.31**	**0.30**	**0.23**	**0.21**	**0.26**
	h_acc:	**0.39**	**0.52**	**0.50**	**0.56**	**0.50**	**0.46***

■ 0-0.4; ■ 0.4-0.8; ■ 0.8<

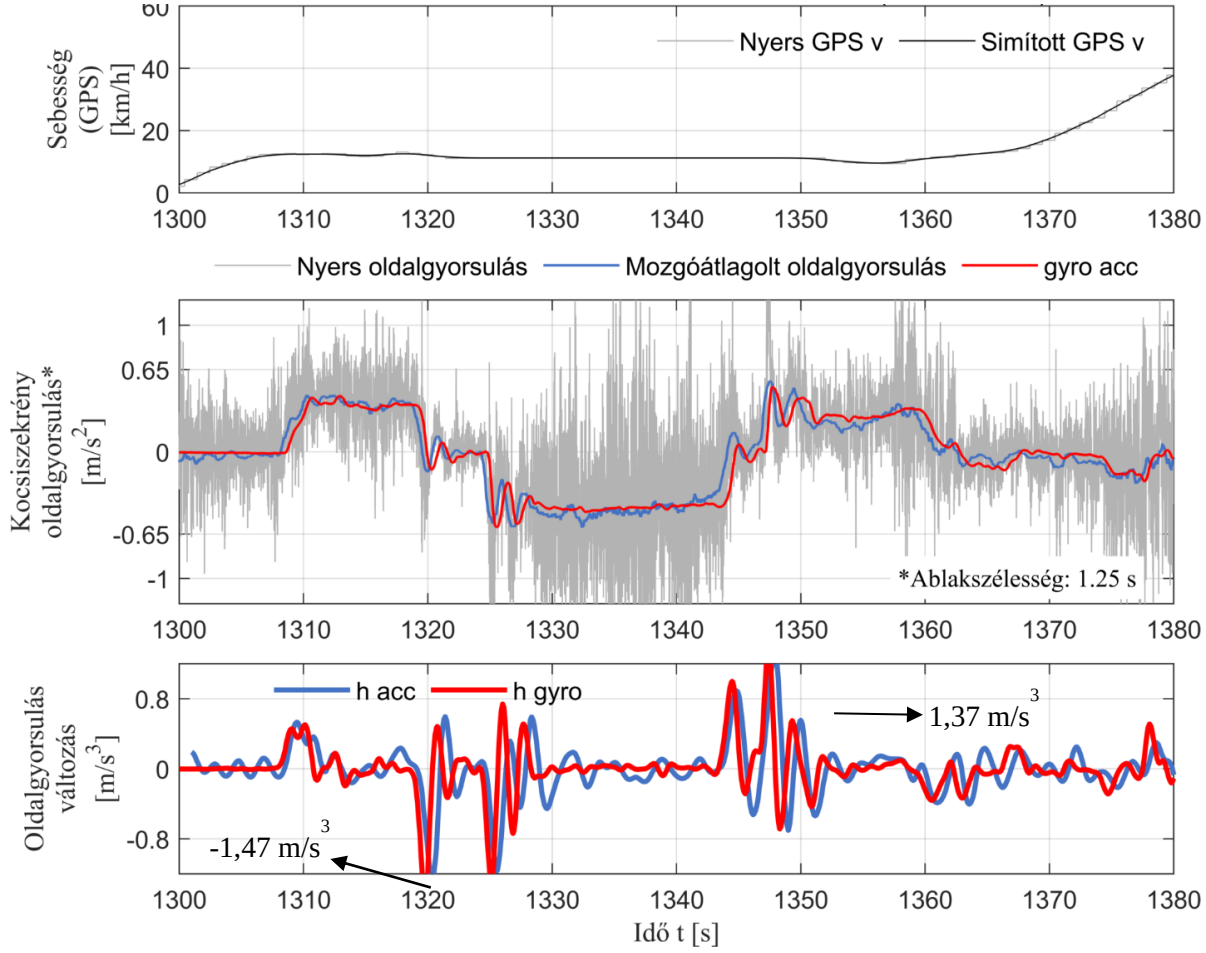
* A TATRA kigyorsított, ez okozta a nagy értéket.

Jelmagyarázat: AIE: Átmenetiív eleje
IE: Ív eleje
IV: Ív vége

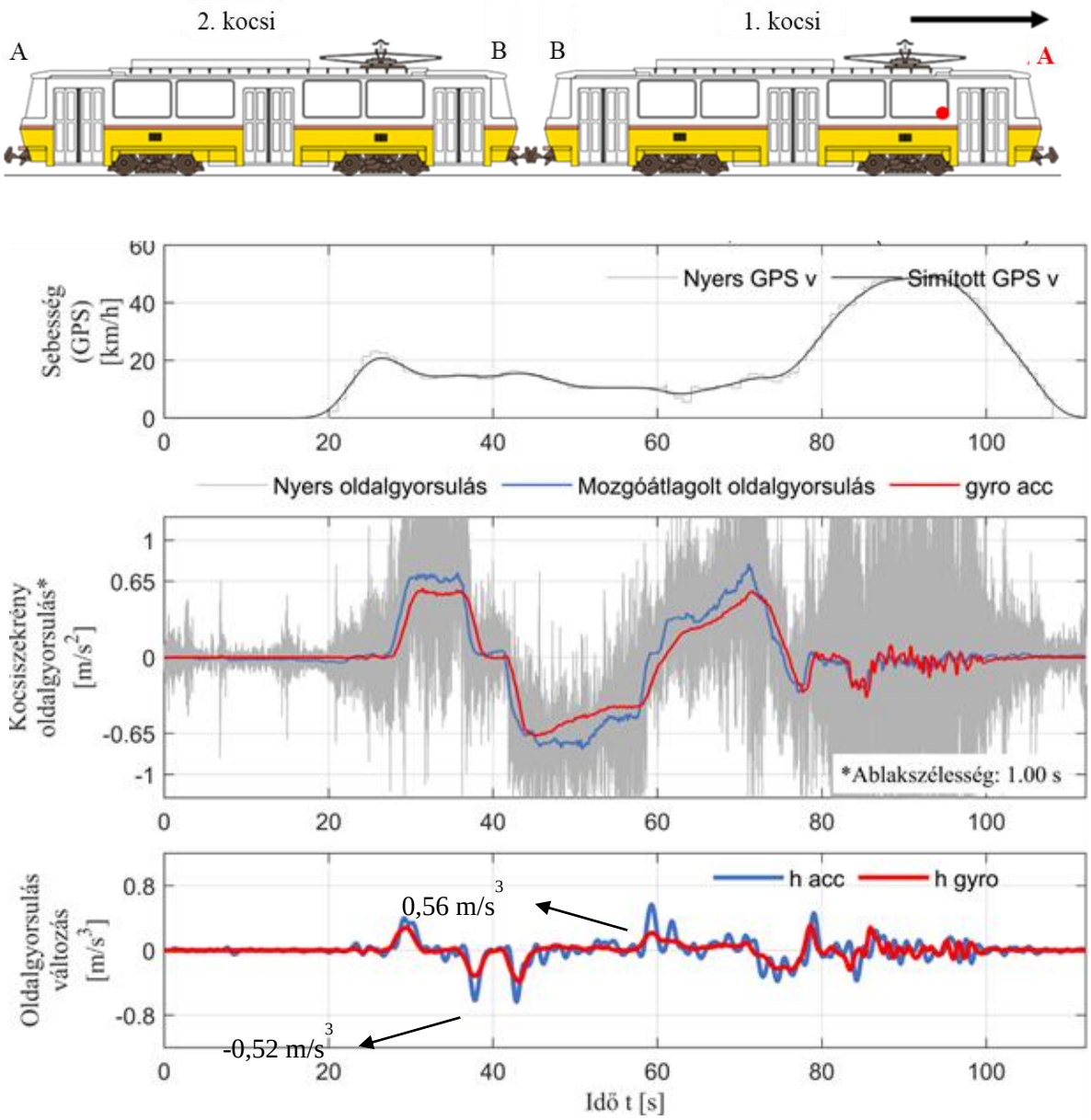
19-es villamos, Clark Ádám tér, Lánchíd alagút összetett pályaíveinek futástechnikai vizsgálata CAF villamos menetirány szerinti első moduljában (LG G6)			
Menetirány:	Bécsi út/Vörösvári út felé		
Vizsgált helyszín:	19-es villamos, Clark Ádám tér, Lánchíd alagút		
Járműtípus:	CAF (5 modulos) 2211	Modul / járművég:	C2
Mérés dátuma és ideje:	2019.07.14 19:03:45		



5. ábra: CAF villamos C2 moduljában mért kinematikai mozgásjellemzők kiértékelése



41-es villamos, Clark Ádám tér, Lánchíd alagút összetett pályaíveinek futástechnikai vizsgálata TATRA T5C5 villamos menetirány szerinti első kocsijában (LG G6)			
Menetirány:	Bécsi út/Vörösvári út felé		
Vizsgált helyszín:	41-es villamos, Clark Ádám tér, Lánchíd alagút		
Járműtípus:	T5C5 4107	Modul/Járművég	A
Mérés dátuma és ideje:	2019.08.23 18:06:58		



6. ábra: TATRA T5C5 menetirány szerinti első kocsijában mért kinematikai mozgásjellemzők kiértékelése

Konklúzió

Az elvégzett és kiértékelt mérési eredmények alapján kijelenthetjük, hogy a csúcskategóriás okostelefonokba beépített gyorsulásmérő és giroszkópszenzorok megismételhetően és megbízhatóan alkalmazhatók a mozgásgeometriai vizsgálatok céljaira (a kocsiszekrény rezgéseinek és szabálytalan lengéseinek leírására).

A Lánchíd alagútban a CAF és TATRA járműveken mért igénybevételeket összehasonlítva megállapítható, hogy a hagyományos forgóvázas kialakítású TATRA villamos futási tulajdonságai kedvezőbbek, mint az alacsonypadlós, multicsuklós CAF villamosé. Közel azonos sebesség mellett CAF-on a kialakult oldalgyorsulás változások 1, m/s^3 körül voltak, míg a TATRA-n csak 0,3-0,5 m/s^3 értékek adódtak. A **4. táblázatban** a jobb vágányon mért oldalgyorsulás változás értékek szerepelnek CAF és TATRA esetén.

A 100%-ban alacsonypadlós járművek tehát nem alkalmasak kissugarú ($R<25$), egyenes és ív közvetlen csatlakoztatásával kialakított íveken való közlekedésre, legalábbis hosszútávú üzemeltetésük ezeken az íveken a pálya és járműfenntartási költségek szempontjából sem gazdaságos. A CAF és Combino villamosoknak nem kéne olyan vonalakon közlekedniük, ahol ilyen geometriai kialakítások vannak. Ezen járművek esetén kifejezetten nagy szükség van arra, hogy az ívek átmenetiíves kialakításúak legyenek. Az átmenetiív csak nagy sugárérték ($2000 < R$) fölött hagyható el. A tisztaátmenetiíves íveknek kedvező futási tulajdonságaik vannak, célszerű lenne több ilyen kialakítású ívet alkalmazni a hálózaton.

Másik megoldás lehet más kialakítású alacsonypadlós járművek beszerzése (bár ez a nemrég lezajlott és még folyamatban lévő járműbeszerzések miatt kétséges). A menetirány szerinti első forgóváz kapja a legnagyobb igénybevételt, így kulcsfontosságú, hogy ez az első forgóváz képes legyen elfordulni a kocsiszekrényhez/alvázhoz képest. Vannak olyan villamosok, melyek forgóvázas kialakításúak és 70%-ban alacsonypadlósak, illetve léteznek járműgyártók, akiknek van 100%-ban alacsonypadlós járművük hagyományos kocsiszekrény alatt alfordulni képes forgóvázzal. Ezeknek a járműveknek nem okoznak problémát a kissugarú ívek, és (részben) az alacsonypadlós elvárásokat is teljesítik.

Irodalomjegyzék

[1] Hondius, H. The Development of Low-Floor Trams. Journal of Advanced Transportation, 2012/27.

[2] Prescott, T. "Fit for Purpose? The Design and Technology of Modern Light Rail Vehicles". Transport Australia magazine - australia's urban passenger transport journal, 2012/6, pp. 164–175.

[3] Čapek, J., Kolář, J. "Optimal designe of low-floor tram". In "From horse-drawn railway to high speed transportation systems." 2007.

[4] Rivas, M. "TramLink und CityLink Familien – die neue Generation von Strassenbahnen und Stadtbahnen". In Presentation in 43. Tagung – Moderne Schienenfahrzeuge. TU Graz. 2016.

[5] BKV. Közúti vasúti pályaépítési és fenntartási műszaki adatok és előírások. Budapest: Budapesti Közlekedési részvénytársaság. 2000.

[6] Gonda E., Csikós A., Vinkó Á. "A CAF alacsonypadlós közúti vasúti jármű futástechnikai vizsgálata kitérőkben okostelefonok szenzoradatainak alkalmazásával". In H. Balázs (Ed.), Közlekedéstudományi Konferencia. Győr. 2019.

[7] EN 12299: Railway applications. Ride comfort for passengers. Measurement and evaluation. Brussels, Holland: European Committee for Standardization (CEN). 2009.

Mobilitási csomagok definiálása kérdőíves felmérés alapján

Dr. Esztergár-Kiss Domokos - Kerényi Tamás

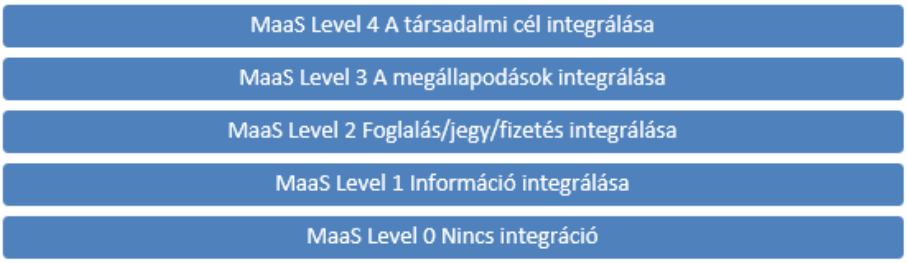
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)
telefon: 1/463-1029
e-mail: esztergar@mail.bme.hu

Kivonat: A Mobility as a Service (MaaS) szolgáltatások fejlesztésének fókuszában a személyre szabott városi közlekedési szolgáltatások nyújtása áll. A MaaS egyik fő eleme a mobilitási csomagok készítése városi környezetben. A csomagok definiálásához olyan módszert dolgoztunk ki, amely figyelembe veszi a városi sajátosságokat és a közlekedési módok sajátosságait egyaránt. Első lépésben 16 kiválasztott szempontot határoztunk meg. A következő lépésben a szempontok adatait csoportosítottuk jellemzőkbe (környezettudatosság, demográfia, modal split, város struktúra, pénzügyi jellemző), és ezek alapján mobilitási csomagokat definiáltunk négy közlekedési módhoz (közösségi közlekedés, kerékpár-megosztás, gépjármű-megosztás, taxi). A jobban diverzifikált csomagok kialakítása érdekében egy kérdőíves felmérést készítettünk és utascsoportok szerint határoztunk meg a budapesti mobilitási csomagokat. A dolgozói csoport csomagja hasonló az alapcsomag tartalmához, míg a diák és nyugdíjas csomagok az gépjármű-megosztás és a taxi szolgáltatás terén csökkentett tartalommal rendelkeznek.

Kulcsszavak: MaaS, mobility as a service, mobilitási csomagok, felmérés

Bevezetés

A digitális információ széleskörű terjedésével új lehetőségek nyílnak a jelenlegi közlekedési hálózat felhasználóbarát és hatékony fejlesztésére. A hatalmas előállított adatmennyiség és annak felhasználása képes összehangolni az utazói igényeket és a szolgáltatói kínálatot. A Mobility as a Service (MaaS) szolgáltatások fejlesztésének fókuszában elsősorban a személyre szabott városi közlekedési szolgáltatások nyújtása áll. A koncepció jelenleg számos definícióval rendelkezik. 2014-ben a következő definíció született Hietanentől „olyan mobilitás elosztási modell, amely a felhasználók közlekedési szükségleteit kapcsolja össze egy közös felülettel, mely egy szolgáltató által van biztosítva”. [1] A jelenlegi helyzetben az utasnak minden egyes szolgáltató saját alkalmazásán keresztül kell különböző tevékenységeket végezni. A MaaS által nyújtott felületen egy helyen személyre szabottan, egy felhasználói fiókon keresztül, integráltan jelenik meg a multimodális utazástervező, a valós idejű információ nyújtás, a foglalás, a díjfizetés és a jegykezelés. [2] A MaaS olyan szolgáltatás, amely több különböző közlekedéssel kapcsolatos szolgáltatást kombinál, vagy kombinálja a közlekedési szolgáltatásokat más típusú szolgáltatásokkal. Ezek a szolgáltatások különböző szintekre oszthatók. [3]



1. ábra: MaaS integrációs szintek

A nulladik szint, amikor nincs semmiféle integráció, így nem lehet MaaS-ról beszélni. A mai közlekedési rendszereink többnyire az 1. és 2. szintet érik el. Példaképpen a BKK FUTÁR az első szintre sorolandó, mivel utazás tervezésére és valós idejű információk szolgáltatására alkalmas több közlekedési módot használva (közösségi közlekedés és kerékpármegosztás). A 3. szinten megállapodások jönnek létre a különböző szolgáltatók között. Ezen a szinten jelennek meg a mobilitási csomagok. A 4. szinten bekapcsolódnak a rendszerbe a közlekedést irányító szervezetek és az állam is a különböző szabályozásokon és ösztönzőkön keresztül. A szint fő célja a társadalmi hasznok maximalizálása. Az ösztönzőket a MaaS szolgáltatásban realizálják (vagy egyedi szolgáltatásokban valósítják meg, mivel a 4. szintű megközelítés bármely szinten integrálható).

1. Irodalmi áttekintés

A Mobility as a Service (MaaS) egy újfajta megközelítés, amely a közlekedési módok és a mobilitási lehetőségek közötti integráció elérését jelenti digitális technológiák révén. A koncepció több eddig külön kezelt szolgáltatást (tervezés, foglalás, fizetés és jegykezelés) tartalmaz egy közös felületen. Az UITP állásfoglalásában az egyesület már 2011-ben előre jelezte, hogy az újszerű közlekedési módok, mint a gépjárműmegosztás, a taxi, a megosztott taxi, a kerékpár és kerékpármegosztás, kiegészítheti a klasszikus közösségi közlekedést. [4]

A 2014-es európai ITS konferenciának otthont adó ITS Finland mutatta be a MaaS koncepcióját, melyben mobilitási csomagot előfizetési szolgáltatásként nyújtottak a felhasználók számára. A finn innovációs hivatal, a TEKES, 2015-ben indított egy olyan programot, amelynek célja a szolgáltatások fejlesztésének ösztönzése, a pilotok és előtanulmányok finanszírozása volt. 2016 júniusában a MaaS Global elindította a Whim tesztelését Helsinkiben és egy év után elkezdte terjeszteni is az alkalmazást. [5]

Az Egyesült Királyságban is megtették az első lépéseket a MaaS megvalósítására. A MaaS London olyan integrált platformot javasol, amely magában foglalja a regisztrációt és a csomagkiválasztást, az intermodális utazástervezést, a foglalást, az intelligens jegykezelést és a fizetési funkciókat. Ennek célja, hogy az egész közlekedési lánc kezelhető legyen ezen a központi platformon. A finn modellhez hasonlóan a MaaS London is lehetővé teszi mobilitási csomagok elérését, amelyek az egyéni igényekhez igazodó mobilitási szolgáltatások testreszabott egységeit tartalmazzák. [6]

Wong és társai a közlekedési módokat elemezték és csoportosították, amelyek a MaaS koncepcióban szerepelhetnek. Továbbá értékelték a módszerek térbeli és időbeli hatékonyságát, és forgatókönyveket vizsgáltak, különös tekintettel a rugalmas szolgáltatásokra és az autonóm járművekre. [7]

A MaaS egyik legfontosabb jellemzője, hogy átfogó alkalmazásként képes optimális utazási tervet, közlekedési módokat, árakat és fizetési lehetőséget biztosítani. Veerapanane és társai az alkalmazások útvonal javaslatait hasonlították össze, olyan tényezőkre alapozva, mint költség, idő, kényelem, környezeti hatás, biztonság, megbízhatóság, minőség, kényelem és helyszín. Szcenáriókat hoztak létre a San Francisco-i tesztben, ahol a hagyományos és a MaaS megoldásokat értékelték. Az utóbbi 10%-kal jobb eredményt ért el a vizsgált útvonalakon. [8]

Számos alkalmazás és webes szolgáltatás került bemutatásra Jittrapirom és társai által. Sokszínű szempontrendszer alapján lett 12 tesztüzemben működött és jelenleg is működő alkalmazás került bemutatásra. A tanulmány továbbá a szempontrendszer elemeit vizsgálta utas és üzemeltetői oldalról egyaránt. [9]

Stopka és társai kutatása a különböző országok MaaS kutatási tevékenységeiről és végrehajtási státuszáról nyújt áttekintést. A mobilitási csomagok általános megközelítései és módszerei kerültek bemutatásra, majd a kapcsolódó németországi kutatási projektek. A Lipcse és a Frankfurt városok területén végzett felmérések azt mutatják, hogy az árérzékeny felhasználók gyakran a pay-as-you-go koncepciót preferálják. A mobilitási csomagok szerződéses jellegének köszönhetően a felhasználók általában előre fizetéssel fizetnek, azonban sokan attól tartanak, hogy ezzel a módozattal pénzt és rugalmasságot veszítenek. [10]

Ho és társai Sydneyben végeztek stated preference vizsgálatot pay-as-you-go és előre definiált csomagok megvásárlásával és bennük szereplő közlekedési módokkal kapcsolatban. Nagy eltérést mutat a vizsgálat a személygépjárművet tulajdonlók és közösségi közlekedést használók között. Az előbbiek nagyobb hajlandóságót mutatnak a MaaS használatára, mint a jelenlegi közösségi közlekedést használók. [11]

Mátyás és Kamargianni is stated preference kísérletet végzett, amely rögzíti a MaaS termékek vásárlásának komplex döntési folyamatát. Megvizsgálták, hogyan kell a tervezési folyamatot véghezvinni, és milyen közlekedési módokat és jellemzőket kell tartalmazniuk a kérdéseknek. A teszt megvizsgálta a felhasználói preferenciákat és a fizetési hajlandóság rugalmasságát. A válaszadók négy különböző összetételű beárazott csomag közül választhattak. Legfontosabb következtetésük, hogy az egész rendszer gerincét a közösségi közlekedésnek kell adnia. [12]

Az irodalmi áttekintésből egyértelmű, hogy nagy érdeklődés mutatkozik a MaaS koncepciójának és forgatókönyveinek megvitatására, a pilotokon alapuló első empirikus eredmények jelen vannak, azonban a mobilitási csomagokat csak néhány tanulmányban tárgyalják, anélkül, hogy a városokra jellemző szempontokat használnának.

2. Mobilitási csomagok definiálásának módszere

A MaaS egyik fő eleme a mobilitási csomagok készítése városi környezetben. Ezek a mobilitási csomagok támogatják a MaaS koncepció hatékony megvalósítását. A különböző szolgáltatások egy csomagba történő egyesítése azon az elgondoláson alapul, hogy a felhasználók jóval magasabb hajlandóságot mutatnak előre definiált csomagok megvásárlására, mint az egyes elemek külön megvételére. A kombináció elvégzéséhez olyan módszert dolgoztunk ki, amely figyelembe veszi a városi sajátosságokat és a közlekedési módok sajátosságait egyaránt.

Első lépésben adatokat gyűjtöttünk 16 kiválasztott szempont alapján. Ezeket a szempontokat a későbbi számolás érdekében normáljuk 0 és 1 intervallumba. A következő lépésben a szempontok adatait csoportosítottuk jellemzőkbe. Minden közlekedési mód szintje a jellemzők összegéből adódik.

2.1 Szempontok

A szempontok a városok tipikus számszerűsíthető karakterisztikáit írják le. Először a városok környezeti jellemzői vannak feltüntetve, mint az egy napon átlagosan meglévő napsütés és átlagos csapadék mennyiség. Ezután összegyűjtöttük a pénzügyi információkat, az átlagos havi kereseteket, a megélhetési költségeket, a közösségi közlekedési díjakat és a taxidíjakat. Valamint gyűjtöttünk információt a városok közlekedési helyzetéről (forgalmi index, utazási idő index, közösségi közlekedés elégedettség). A közlekedési módok közötti megoszlás két különböző forrásból származik. Az agglomeráció méretét összehasonlítottuk a város méretével, továbbá a város népsűrűségét is felhasználtuk, így az ingázók számát becsültük meg. A polgárok környezettudatosságát a hulladékmennyiség és az éghajlatváltozás elleni tevékenységek alapján mértük. Végül összegyűjtöttük az életkorok mediánjait és a férfi/nő arányt, így meghatározhatók az általános szociodemográfiai jellemzők.

Az adatok többségét online, nyilvánosan hozzáférhető adatbázisokból gyűjtöttük össze. A Numbeo a világ legnagyobb felhasználói adatbázisa, a világ minden tájáról szolgáltat információkat városokról és országokról. Az Eurostat felmérését az Európai Unió 28 tagállamában végezték 2015-ben, mely eredményeket az Eurostat regionális évkönyve tartalmazza. Az Eurostat egy olyan európai szintű hivatal, amely az államok tagjairól számos statisztikai információt szolgáltat. A TomTom Traffic Index a városi területek torlódási szintjének mérését végzi. A TomTom globális vezető szerepet tölt be a navigációs, forgalmi és térképtermékek terén. A Wikipedia egy ingyenes online enciklopédia, amelyet általános információk gyűjtésére használtam a városokról. A The Holiday Weather a lehető legtöbb információt nyújtja az időjárásról a legtöbb üdülési célról és nagyvárosról. 2003-ban indult, hogy pontos és átfogó időjárás-jelentést nyújtson világszerte.

Az alábbi szempontok kerültek meghatározásra:

- Napsütés: átlagos napsütés órában kifejezve egy napon (forrás www.holiday-weather.com),
- Eső mértéke: csapadék mennyisége mm-ben egy évben (forrás www.holiday-weather.com),
- Kereset: átlagos havi kereset Euróban (forrás www.numbeo.com),
- Megélhetés költsége: a fogyasztási cikkek árai, beleértve az élelmiszert, az éttermet, a közlekedést és a közüzemi szolgáltatásokat Euróban (forrás www.numbeo.com),
- Havi bérlet ára: közösségi közlekedés ára Euróban (forrás www.numbeo.com),
- Taxi ára: egy kilométer költsége Euróban (forrás www.numbeo.com),
- Forgalmi index: a városi területeken bekövetkező torlódás szintje (a TomTom az egész éves utazási időt és a várakozási időket arányosítva számolja),
- Utazási idő: egy utazás átlagos ideje percben (forrás www.numbeo.com),
- Közösségi közlekedés elégedettség: a közösségi közlekedés szolgáltatásának minősége százalékban, mennyire elégedett a lakosság (forrás Eurostat),
- Modal split: a munkahelyre történő közlekedés módja (forrás www.numbeo.com és az Eurostat) az Eurostat meghaladja a 100%-ot, mivel a válaszadók a két gyakran használt eszközt jelölhették meg,
- Agglomeráció/Város: a városok ingázó területein élő lakosok és a városban élők száma együttesen osztva a városlakók számával (forrás Eurostat),
- Népsűrűség: a népesség négyzetkilométerenkénti száma (forrás Wikipédia),
- Hulladék: fejenként keletkező települési hulladék kg-ban (forrás Eurostat),
- Klímaváltozás: elkötelezettség az éghajlatváltozás elleni küzdelemben, százalékban (forrás Eurostat),
- Kor mediánja: az a kor, amely a lakosságot két egyenlő számú csoportba osztja (forrás Eurostat),

- Nő/Férfi: a városokban élő női lakosok száma a férfiak számával elosztva, százalék (forrás Eurostat).

2.2 Jellemzők

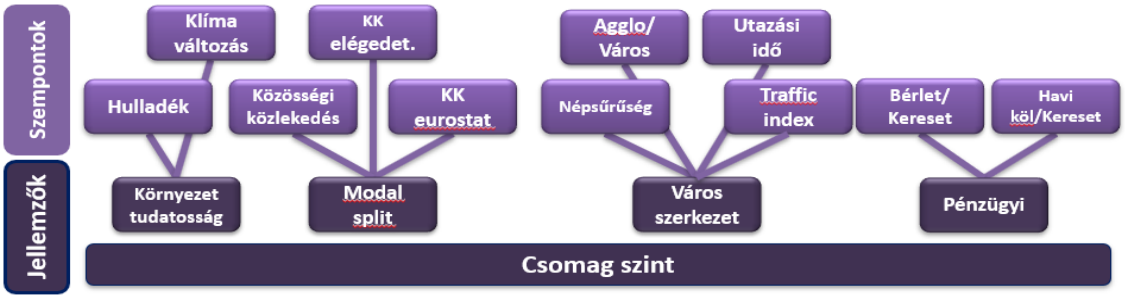
A városok számára készített csomagok létrehozásakor különböző szempontokat vettünk figyelembe minden közlekedési mód esetében. A jellemzők öt csoportra oszthatók:

- környezettudatosság: a környezetvédelem iránti hozzáállás és az időjárási viszonyok hatása,
- demográfia: az adott város lakosságának összetételére utal,
- modal split: ezen jellemző a legfontosabb, amely bemutatja a módválasztási szokásokat,
- város struktúra: egy adott város fizikai és forgalmi jellemzőit mutatja meg,
- pénzügyi jellemző: az életminőség, a bevételek, a kiadások és a közlekedési módok árát mutatja.

2.3 Jellemzők képzése

A közösségi közlekedés elemzésénél a szempontokat a következő jellemző csoportokba osztottuk: környezettudatosság, modal split, város struktúra és pénzügyi jellemző (2. ábra).

- Környezettudatosság: A jellemző a hulladék mennyiségéből és a klímaváltozás elleni harc mértékéből áll össze. A hulladék sorában a magasabb értékek mutatják azt, ahol alacsony az egy főre jutó hulladék mennyiség, ebből következik, hogy kisebb a környezetre terhelt hatásuk, ez a kedvezőbb eset. A klímaváltozás elleni szempontnál a magasabb érték jelöli a magasabb aktivitási szintet. Ebből a kettőből alkotott jellemző magas értéke mutatja a környezet-tudatosságot, ezért ezekbe a városokba magasabb szintű közösségi közlekedést ajánlunk.
- Modal split: Ezt a jellemzőt három szempont alkotja, a két modal split érték azt mondja meg, hányan használják a közösségi közlekedést és harmadik a közösségi közlekedéssel szemben támasztott elégedettségi szint. A modal split értéke azért kerül duplikálásra, mert ez az egyik legfontosabb mutató. A magas használat és magas elégedettség, magas értéket kap a csomag szint számolásakor.
- Városszerkezet: Ez a jellemző négy szempontból áll össze. Ha agglomeráció/város értéke magas az arra enged következtetni, hogy az utasok hosszabb távokat tesznek meg utazásaik során, így a közösségi közlekedés támogatandó. A népsűrűség értéke jelen esetben a fordítottját mutatja, ahol magas ott alacsony a népsűrűség, ami a hosszabb utazásokat vetíti előre. Az utazási időnél szintén a hosszabb, magasabb érték illik a közösségi közlekedéshez, ugyanígy a magas traffic index is a közösségi közlekedést támogatja.
- Pénzügyi: Ha a közösségi közlekedés és az átlagos kereset hányadosa magas, akkor a közösségi közlekedés kevésbé támogatható a magas ára miatt. Ugyan ez igaz a havi bérlet és havi kiadások hányadosára. A magas érték azt mutatja, hogy a kiadások igen nagy része a bérlet ára.

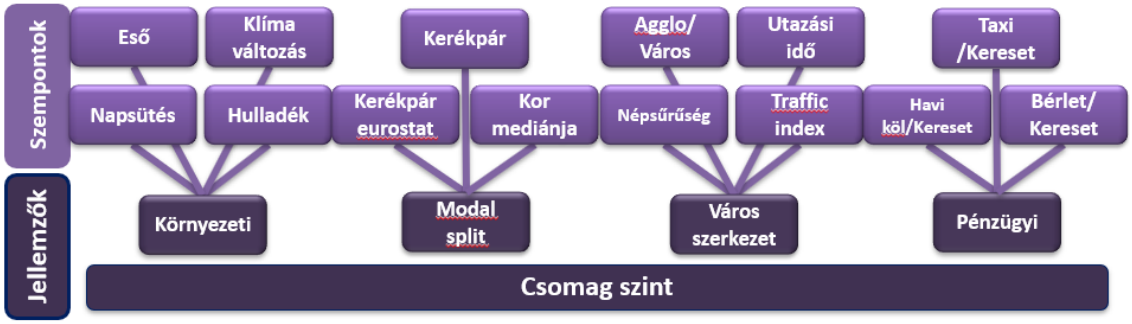


2. ábra: Szempontokból képzett jellemzők (közösségi közlekedés)

A kerékpár-megosztásnál a négy jellemző a környezeti, modal split, város szerkezet és a pénzügyi kerül tárgyalásra (3. ábra).

- Környezettudatosság: Ennél a jellemzőnél megjelenik a közösségi közlekedésnél már használt két szempont: a hulladék és a klímaváltozás, mindkettő azonos értékkel, mivel a kerékpározás is környezetkímélő közlekedés módnak tekinthető. A jellemző kialakításában továbbá szerepet kapnak időjárási tényezők, a magas napsütés kedvező ezért magas értéket kap, míg az eső mértéke kedvezőtlen, így ahol alacsony az esőzés az a város kap magasabb értéket.
- Modal split: Itt a két modal split értéke jelenik meg, viszont ezeknek az összege, így ez a jellemző duplikálva lesz a végösszeg képzésekor.

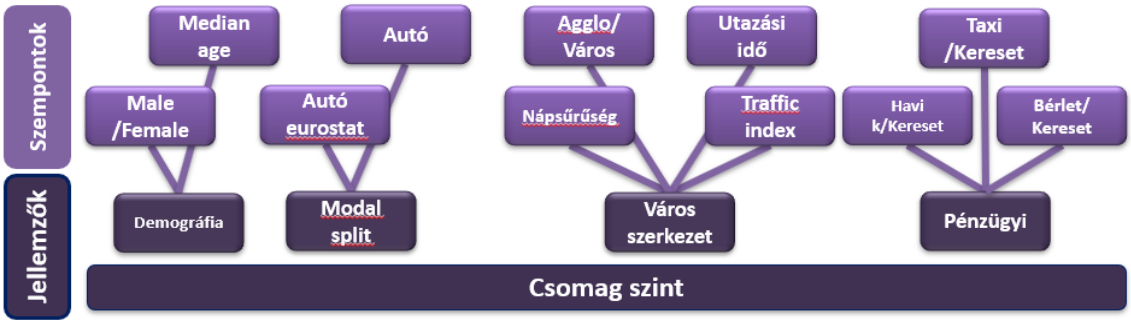
- Város szerkezet: Elemei ugyanazok, mint a közösségi közlekedésnél, de az értékek eltérőek. A kerékpározást rövidebb távolságokra használják, így az alacsonyabb menetidő, a nagyobb népsűrűség és az alacsonyabb agglo/város kedvező a kerékpár számára, ezek kapnak magas értéket. Ugyanakkor, ahol a traffix index magas, a kerékpár gyorsabb alternatíva lehet, így szintén magas értéket kap.
- Pénzügyi: Négy szempont hányadosa határozza meg a jellemzőt. A havi kiadás és kereset a fennmaradó összeg mennyiségét mutatja, ahol ez alacsony ott magas érték kerül számításra, mivel a kerékpár olcsó mód, a havi bérlet és a taxi keresettel való hányadosai azonban, ha magas értéket vesznek fel, akkor az kedvezően hat, mivel többen fognak az olcsóbb kerékpárra váltani.



3. ábra: Szempontokból képzett jellemzők (kerékpár-megosztás)

A gépjármű-megosztás egy innovatív és gyorsan fejlődő közlekedési mód. Szintén négy jellemző alkotja, azonban a környezeti jellemző helyett a demográfia jelenik meg (4. ábra).

- Demográfia: Két szempont alkotja a jellemzőt, az életkor és a nem. A kutatások azt mutatják, hogy a megosztási rendszereket a fiatalabb korosztály használja nagyobb számban, ebből következően az alacsonyabb életkorú mediánnal rendelkező városok kapnak magasabb értéket.
- Modal split: Gépjármű-megosztási adatokat nem találtam minden városra, így itt az egyéni közlekedést vettük alapul. Abban a városban, ahol magas az autózás aránya, ott magasabb értéket rendeltük a csomag szintjéhez. Ez a jellemző is duplikálva van az eddigiek mintájára.
- Város szerkezet: Elemei megegyezik az eddigiekkel, de az értékei változnak. A gépjármű-megosztás használata rövidebb távokra jellemző, rövidebb utazási idővel, alacsonyabb népsűrűségű területeken és alacsonyabb agglo/város mellett.
- Pénzügy: Megegyezik a kerékpáros résszel. Ahol kevesebb pénzt tudnak megtakarítani, kevesebbet áldoztak közlekedésre, továbbá ahol magas a taxi és közösségi közlekedés ára többen választhatják a gépjármű-megosztást.

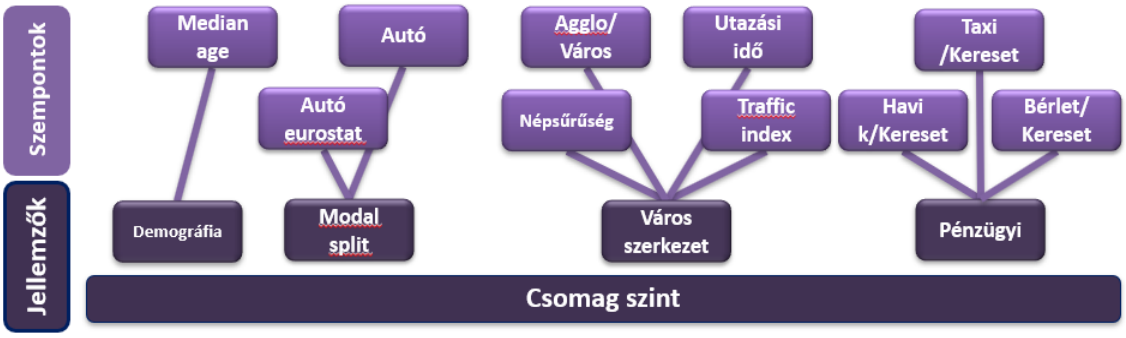


4. ábra: Szempontokból képzett jellemzők (gépjármű-megosztás)

Az utolsó vizsgált közlekedési mód a taxi. A főbb jellemzők, amelyeket a taxival kapcsolatban figyelembe kell venni, a kor, modal split, város szerkezet és pénzügyi jellemző. A 7. táblázat tartalmazza az értékeket és a számolást, az 13. ábra pedig a szempontok csoportosítását szemlélte.

- Életkor: Azzal a feltételezéssel éltünk, hogy a középkorú és idősebb korosztály használja többször a taxi szolgáltatást, így ahol az életkor mediánja magasabb ott több taxi szolgáltatás kerül a csomagba.
- Modal split: Mint a gépjármű-megosztásnál, adatok nem álltak rendelkezésre, így itt is egyéni közlekedéshez viszonyítottuk a taxi szolgáltatást szintén kétszeres szóróval a végösszeg képzésénél.

- Város szerkezet: Az elemek megegyeznek az eddigiekkel, de különböző értékek jelennek meg. A taxi használat hosszabb távra és időre jellemző, mint a gépjármű-megosztás ezen paraméterei, ezért az alacsonyabb népsűrűségű területeken és magasabb agglo/város arány mellett jellemző.
- Pénzügyi: Megegyezik a gépjármű-megosztással.



4. ábra: Szempontokból képzett jellemzők (taxi)

2.4 Csomagok

A csomagok szintje 1 és 5 között lehet. Az alábbi szintek szakirodalom alapján kerültek megállapításra, a MaaSLab publikációi alapján. [13] Ez az érték két szám átlagából következik. Az első szám a jellemzők összegének a kerekített értéke. A másik szám pedig a jellemzők összegét normalizálja, a legkisebb az 1, a legnagyobb az 5, a többi arányosan oszlik el. A két szám átlaga a csomagok szintje.

A közösségi közlekedési csomagok szintjei a következők:

- 1: Pay-as-you-go
- 2: Havonta 5 nap (egy hónapban 5 napot használhatja a közösségi közlekedést)
- 3: Havonta 10 nap
- 4: Havonta 20 nap
- 5: Korlátlan

Kerékpár-megosztási és gépjármű-megosztási csomagok esetén a következők:

- 1: Pay-as-you-go
- 2: 5 óra ingyenes havonta
- 3: 10 óra ingyenes havonta
- 4: 15 óra ingyenes havonta
- 5: Korlátlan

Taxi csomagok esetén a következőket jelenti:

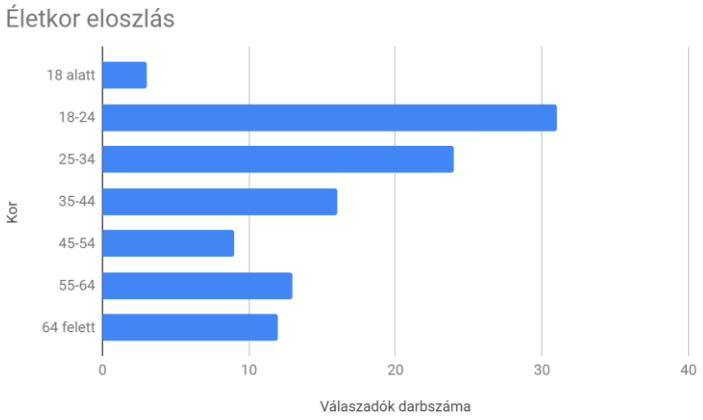
- 1: Pay-as-you-go
- 2: 50 km havonta
- 3: 100 km havonta
- 4: 150 km havonta
- 5: Korlátlan

A meghatározott szempontok és jellemzők alapján Budapesten egy alapcsomagnak tartalmazni kellene havonta 10 nap ingyenes közösségi közlekedést, kerékpározás terén Budapesten még gyerekcipőben jár, így 5 óra kerékpározás lehetséges egy hónapban. A gépjármű-megosztás viszonylag magas értéket kapott, havi 10 óra állna a felhasználók rendelkezésére, míg taxi használatot 100 km felső határ korlátozná.

Természetesen ezek a csomagok általánosak, és a városoknak a kijelölt csomaghoz képest nagyobb és kisebb csomagokat is kell kínálniuk a konkrét közlekedési módokból, hogy kielégítsék az összes felhasználói igényt. Mivel ez a módszer egy csomag kialakítására alkalmas városonként, ezért kiindulópontként használható a mobilitási csomagok tervezésénél. Iránymutatást ad arra vonatkozóan, hogy milyen irányban érdemes a fejlesztéseket végrehajtani és mely közlekedési módok integrálásával lehet a legnagyobb hatást elérni.

3. Eredmények

A jobban diverzifikált csomagok kialakítása érdekében egy kérdőíves felmérést készítettünk. A 11 kérdésből álló kérdőív 2019. március 25 és április 2 között került kitöltésre 54 nő és 54 férfi részeről. Az életkori eloszlást az 5. ábra mutatja be. A fiatalabb generációk magasabb részvételi arányát az indokolhatja, hogy elsősorban a Facebookon került megosztásra, azonban az idősebb korosztályokhoz is sikeresen eljutott a kérdéssor. A legmagasabb arányban a 18-24 év közöttiek válaszoltak, ez a teljes minta közel 30%-a. A legkisebb kitöltés számot a 18 év alattiak érték el 5% körüli eredménnyel. 84,3%-a a kitöltőknek él Budapesten vagy az agglomerációjában, a többi településen élők közül a diákok mindegyikének, a dolgozók közel felének van Budapest bérlete.



5. ábra: Válaszadók életkorának eloszlása

A 6. ábra az okostelefon és a jogosultságok birtoklását mutatja be. Az okostelefon birtoklása 96,3%-ot éri el, ami a MaaS szempontjából pozitív adat. Kiemelkedően magas érték továbbá a vezetői engedély és a Budapest bérlet megléte is. A megosztási módokhoz (kerékpár és gépjármű) tartozó jogosultsággal a válaszadók közel 10-10%-a rendelkezik. Más közösségi közlekedéshez tartozó bérlet (autóbuszok közlekedés) birtoklása elhanyagolható mértékű.

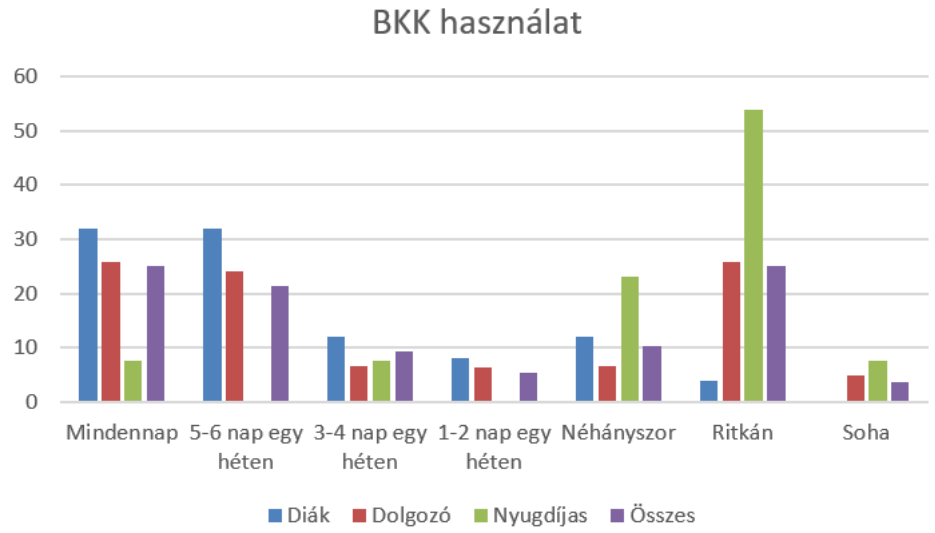
6. ábra: Válaszadók jogosultságai

Három tipikus, a mobilitási csomagokhoz illeszkedő utascsoport került meghatározásra. A csomagváltozatok a diák, dolgozó és nyugdíjas utascsoportok eredmények alapján kerülnek kialakításra.

- diák: érdeklődnek az újdonságok iránt, a megosztási gazdaság felé nyitottak, az aktív közlekedési mód megjelenik preferenciájukban, ingázó utazás a jellemző,
- dolgozó: szintén ingázó utazás jellemző, az autózás és a közösségi közlekedés adja az utazás gerincét, jobban preferálja a megosztási és aktív közlekedési módokat,
- nyugdíjas: rendszertelenebb utazások jellemzik, kevésbé preferálja az megosztási és aktív közlekedési módokat, járművezetési hajlandóság csökken

3.1 Közösségi közlekedési csomagok

A közösségi közlekedési csomagok kialakításához megvizsgáltuk a budapesti közösségi közlekedés használatát. A 7. ábrán a vízszintes tengely mutatja a közlekedési mód használatának gyakoriságát, a függőleges pedig az egyes gyakoriságokhoz tartozó utascsoportokon belüli részarányt/százalékot. Például a diákok 32%-a használja a közösségi közlekedést naponta. Az alap módszertan szerint a budapesti csomagban egy hónapban 10 napnyi közösségi közlekedés használható fel. Ez egy hétre lebontva 2-3 nappal egyezik meg. Az összes válaszadót tekintve a mindennapos és a ritka használatok a legjellemzőbbek, azonban a válaszok mediánja a 3-4 nap egy héten.



7. ábra: Budapesti közösségi közlekedés használata

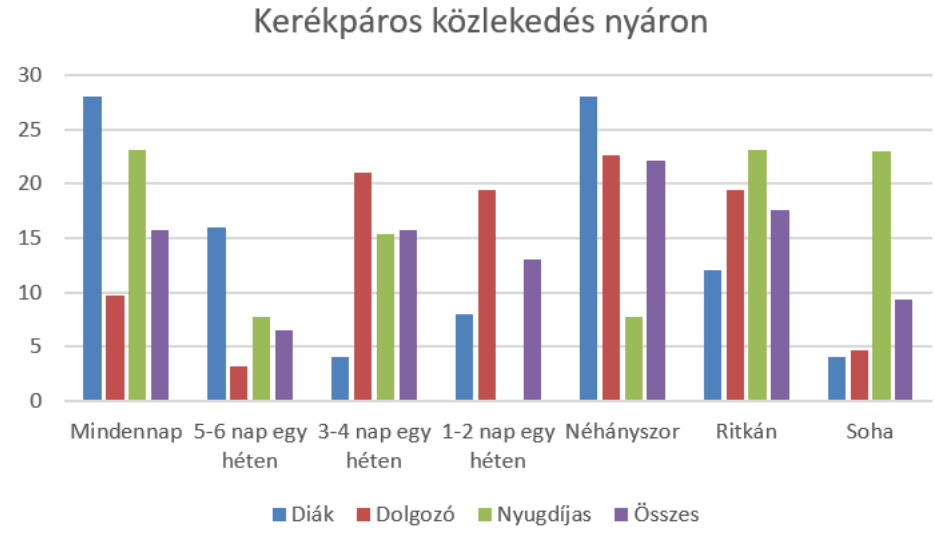
A diák utascsoport naponta és/vagy egy héten 5-6 nap használja a közösségi közlekedést a legnagyobb arányban és a válaszok mediánja is az 5-6 nap egy héten értékre esik. Ezzel az utascsoport közösségi közlekedés szintje négyesre emelkedik, havonta 20 napra.

A dolgozói csoport módusza az összeshez hasonlóan a mindennapos és ritka intervallumokba esik, mediánja a 3-4 nap egy héten, így havonta 10 napot kapnak.

A nyugdíjas utascsoport módusza és mediánja egy intervallumba esik, mégpedig a ritka használatba, így a közösségi közlekedés csomag szintje eggyel csökken a havonta 5 nap szintre.

3.2 Kerékpár-megosztási csomagok

A kerékpár-megosztás szintjét két adat befolyásolja, a budapesti kerékpár-megosztó rendszer BUBI jogosultság megléte és a kerékpárhasználat. A kezdeti szint Budapesten a pay-as-you-go, ami megegyezik a válaszadók kerékpáros közlekedési szokásaival, melyet a 8. ábra mutat be.



8. ábra: Kerékpáros közlekedés használata

Az összes válaszadót vizsgálva a leggyakrabban előforduló válasz a havonta néhányszor történő kerékpár használat, ez egyezik meg a 2. szinttel, azonban a medián már átcsúszik az 1-2 nap egy héten intervallumba. A kerékpáros közlekedés szoros összefüggést mutat az évszakváltozással, mivel a téli időszakban nem kedvelt közlekedési mód. Ezt figyelembe véve szükséges lehet a csomagok évszakonkénti változtatása is, az igények megfelelő illeszkedését biztosítva.

A BUBI jogosultság elhanyagolható mértékű a diák utascsoportban. Az utascsoport válaszainak mediánja megegyezik a minta egészével (1-2 egy héten), míg a módusz két értéket is felvesz, a napit és az egy hónapban néhányszorit. A kerékpármegosztás szintje növelésre kerül, a 10 óra ingyenes, 3. szintre.

A dolgozó utascsoport rendelkezik a legtöbb BUBI jogosultsággal, 10 darabbal, ami az összes válaszadó közel 10%-a. A módusz és medián megegyezik a diák utascsoport intervallumaival, így a dolgozó utascsoport szintje is egyel növelhető a 10 óra ingyenes szintre.

A nyugdíjas utascsoport középső válasza a néhányszor intervallumba esik, valamint BUBI jogosultság se jelenik meg a válaszok között, így semmi sem indokolja a közlekedési mód szintjének a változtatását. Marad az 5 óra ingyenes szint a legidősebb korosztály számára.

3.3 Gépjármű-megosztási csomagok

A gépjárműmegosztás kérdőív alapú felosztása utascsoportok szerint a kerékpármegosztáshoz hasonló módon történik, egyrészt a jogosultság meglétének, másrészt a közlekedési mód használatának mértékétől függően. A kiinduló szint a 3. (10 óra ingyenes egy nap).

A válaszokból kiderül, hogy a gépjárműmegosztást a nyugdíjas korosztály egyáltalán nem, a diákság pedig nem számottevő mértékben használja. Az előbbi utascsoport hátterében az ismeretlen közlekedési mód, míg az utóbbi mögött az alacsony kereset és a vezetői engedély hiánya állhat. Ezek következtében mindkét utascsoport a legalacsonyabb szintre kerül, a Pay-as-you-go szintre.

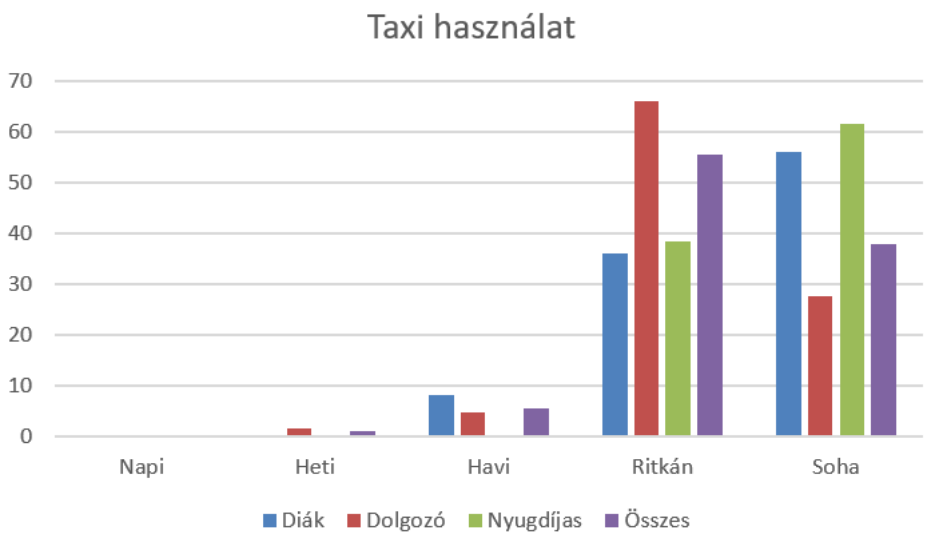
A dolgozói utascsoport körében is viszonylag alacsony a közlekedési mód felé mutatott hajlandóság, azonban a teljes mintához képest közel 10% a jogosultság megléte. A 3. szintről ezért a 2. (5 óra ingyenes szintre) kerül.

3.4 Taxi csomagok

A taxi mobilitási csomagban szereplő szintjét egy specifikus kérdés alapján adott válaszokra lehet szétosztani. A 9. ábra azt mutatja, hogy a minta egésze ritkán használja ezt a közlekedési módot, ami egyel alacsonyabb szint, mint a kiinduló 50 km havonta. Az alacsony használat mögött a többi közlekedési módhoz viszonyított viszonylag magas ár húzódhat.

A gépjárműmegosztáshoz hasonlóan a diák és nyugdíjas utascsoportok alacsony hajlandóságot mutatnak a taxi használat iránt. Ezen két csoportban a leggyakoribb válasz a soha nem használ taxi szolgáltatást, így ezek az 1. szintre kerülnek.

A dolgozó utascsoport is csökken a 2. szintre mivel az eredeti szint a havi intervallummal egyenértékű mennyiséget javasolt volna a közlekedési módból, míg a legnagyobb arányban a ritka használat került válaszadásra.



9. ábra: Taxi használata

Konklúzió

A 10. ábra tartalmazza a három utascsoportra bontott budapesti havi mobilitási csomagokat. Sorban a közlekedési módok: közösségi közlekedés, kerékpár-megosztás, gépjárműmegosztás és taxi.

Diák csomag	Dolgozói csomag	Nyugdíjas csomag
• 20 nap havonta	• 10 nap havonta	• 5 nap havonta
• 10 óra havonta	• 10 óra havonta	• 5 óra havonta
• Pay-as-you-go	• 5 óra havonta	• Pay-as-you-go
• Pay-as-you-go	• 50 km havonta	• Pay-as-you-go

10. ábra: Utascsoportokra osztott csomagok

A dolgozói csomag mutatja a legnagyobb hasonlóságot a városok összehasonlítása alapján létrehozott csomaggal. A diák és nyugdíjas csomagok csökkentett tartalommal lettek megállapítva az utascsoportokra való bontás után. A diákok körében a közösségi és aktív közlekedési módok felé mutatott hajlandóság következtében a közösségi és kerékpáros közlekedés nagyobb értékeket kapott, míg a nyugdíjas utas csoport ezekben a módokban is a legalacsonyabb szinteket érte el.

A mobilitási csomagok utascsoportok szerinti szétbontása városonként eltérhet. Ez következhet az új közlekedési módok megjelenésének és elterjedésének ütemétől. Ahol a megosztási rendszerek régebb óta és/vagy nagyobb mértékben elterjedtek ott nagyobb mértékben megjelenhetnek a közlekedési csomagokban. Befolyásolja természetesen az adott város közösségi közlekedés hálózatának minősége. Jó közösségi közlekedés mellett a többi szolgáltatás háttérbe szorulhat, ellenkező esetben felértékelődhet. Ez szintén igaz a kerékpáros úthálózat meglétére vagy hiányára, mely befolyásolhatja az adott város kerékpármegosztás szintjét. Összeségében elmondható, hogy az utascsoportokra bontás során igen nagy befolyásoló tényező a város közlekedési hálózata, utazási szokások és a különféle szolgáltatási módok jelenléte.

A MaaS4EU projekt az Európai Unió által létrehozott Horizon 2020 kutatási és innovációs keretprogram támogatásával valósult meg a 723176 számú támogatási szerződés keretében.

Irodalomjegyzék

[1] Hietanen S. (2014) „Mobility as a Service" – The new transport model? Eurotransport, Vol. 12, Issue 2, pp. 2-4.

[2] Kamargianni M., Mátyás M. (2017) The Business Ecosystem of Mobility-as-a-Service, 96th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, Washington, United States, 8-12 January 2017

[3] Sochor J., Arby H., Karlsson M. (2017) The topology of Mobility as a Service: A tool for understanding effects on business and society, user behavior, and technological requirements, 24th World Congress on Intelligent Transportation Systems, Montreal, Canada, 2017. October 29 - November 2.

[4] UITP (2011) Becoming a Real Mobility Provider Combined Mobility, position paper, http://www.uitp.org/sites/default/files/cck-focus-papers-files/FPComMob-en.pdf (letöltve 2019.11.15)

[5] Audouin M., Finger M. (2017) What role for public authorities in the development of Moblility-as-a-Service? The Helsinki case, European Transport Conference

[6] Kamargianni M., Mátyás M. (2017) The Business Ecosystem of Mobility-as-a-Service, 96th Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting, Washington, United States, 8-12 January 2017

[7] Wong Y.Z., Hensher D.A., Muller C. (2017) Emerging transport technologies and the modal efficiency framework: A case for mobility as a service (MaaS), International Conference Series on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, Stockholm, Sweden, 13-17 August 2017.

[8] Wong Y.Z., Hensher D.A., Muller C. (2017) Emerging transport technologies and the modal efficiency framework: A case for mobility as a service (MaaS), International Conference Series on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, Stockholm, Sweden, 13-17 August 2017.

[9] Jittrapirom P., Caiati V., Feneri A-M., Ebrahimigharehbaghi S., Alonso-González M.J., Narayan J. (2017) Mobility as a Service: A Critical Review of Definitions, Assessments of Schemes, and Key Challenges, Urban Planning, Vol. 2, Issue 2, pp. 13-25.

[10] Stopka U., Pessier R., Günther C. (2018) Mobility as a Service (MaaS) Based on Intermodal Electronic Platforms in Public Transport, In: Kurosu M. (eds) Human-Computer Interaction. Interaction in Context. HCI 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10902. Springer, Cham

[11] Ho C., Henshe, D. A., Mulley C. and Wong Y. Z. (2017) Prospects for switching out of conventional transport services to mobility as a service subscription plans—A stated choice study, Paper presented at the 15th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport (Thredbo 15), Stockholm, Sweden, 13-17 August

[12] Matyas M., Kamargianni M. (2017) Stated Preference Design for Exploring Demand for "Mobility as a Service" Plans, International Choice Modelling Conference, Cape Town, April 3-5, 2017.

[13] Matyas M., Kamargianni M. (2018) The Potential of Mobility as a Service Bundles as a Mobility Management Tool, 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), Washington, United States, 7-11 January 2018.

Multimodal analyse of mobility in small town through the household inquiry survey

Takács Jakub[1] – Červenka Roman[2] – Beutelhauser Daniel[3]

[1]**Slovak University of Technology Bratislava, Department of Transportation Engineering**
phone: +421 917 384 403, e-mail: jakub.takacs@stuba.sk

[2]**Slovak University of Technology Bratislava, Department of Transportation Engineering**
phone: +421 949 333 078, e-mail: roman.cervenka01@gmail.com

[3]**Slovak University of Technology Bratislava, Department of Transportation Engineering**
phone: +421 949 786 879, e-mail: d.beutelhauser@gmail.com

Abstract: A most important element in solving the sustainable future of transport should be initiatives and regulations from the cities themselves, which are already struggling with traffic congestion at the capacity limit of an existing road network. For the elaborations of the principles of the city's transport policy, a number of traffic surveys need to be carried out. The outputs of traffic surveys are qualifiedly analyzed and serve to be base for proposing specific solutions in the area of transport infrastructure or transport services. The result of these activities is then applied in the land-use planning documentation, specifically in the general master plan of a city. The basic sources of data for traffic analyzes, in order to improve transport, are traffic surveys focused on parking, routing in junctions as well as the surveys of public transport occupancy and household inquiry surveys. The household inquiry surveys examine the degree of mobility - transport relations between individual zones in the city, respectively adjacent outer zones. For this purpose, the form of a household inquiry survey is solved by the number of transport engineering tools. Experiences from the preparation and realization of the traffic surveys in one small Slovak town are written in the contribution.

Keywords: Mobility, transport, household inquiry survey, traffic survey

Introduction

In order to elaborate the principles of the city's traffic policy, a number of traffic surveys needs to be carried out, the outputs of which are analyzed in a qualified manner and are then used to propose specific solutions in the area of transport infrastructure or transport services [1]. The set of these activities is then applied in the land-use planning documentation, specifically in the transport master plan of a city [2, 3 and 9]. The base problems of the city street networks were published in [11]. Special details about the public transport surveys are known in [12]. Especially the problems of small cities in Slovakia with the problem of collecting traffic data and creating traffic planning scenarios are in [13]. And to complex solution as a sustainable mobility for urban areas were shown in [14]. New tendencies for evaluation of public transport scenarios, which are using the outputs of household surveys together with other base traffic surveys on mobility and traffic flows are in detail worked out in [5] and in [6]. Modal split is the solution for new smarth growth applications in cities where the base rules were defined in[7 and 8]. For the purpose of this study we chose the town of Šaľa, which together with its agglomeration has up to 30,000 inhabitants. The town lies in the southwestern part of Slovakia. The city’s terrain is flat, which predetermines the increase of alternative means of transport (such as cycling). The greater cities as Bratislava, Nitra, Trnava, Nové Zámky and Dunajská Streda can be reached within 60 minutes. This proximity allows residents to commute daily to work / school to these towns, which leads to increased transport mobility.

Alongside other various transportation analyzes a household inquiry survey [4] has been carried out in the town of Šaľa in order to improve transportation. The outputs of this survey are to serve as an input for the creation of the design part of the transport master plan of the city. The survey studied the degree of mobility - transport relations among individual zones within the town of Šaľa, respectively, adjacent outer zones – close villages. For this purpose, a number of transport engineering tools were used in order to

create the household inquiry survey (HIS). Several various methods have been implemented, mainly due to the failure of some of the methods used to obtain the necessary number of filled-in questionnaire sheets. In the first case, 10,000 questionnaire sheets were distributed, via the local newspaper distributed to every household in the town of Šaľa and adjacent villages (Diakovce, Dlhá nad Váhom, Kráľová nad Váhom). The expected return rate of the survey sheets was to be 10%, which would represent 1000 survey sheets per 26,893 inhabitants. This method was unsuccessful and other methods, which are the subject of this paper, were carried out .

1. Accessibility

An analysis of the behavior of the inhabitants of the city and its suburbs as well as the use of public transportation is a part of the creation of the city development prognosis in terms of traffic and transportation processes . The inhabitants of the town of Šaľa conurbation use all means of transport to reach their destinantions. The household inquiry survey of traffic is carried out in order to determine the basic parameters of the relocation. The main principle of these surveys is to obtain the necessary data on the movement of people across the town from the source to the destination of their daily activities. Due to the fact that the transport infrastructure with demands on the quality of life of citizens has not been developing in Slovakia for several decades, the accessibility of the destination of every trip is increasing not only by distance, but especially by time. The guiding principles must be defined in the transport policy of the state from which cities can create a hierarchy, a system of the “sustainable development” of transport infrastructure and transport services.

The urban transport policy in the transport master plan (TMP) aims to reduce congestion and keep people and vehicles moving. However, not everyone goes where they want to go in a reasonable time, at a reasonable price. And not all destinations are equally accessible from one source.

Accessibility means connecting people with their destinations. Improving access to jobs (offices, schools, services, shops, parks) in cities (agglomerations) means understanding people's needs - regardless of their address, age, or financial income. Accessibility in the land (access to the territory) varies in different ways - in time and distance. The entrepreneur must be in his work early in the morning due to business meeting, while the blue-collar worker has to be in the plant for the morning shift. The fruit supplier needs to get to the local market at dawn, while the working parent has to get the children to school before they leave for work. Availability means more than "mobility”. Effective land use policies can create a "short-distance city" where people have easy access to a wide range of destinations (a range of destinations) - functions within the territory.

Recently, considerable attention is being paid in the modal split to the development of the “community of transported” (residents), with a focus on mobility towards accessibility. As accessibility in its broad perspective encompasses both basic parameters: land use and transport interventions, it is necessary to look for solutions for the city of Šaľa where mobility that only deals with transport tools (infrastructure and modes of transport) contributes positively but is not sufficient to improve accessibility. The aim of such a solution for the whole city is to address accessibility rather than mobility. This can be solved in a "descriptive way" with three parameters, such as:

- quality standard of mobility,
- acess to transport (infrastructure) and
- acess to opportunities - activities (functions in the territory).

Criticism aimed at servicing of the territory is being usually focused only on speed of traffic flows and mobility, comes for both attributes of „relocation“ but is not focused on quality of moving from origin to destination (comfort in the vehicles of public transportation) but **„time is the key“**. The criticism is mainly based around two main questions:

1. due to **ignorance towards connection between transport and land use**. Evaluation based on speed is not defining the problem completely, what leads to unexpected counteracting in the expansion of natural sprawl and reducing the viability of the territory - disproportion in functions in the spatial arrangement,

2. There are **concerns about the even distribution of the benefits of mobility** across the population serving the wider area. It is a fact that part of the population of the town of Šaľa commutes to work very far - up to 100 km. The ability of some individuals to travel far and fast is not translated into everyone's transport requirements. A society centristically oriented to cars allows a "loss of availability".

2. Household inquiry traffic survey

We splited up the city of Šaľa with the borough Veča into 7 inner-city zones [3]. In order to analyse the mobility not only among zones in Šaľa, but also among surrounding villages in detail. These zones consist of close and outlying outer zones. Villages belonging to the group of close outer zones are the ones lying in the aglomeration of the town of Šaľa. They are located on the roads leading to Šaľa, or city district Veča. Among the outlying zones we have included groups of towns where the inhabitants of Šala most often travel (Figure 1). Zone VZ1 – Dlhá nad Váhom, VZ1-A – Trnava VZ2 – Močenok, VZ3 – Trnovec nad Váhom, VZ3-A – Nitra, Nové Zámky, VZ4 – Vlčany, VZ4-A – Komárno, VZ5 – Diakovce, VZ5-A – Dunajská Streda, VZ6 – Kráľová nad Váhom, VZ6-A – Galanta, Bratislava.

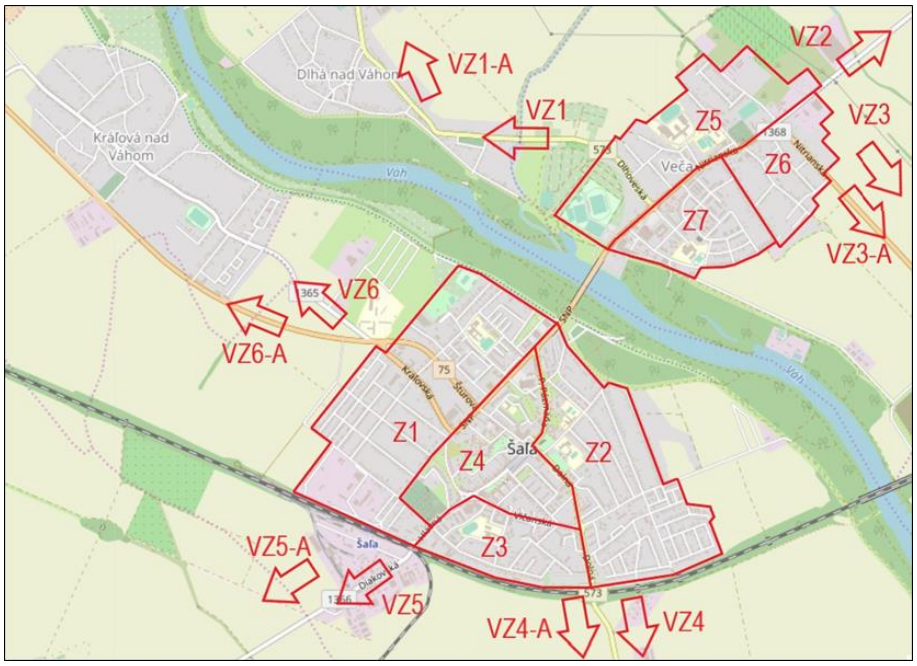


Figure 1. Division of the territory into zones

For the purposes of realization of the traffic survey, we have created survey sheets in paper and electronic form. In agreement with the city, we chose the local magazine [10] in which the survey sheet was inserted for the initial distribution of the survey sheets. At the same time, a questionnaire was published on the city official website, which the inhabitants could download, fill in and then hand over to the registry office of the town office or take a picture of and send it to the e-mail address stated. Less than 10 sheets (!!!) were obtained using this method. During the month of May and June 2019, there have also been a media advertising running on the website of the city of Šaľa, on social networks, as well as on the local TV channel Krea. Due to the very small number of survey sheets submitted by residents, we chose a new way of distribution in September 2019. We addressed schools in the town, but secondary schools refused to cooperate through their students. We have distributed approximately 2400 survey sheets to all primary schools in the city of Šaľa. The return on primary schools was approximately 450 completed sheets. The total number of sheets submitted and filled in was 513 only. The return rate on questionnaires from primary schools reached 18.75%.

3. Results of the household inquiry survey

3.1 Evalautin of socio-demographic part

We collected data from 513 households for the purpose of processing a traffic survey. Compared to the total number of households in Šaľa 7905, we achieved a sample of 6.49%. The survey sheets were filled in by more women than men, 935 versus 826. Even though the survey was anonymous, there have been a lot of questions left unanswered. Those were mainly the ones asking about the household's monthly income. Figure 2 shows the percentage distribution of total monthly income of a household. Most households, 238, reach monthly income of up to 2000 €. The smallest percentage, only 20 households, has a monthly income of less than 500€.

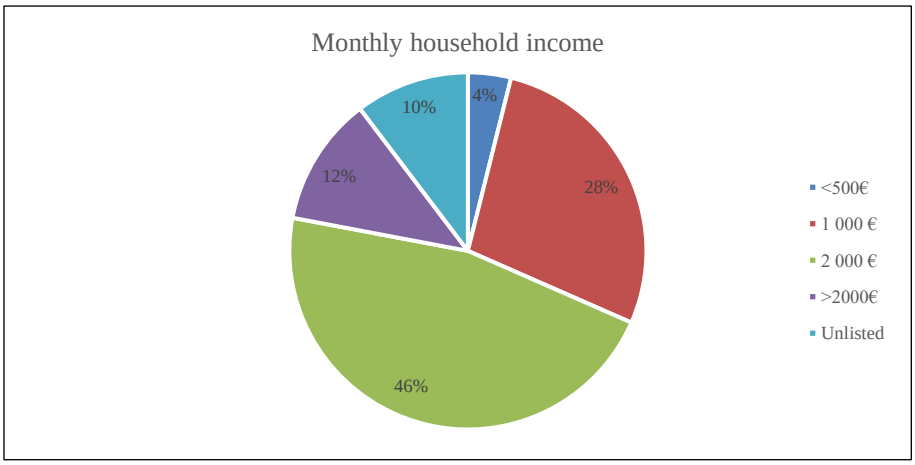


Figure 2. Households divided by the monthly income

Age structure of respondents is heavily affected by the fact, that majority of filled-in sheets comes from elementary schools. Mostly represented age sample is of people aged 35 – 49 for adults and 5-14 for minors. Due to small amount of collected sheets from respondents aged 20 to 35 years and the ones older than 60 years, these groups are markedly lacking in the evaluation of the survey (Figure 3).

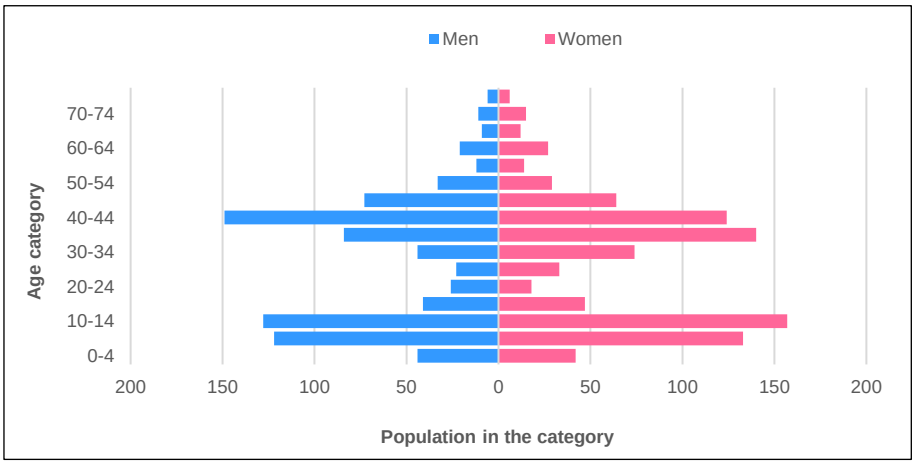


Figure 2. Graph depicting age structure of the respondents

In order to determine the possibility of using non-automobile transport, we asked the respondents questions about the number of bicycles in their households. Most households own 4 bicycles, (118 households). Almost the same, 113 households own, 3 bicycles (Figure 4). Average household consists of 3,4 members.

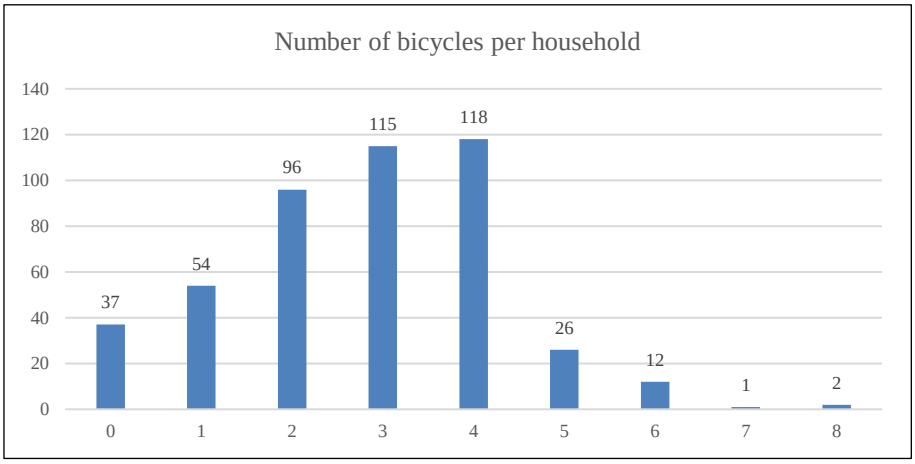


Figure 4. Number of bicycles per household

3.2 Evaluation of parking

When comparing the monthly income of a household to the number of vehicles per household, it follows that a family with an income of less than € 500 either does not own any vehicle (11 households) or has only one vehicle (8 households). With a monthly income ranging between € 500 and € 1,000, the family owns no more than 1 vehicle (80 households). With an income ranging between € 1,000 and € 2,000, which we consider to be the middle class in society, most households own 1 vehicle (115 households). 2 vehicles are owned by 90 households (Figure 5).

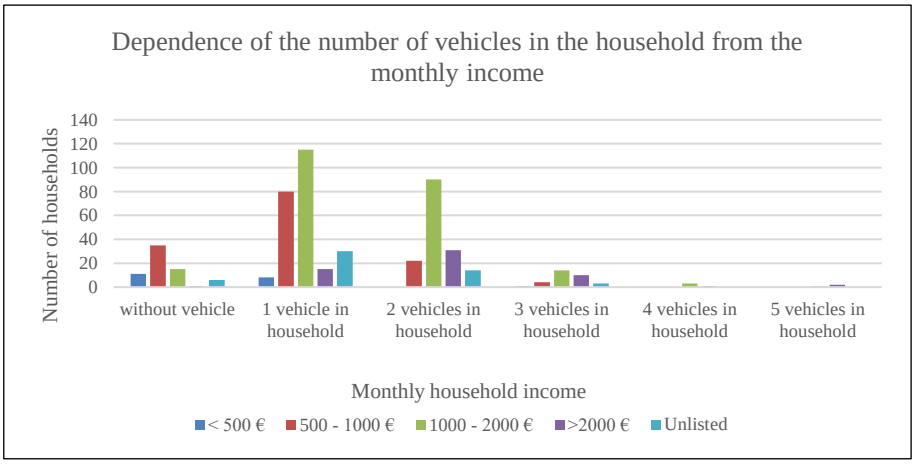


Figure 5. Dependence of the number of vehicles in the household from the monthly income

Mostly used way to park a car is to park on the streets (313 vehicles, what represnts 45.56% of total vehicles). Inhabitants living in family houses are parking mostly in their yard or their own garage, and these two ways of parking represent 48.76% (Figure 6). With a more detailed breakdown of ways of parking, according to vehicle ownership, 84.39% of private cars are parked on the street. Company vehicles are most commonly parked on a private land - 19.07% and in private garages - 17.73%.

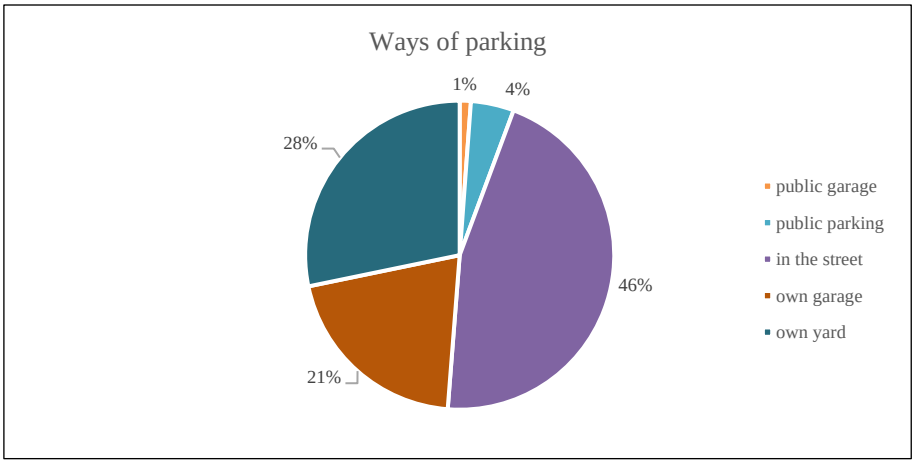


Figure 6. Ways of parking

3.3 Evaluation of transport momentum

The momentum evaluation was based on the demographic data of the town of Šaľa and the number of trips between zones. We divided the town of Šaľa into 4 separate zones, as well as the city district of Veča into 3 zones. Near the city, in its agglomeration, nearby outer zones were established. Trips that were carried out to far away areas were splited up into separate outlying zones. After analyzing the performed trips, which the respondents wrote in the survey sheets, we found out the number of trips between individual zones. These trips were subsequently recalculated according to the average trip resulting from the survey sheet per zone to the current population in each zone. Figure 7 graphically illustrates movement between zones.

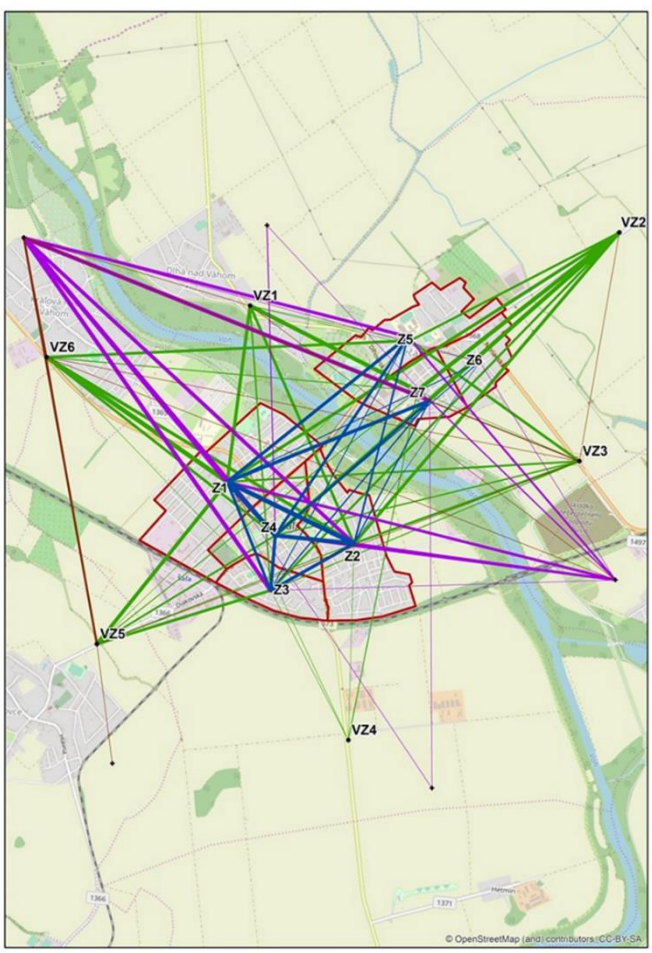


Figure 7. Flow of trips between various zones

In determining the individual characteristics of the trips, we determined the time interval (Table 2), according to which we assigned the individual trips to the time intervals. One of the characteristics we have found in the evaluation of trips is the time of the trip depending on the modal split used. When traveling by bus, residents mostly travel for a time in the interval of 15 to 20 minutes (25.81%), which corresponds to the public transport line or intercity lines to the surrounding villages. Cyclists and pedestrians usually travel for a period of 5 to 10 minutes (Figure 9). This is 38.68% for cyclists and 38.12% for pedestrians. Respondents driving a car most often stated an interval of 5 to 10 minutes (32.33%) as the length of their journey. The percent of trips in the interval of 0 to 5 minutes (17.88%) (Figure 8) is also significant. When traveling by train it is a time interval of 45 to 60 minutes (36.96%), which represents a train journey to Bratislava.

Table 2. Time intervals

A	0:00 – 0:05	F	0:30 – 0:45
B	0:05 – 0:10	G	0:45 – 1:00
C	0:10 – 0:15	H	1:00 – 2:00
D	0:15 – 0:20	I	2:00 – 8:00
E	0:20 – 0:30	J	8:00 – 24:00

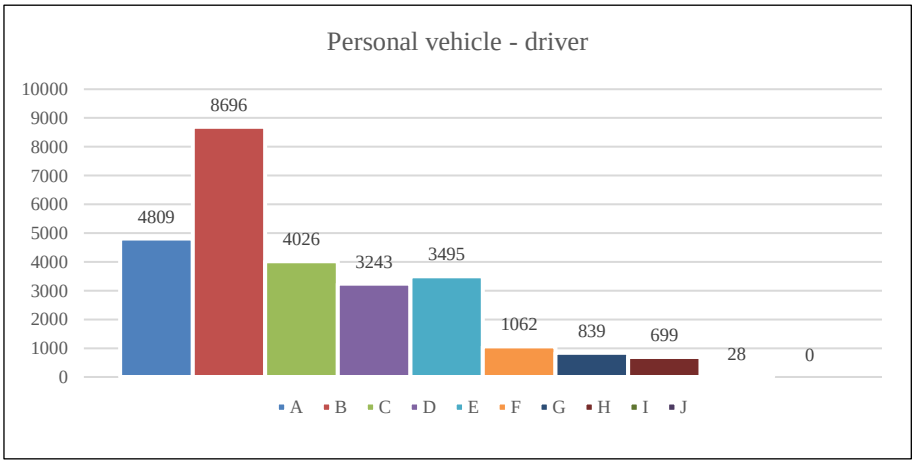


Figure 8. Division of journeys into time intervals -personal vehicle

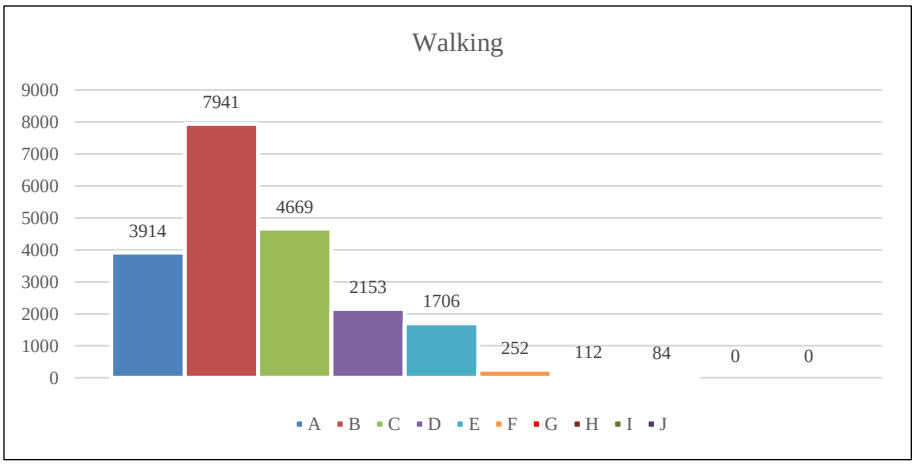


Figure 9. Division of journeys into time intervals - walking

The second combination is a comparison of the trip's purpose with time duration. Commuting to a free time activity with children takes mainly 5 to 10 minutes (39.08%). Commuting to work takes 5 to 10 minutes for most respondents - 25% (Figure 10). Commuting to school and/or to services or leisure time activities takes also mainly 5 to 10 minutes (Figure 11). The third considered combination is a comparison of the trip's purpose and means of transportation used. To commute to work, inhabitants

mostly use a car (67% of cases) (Figure 12). A car is used to commute to any other function, except for commuting to school. To schools, inhabitants walk up to – 49%.

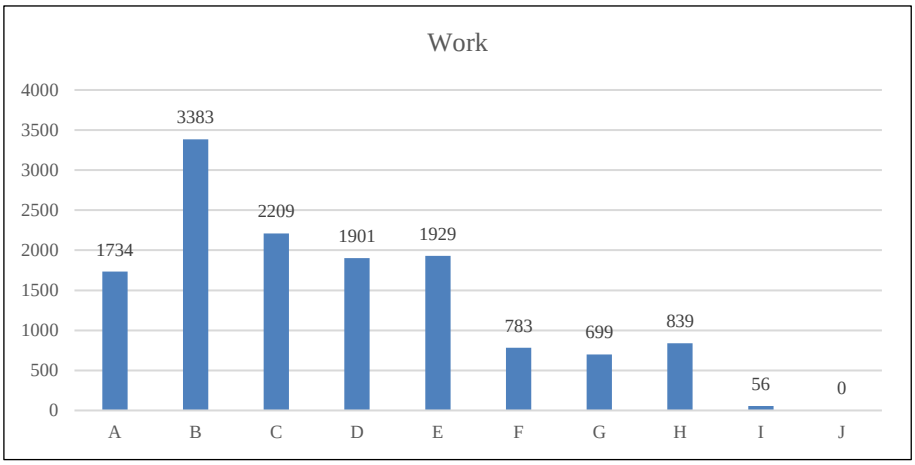


Figure 10. Division of journeys into time intervals – purpose: work

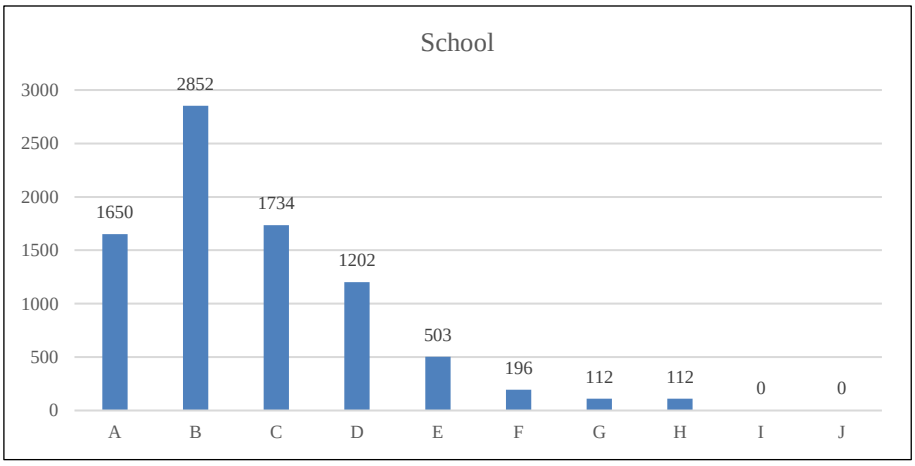


Figure 11. Division of journeys into time intervals – purpose: school

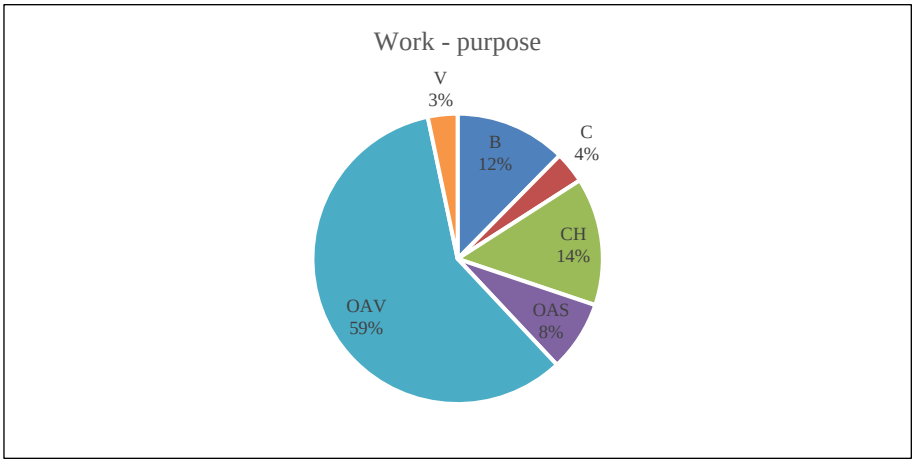


Figure 12. Division of the use of means of transport for the purpose – work

Conclusion

In total, we have collected 513 filled-in sheets, but not all of them were filled-in completely. Most ignored question was the one asking about monthly income of a household. This question was not answered by 10.3% of households. The most represented age groups of respondents are the ones of people aged 7-15 and 35-45 years, what corresponds to families with children. This phenomenon is caused by the fact, that survey sheets were distributed to primary schools.

While analyzing permanent residence, we found out that almost ¼ of respondents does not have a permanent residence in the town of Šaľa. However, based on the analyse of the trips made, we came to the conclusion, that most part of respondents, who did not have a permament residence in the town of Šaľa live in the town's aglomeration. Mainly, in villages Diakovce, Kráľová nad Váhom a Dlhá nad Váhom.

By analyse of a vehicle fleet of respondents, we found out that from the total 687 vehicles concerned, 45.5% parks in the street. After recalculation of number of trips to number of inhabitants in individual zones, we percentually divided these trips based on modal split used. Mostly represented in the traffic flow (53.6%) are cars in which a respondent was either a driver or a passenger. The second biggest group are pedestrians. They make up 31%. This number may be influenced by the environment, in which the survey sheets were distributed. Other means are represented in a considerably lower amount – bus 9%, bicycle 4.4% and train 2% (Figure 13). For comparison, number of trips done by bus in the time interval of 20 minutes. what represents a ride on the bus of public transport, or a ride to near villages corresponds with the results of a public transportation survey with an inaccuracy lower than 1% [4].

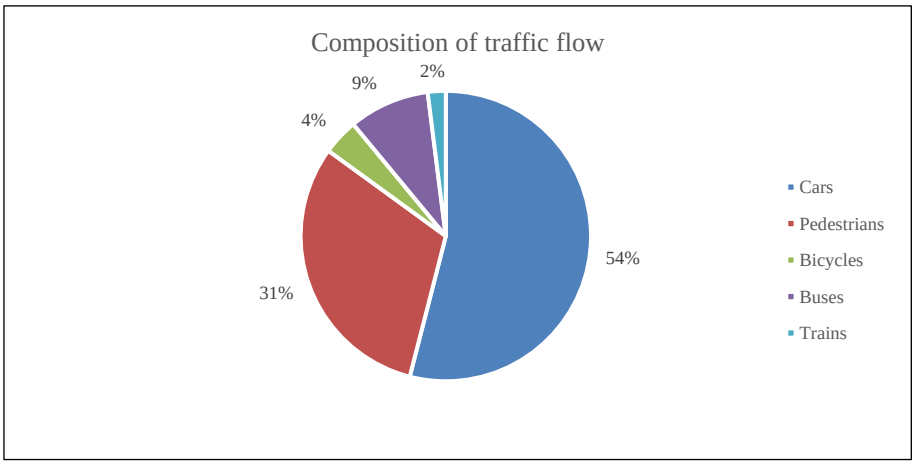


Figure 13. Composition of traffic flow

References

[1.] HEGYI, S. – SCHLOSSER, P. – SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, M.: Analýza dopravnej situácie na príjazdových komunikáciách mesta Šaľa, profilový dopravný prieskum, Dopravná štúdia, DOTIS, s.r.o. – HELDIS, s.r.o., 2018

[2.] SCHLOSSER, T. – HODÁKOVÁ, D. – SCHLOSSER, M. a kol.: Dopravný prieskum smerovania dopravy na území mesta Šaľa, Katedra dopravných stavieb SvF STU Bratislava – DOTIS Consult, s.r.o., 2018

[3.] SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, P. a kol.: Dopravný prieskum parkovania na území mesta Šaľa - Dopravná štúdia, DOTIS Consult, s.r.o. - Katedra dopravných stavieb SvF STU Bratislava, 2018

[4.] SCHLOSSER, T. – TAKÁCS, J. – BRANIŠ M. – SCHLOSSER, Mi. a kol.: Anketový dopravný prieskum na území mesta Šaľa - Dopravný prieskum domácností a verejnej dopravy, Katedra dopravných stavieb, SvF STU Bratislava – DOTIS Consult, s.r.o., 2019

[5.] SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, P. – KORFANT, M. a kol.: Električkové trate v novom centre mesta Bratislavy – Dopravné modelovanie a zmena deľby prepravnej práce, Stavebná fakulta STU Bratislava a DOTIS Consult, s.r.o., 2019

[6.] SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, P. – KORFANT, M.: *Dopravno-urbanistické zásady električkových tratí v novom centre Bratislavy*, Medzinárodná konferencia Verejná osobná doprava, 2019, Kongres Studio, Bratislava

[7.] SCHLOSSER, T.: *Deľba prepravnej práce v Bratislave*, XV. Dopravně inženýrske dny, Česká silniční společnosť a Slovenská cestná spoločnosť, Mikulov, 2015

[8.] SCHLOSSER, T. – SCHLOSSER, P. – SCHLOSSER, M.: *Traffic model as a tool for changing of modal split n Bratislava new city centre*, In Conference of Transport Science - Technology in Service of Sustainable Transport, publisher Universitas-Győr Nonprofit Kft., Hungary, Szécsényi University Győr 2018

[9.] SCHLOSSER, T.: *Dopravno-kapacitné posúdenia v projektovej dokumentácii cestného a mestského* inžinierstva, In: Cestná konferencia 2018

[10.] Slovo Šaľanov – Súkromný podnikateľ, XXX. /číslo 5/ 2019

[11.] SCHLOSSER, T. - SCHLOSSER, P. *Traffic engineering analysis in the preparation and reconstruction of urban roads*. Slovak Journal of Civil Engineering. Vol. 26, no. 2018/2, s. 35-39. ISSN 1210-3896

[12.] BRANIŠ, M. - SCHLOSSER, T. - CÁPAYOVÁ, S. - ZUZULOVÁ, A. - HODÁKOVÁ, D.: Methodology of collecting data for evaluating public transport services. In *WMCAUS 2019 [elektronický zdroj] : abstract collection book of the World Multidisciplinary Civil Engineering - Architecture - Urban Planning Symposium. Prague*, 2019

[13.] SCHLOSSER, T. - HODÁKOVÁ, D. - ZUZULOVÁ, A. - BRANIŠ, M. - SCHLOSSER, P.: Impact of transport analysis on urbanization development in small towns of Slovakia. In *SGEM 2019. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 19. Nano, Bio and Green - Technologies for a Sustainable Future : conference proceedings. Albena, Bulgaria,* 2019, p. 479-486. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-89-8

[14.] SCHLOSSER, T.– CÁPAYOVÁ, S. – HODÁKOVÁ, D. – SCHLOSSER, P: *Evaluation of Sustainable Mobility for Urban Development Projects with Traffic Engineering Tools – Example From Bratislava,* In SGEM 2018, 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Research Area: Green Design and Sustainable Architecture, Albena, Bulgaria, 02-08 July, 2018, Volume 18, Book 6.3, p. 549-556, ISBN 978-619-7408-52-2, ISSN 1314-2704

Munkahelyi mobilitási felmérés: a foglalkoztatás ma már nem a gyárkapunál kezdődik

Dr. Majó-Petri Zoltán[1] – Dr Németh Zoltán Ádám[2] - Görög Vivien[3]

[1]Szegedi Tudományegyetem Gazdaságtudományi Kar
telefon: 62 / 544 146
e-mail: majoz@eco.u-szeged.hu

[2]Szegedi Közlekedési Társaság
telefon: 62 / 592 250
e-mail: nemeth.zoltan.adam@szkt.hu

[3]Szegedi Tudományegyetem Gazdaságtudományi Kar
telefon: 62 / 544 146
e-mail: gorog.vivien@szkt.hu

Kivonat: A munkahelyi mobilitási programok kialakítása az elmúlt években egyre több helyen tűnik fel a közlekedés tervezésben és a magyar vállalati gyakorlatban. Jelen 2019-es kutatásunkban több mint 1000 fő töltötte ki mobilitási kérdőíveinket. Az eredményeink azt mutatják, hogy az autózás, közösségi közlekedés és a kerékpározás közötti átjárás – kevert közlekedési módok használata - többirányúvá és elfogadottá vált a vizsgált ipari-kereskedelmi zónában és a kapcsolódó Science Park területén. Kutatásunkban huszonhárom munkáltató közel 3000 munkavállalójából 1100-an töltötték ki a kérdőívünket. A válaszadók több mint 70%-a „egydimenziós" mintázattal jellemezhető: az összes válaszadó 35%-a kizárólag autózik, 35%-a csak a közösségi közlekedést veszi igénybe, 5%-uk kerékpárt használ minden nap. A fennmaradó közel 25% kevert, többdimenziós mintázatot követ. Közben a munkáltatók képviselői által kitöltött kérdőívek elkötelezettséget mutatnak a közösségi közlekedéssel kapcsolatban, és nagyobb beleszólást, magasabb színtű szolgáltatást várnak a döntéshozóktól. A cikkben bemutatott kutatás arról is szolgál eredményeket, hogy a jövőben melyik közlekedési módot választanák legszívesebben a megkérdezettek. Érdekes adat, hogy munkahelyenként változó mértékben (42-52% között) ugyan az autózás vezet, de a közösségi közlekedés is 30-38%-ot ért el. Ez azt mutatja, hogy a jövőre nézve is van érdemi bázisa a közösségi közlekedés fejlesztésének-megtartásának.

Kulcsszavak: munkahelyi mobilitás, közösségi közlekedés, SUMP

Bevezetés

Az elmúlt időszakban a munkahelyi mobilitás kérdéskörét két teljesen eltérő irányú erő mozgatja: egyrészt a digitalis transzformáció, mely a munkahelyek térbeli „feloldására" irányul az otthoni munkavégzés (home office, home work), vagy akár közösségi irodák (coworking) irányából [1]. Másfelől a munkahelyi mobilitás tervezés felértékelődött azáltal, hogy a munkatársak felé a versenyképes és vonzó munkahely témakörében a munkahelyre történő eljutás és hazajutás is érdemi tényezővé vált, az eljutási idő, a költségek megosztása vagy variálhatóság és fenntarthatóság szempontjából.

Ezek alapján nem meglepő, hogy a munkahelyi mobilitási programok előkészítése és kialakítása az elmúlt években egyre több helyen tűnik fel a HR munkában és a közlekedés tervezésben is. Malderen és szerzőtársai már 2012-ben foglalkoztak a munkahelyi mobilitás karakterisztikájával: belga foglalkoztatási mintázatokhoz köthető sikeres mobilitás menedzsment módszereket tártak fel KKV-k és nagyvállalatok körében [2]. Esztergár-Kiss és szerzőtársai 2019-ben dokumentálták ennek egy lehetséges módszertani sémáját, az eddigi európai eredményeket és két fővárosi valamint egy békéscsabai munkáltatói jógyakorlatot le is dokumentáltak [3]. Ugyanilyen számszerűsíthető, jó gyakorlat több Európai nagyvárosban is szakirodalmi feldolgozásra került, köztük München [4] vagy Párizs [5] példája kiemelkedő.

Jelen 2019-es feltáró kutatásunkban olyan mobilitási kérdéssort alkottunk, mely elsődleges célja, hogy dedikáljuk az autózás, a közösségi közlekedés és a kerékpározás használati intenzitását, részarányát, az ezek közötti jelenlegi átjárást, a kevert közlekedési módok gyakoriságát.

A kutatás arról is szolgál eredményeket, hogy a jövőben melyik közlekedési módot választanának legszívesebben a megkérdezettek, és milyen nagyságrendű lehet az átjárás ezen közlekedési módok között.

1. A kutatás bemutatása, rövid és hosszú távú célja

A Szegedi Közlekedési Kft. tíz projektpartnerrel közösen nyert európai uniós támogatást egy úgynevezett Low-Carb projekt keretében. A projekt célja, hogy a helyi szervezetek munkahelyi mobilitási felmérését követően, a kiértékelés eredményeit alapul véve mobilitási cselekvési terv készüljön Szeged északnyugati ipari területére vonatkozóan.

Cikkünk a munkahelyi mobilitási felmérés, mint primer kutatás eredményeit mutatja be, a munkavállalók jelenlegi utazási szokásainak, illetve jövőbeni szándékainak, elvárásait elemzi. Az akcióterület, amely az 1. ábrán látható, Szegeden az 5-ös főút bevezető szakaszát (Budapesti út), az M43-as autópálya és a Dorozsmai út közötti területet öleli fel, és az ide úthálózattal csatlakozó intézményeket, létesítményeket jelenti. A szóban forgó terület az utóbbi években jelentős fejlesztéseken esett át, és jelentősége tovább növekszik azzal, hogy itt üzemel az ELI lézeres tudományos komplexum, itt épül az ELI Science Park, ami egyfajta „Város melletti város” [4] és ide települ a Pick Zrt új, száraz húskészítményeket előállító üzemcsarnoka.

1. ábra: Szeged északnyugati iparterület.

Forrás: Google térkép alapján saját szerkesztés

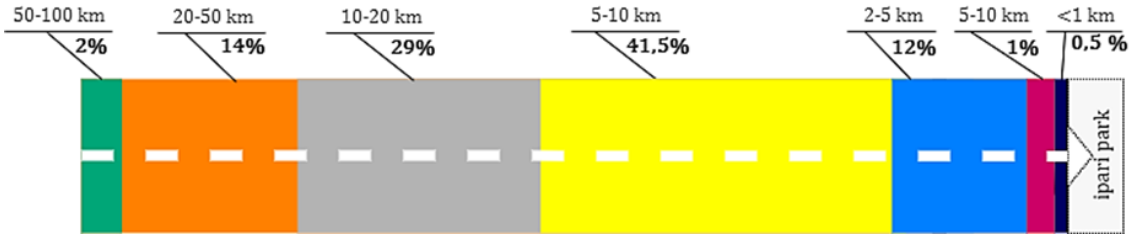
A kutatás hosszú távú célja egy olyan mobilitási terv megalapozása, amely Szeged északnyugati ipari területének jobb, hatékonyabb, környezetkímélőbb közlekedésszervezésével elősegíti a városi mobilitás dekarbonizációját, illetve a területen dolgozó munkavállalók közlekedési igényeihez jobban igazodjon. A város egész területére kiterjedő hosszútávú cél a fenntartható közlekedés elősegítése, főként a személygépkocsival történő közlekedés csökkentése, ezen felül pedig olyan zéró emissziós közlekedési rendszer kialakítása, amely a város karbonlábnyomát csökkenti.

2. Adatfelvétel

Az adatfelvétel négy hónapon keresztül, 2018.12.04. és 2019.04.03. között valósult meg. A kutatás módszerét illetően kérdőíves felmérésről beszélhetünk, amely papíralapon és online felületen egyidejűleg zajlott. Az 1 ábrán bemutatott északnyugati ipari területen 23 szervezetnél végeztük el a kérdőíves felmérést. Ezen 23 intézményből 6 multinacionális cég, 2 nagyvállalat és 15 kis-és középvállalkozás, melyből 3 mikrovállalkozás. A 21 nemzetgazdasági ágazatból a következő 6 képviselteti magát: feldolgozópar; kereskedelem, gépjárműjavítás; szakmai, tudományos, műszaki tevékenység; információ,

kommunikáció; ingatlanügyletek; vízellátás, szennyvíz gyűjtése, kezelése, hulladékgazdálkodás, szennyeződésmentesítés.

A kérdőívet összesen 1106 munkavállaló töltötte ki. A teljes dolgozói létszámokhoz viszonyított, átlagos kitöltöttségi arány 46,85%, amelytől az egyes cégek kitöltöttségi arányai átlagosan 26,62 százalékponttal térnek el. A kitöltők kétharmada (67%) szegedi, egyharmada Szeged vonzáskörzetéből ingázik munkahelyére. Ahogy azt az 2. ábra is szemlélteti, legtöbb válaszadó (41,5%) 5-10 kilométert utazik, még 29%-uk már 10-20 kilométert.



2. ábra: A válaszadók megoszlása lakó és munkahelyük távolsága tükrében.

Forrás: saját szerkesztés

A nagy elemszám mellett a kitöltők nem tekinthetők reprezentatív mintának a lakosságra nézve. Mivel a kérdőív mobilitási kutatáshoz szolgáltat adatokat, az alapvető munkahelyi jellemzőkre koncentráltunk. A kitöltők túlnyomó többsége, 94% teljes-, 6% pedig részmunkaidőben dolgozik. Legtöbben közülük egy műszakban (61%), de vannak, akik kettő (32%) vagy több (7%) műszakot is vállalnak. Nem jellemző rájuk az otthoni munkavégzés, de 16%-ukról elmondható, hogy otthonról is szokott dolgozni. A kérdőívet 53%-ban fizikai, 47%-ban pedig szellemi munkát végző dolgozók töltötték ki.

3. A felmérés eredményei: a válaszadók mobilitási szokásai

Mobilitási felmérésünk kiértékelésének ezen részében bemutatjuk a válaszadók közlekedési szokásait, külön elemezzük a kizárólag közösségi közlekedéssel, személygépjárművel és kerékpárral közlekedők alcsoportját. Bemutatjuk ezen csoportok jövőbeni szándékait és elvárásait mind a közösségi közlekedést szolgáltatók, mind a munkáltatók felé.

3.1 A válaszadók jelenlegi közlekedési jellemzői

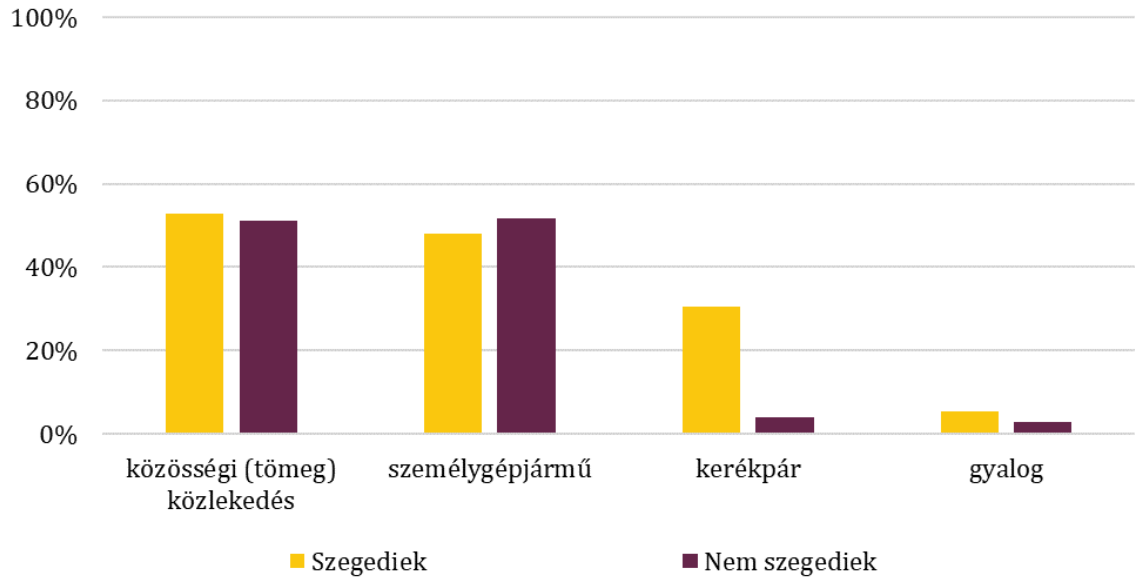
A kitöltők többsége 5:00 és 6:00 között (29%), illetve 7:00 és 8:00 között (37,46%) ér be munkahelyére. A szegedi válaszadók 18%-ának van egy vagy több közbenső úti célja munkába menet, melynek oka főként a gyermek óvodába/iskolába való eljuttatása (48%), illetve a vásárlás (26%). Az úti cél(ok) helyének tekintetében nagy szórásról beszélhetünk: 13%-kal a Mars tér körzetnek a legmagasabb az aránya. A nem szegedi válaszadók mindössze 10%-áról mondhatjuk el, hogy van egy vagy több közbenső úti célja, szintén főként a gyermek óvodába/iskolába való eljuttatása (46%) és vásárlás (26%) céljából. Esetükben a közbenső úti cél helyét jellemzően még a kiinduló település (40%), vagy a Mars tér (23%) képezi. Mint láthatjuk, a Mars tér mindkét csoportban meghatározó, melynek oka nem más, minthogy központi közlekedési csomópont szerepét tölti be. A helyközi járatok ide futnak be, a helyi járatok szempontjából jelentős csomópont, továbbá bevásárlási lehetőségeket is nyújt.

Jóval nagyobb szórást tapasztalhatunk a munkahely elhagyásának idejét vizsgálva. A válaszadók 31%-a 16:00-17:00 között, további 9%-a 17:00-17:30, illetve 11%-a 18:00-18:30 között indul haza munkahelyéről. Nincs számottevő különbség a közbenső úti célokat illetően a munkahelyre és a munkahelyről való utazások során. A szegediek esetében mindössze 5 százalékponttal több a közbenső úti céllal rendelkezők aránya a munkahely-otthon reláción, még a nem szegediek esetében nincs változás ebben az arányban. A gyermekek óvodából/iskolából haza hozása és a vásárlás okozza főként a hazautak megszakítását is. Munkából hazafelé mind a szegediek, mind a nem szegediek esetében közbenső úti célként megjelenik a Mars tér mellett az Ipari park bevásárlóközponti része is. Nem szegediek esetében saját településük jelentkezik még kiemelkedő aránnyal.

A válaszadók közlekedési szokásainak vizsgálatakor esszenciális azon információ begyűjtése, hogy mivel közlekednek. A közlekedési mód megadása során a kitöltők több válaszlehetőséget is megjelölhettek, mivel különböző körülményektől függően (például évszak, időjárás) változhat, hogy ki, mikor és milyen közlekedési módot választ a munkába jutáshoz. Ez a kérdés több szempont, rendezési elv szerint

vizsgálható, például megközelíthető szegedi-nem szegedi válaszadók csoportjára, fizikai-szellemi munkát végzők csoportjára, vagy éppen egy- és több közlekedési módot használók csoportjára is.

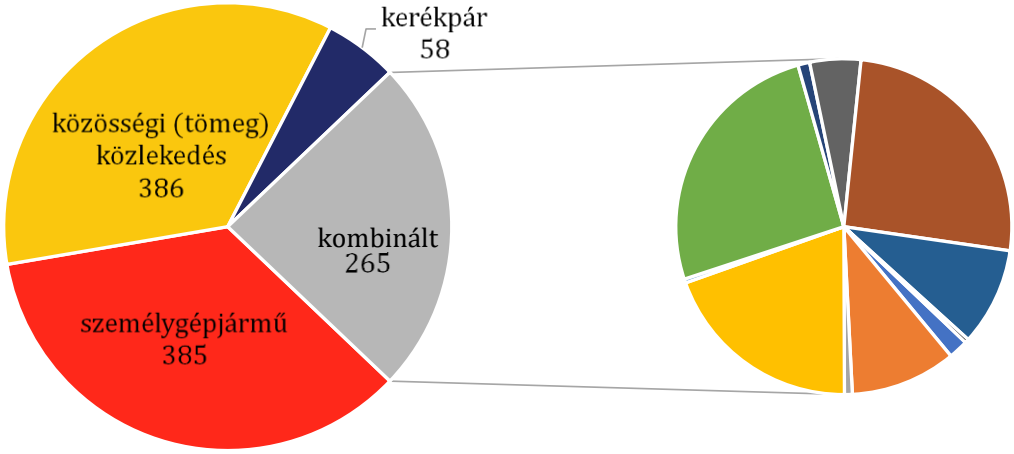
A 3. ábrán a szegedi-nem szegedi válaszadói csoportra bontással mutatjuk be, hogy a válaszadók körében mely közlekedési eszközök a legnépszerűbbek. Érdemes hangsúlyozni, hogy ezen az ábrán azt láthatjuk, hogy egy közlekedési eszközt a válaszadók hány százaléka jelölt meg, ami azt jelenti, hogy egy válaszadó több közlekedési eszköz arányszámát is növelheti.



3. ábra: Közlekedési módok aszerint, hogy a szegedi, illetve nem szegedi válaszadók hány százaléka jelölte meg általa alkalmazott közlekedési módként.

Forrás: saját szerkesztés

A 3. ábra alapján elmondhatjuk, hogy még a közösségi közlekedést illetően kis mértékben, de a szegediek körében tapasztalhatunk magasabb arányt, addig a személygépjárművel való közlekedés a nem szegediek esetében fordul elő magasabb arányban. A kerékpározás egyértelműen sokkal népszerűbb a szegedi válaszadók esetében, még a gyaloglás mindkét válaszadói csoportban elenyésző. Az egy- és több közlekedési módot használók csoportjára is készítettünk egy elemzést, melyet a 4.ábra tartalmaz. A válaszadók 35,3%-a kizárólag közösségi közlekedéssel, további 35,2%-a pedig kizárólag személygépjárművel közlekedik. Jóval kevesebb, mindössze 5,3% azok aránya, akik a kerékpárt választják egyedüli közlekedési módként. A válaszadók közel egynegyede (24,2%) különbözőképp kombinálja a válaszlehetőségek között szereplő 4 közlekedési módot: közösségi közlekedés, személygépjármű, kerékpár, gyaloglás. Ezen „kombinált” kategóriában a felsorolt 4 közlekedési mód mindenféle kombinációja szerepelteti magát, a „kerékpár, gyalog” kombináció egyedüli kivételével. Legnépszerűbb kombinációk ezen vegyes csoporton belül 26%-26%-kal a személygépjármű, kerékpár és a közösségi közlekedés kerékpárral való társítása (zöld és barna körcikkek). Említésre méltó még a 20%-os arányt elérő, közösségi közlekedést és személygépjárművel való közlekedést együttesen jelölő válaszadói csoport (sárga körcikk).



4. ábra: A közlekedési módok megoszlása aszerint, hogy hány válaszadó jelölte meg általa alkalmazott közlekedési mód(ok)ként

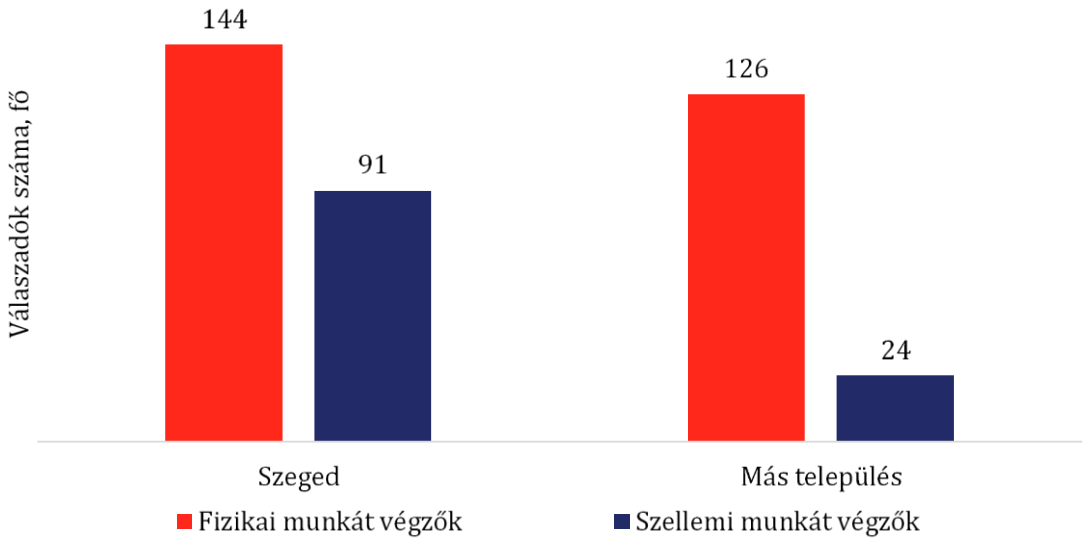
Forrás: saját szerkesztés

Fontos rögzíteni, hogy még a kizárólag egyetlen közlekedési módot alkalmazók a válaszadók 75,8%-át teszik ki, addig a 24,2% a közlekedési módokat váltó és/vagy társító 10 kombináció között oszlik fel. Ezen nagyságrendeket figyelembe véve, a továbbiakban a három kizárólagos csoportra koncentrálunk az elemzésben: a kizárólag közösségi közlekedéssel, a kizárólag személygépjárművel és a kizárólag kerékpárral közlekedők csoportját elemezzük tovább.

3.2 Közösségi közlekedéssel közlekedő munkavállalók főbb mobilitási jellemzői

A kizárólag közösségi közlekedéssel közlekedő válaszadók (386 fő) 61%-a szegedi, 39%-a nem szegedi lakos. Ez nem jelenti azonban, hogy a szegediekre jellemzőbb a közösségi közlekedés használata, ugyanis teljes válaszadói körben a szegediek-nem szegediek aránya 67%-33%.

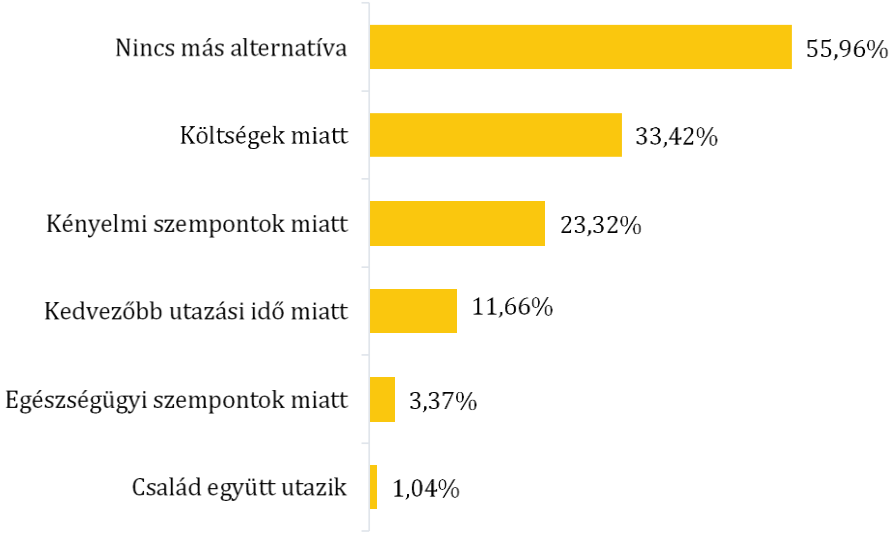
A fizikai-szellemi munkát végzők aránya a közösségi közlekedők körében 70% - 30%. Azaz a kizárólag közösségi közlekedést használó válaszadók döntő többsége (70%) fizikai munkát végző munkavállaló. Még tisztább képet kapunk, amennyiben ezt a kérdéskört a szegediek-nem szegediek csoportjára külön-külön vizsgáljuk. Ahogyan azt az 5. ábra is mutatja, Szeged vonzáskörzetéből érkező, kizárólag közösségi közlekedéssel közlekedő munkavállalókra még erősebben igaz az állítás, miszerint ők főként fizikai munkások. Ezen alcsoport esetében 84%-16%-os a fizikai-szellemi munkát végzők aránya, még a szegedi válaszadókra ez az arány 61%-38%.



5. ábra: Kizárólag közösségi közlekedéssel közlekedő szegedi és más településről érkező válaszadók megjelenítése aszerint, hogy fizikai vagy szellemi munkát végeznek

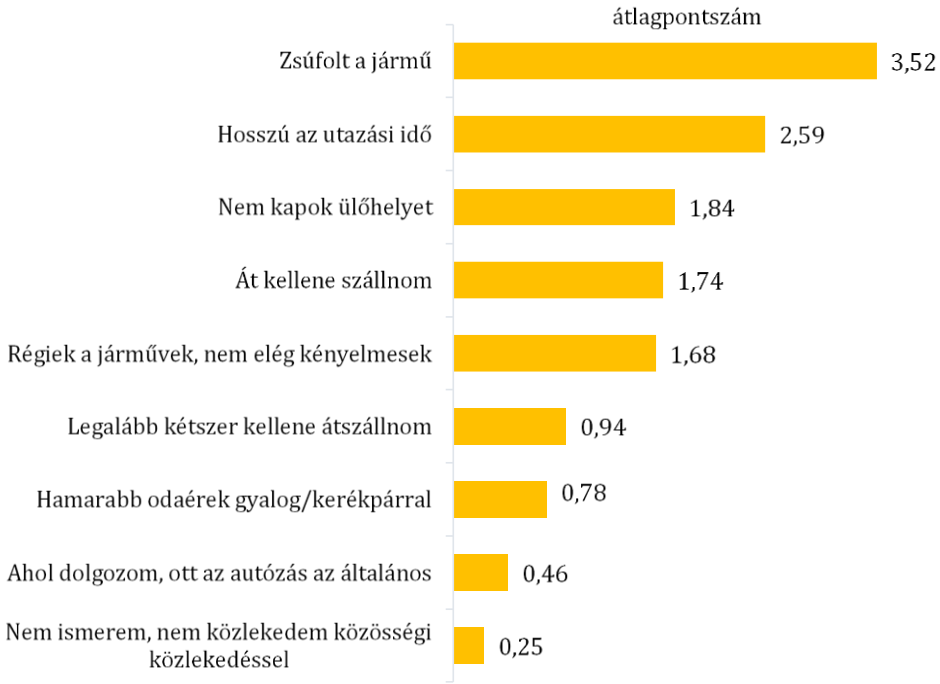
Forrás: saját szerkesztés

Érdemes áttekinteni, hogy mely okok állnak a közösségi közlekedési mód kizárólagos használatának választása mögött. A 6. ábrán láthatjuk, hogy a közösségi közlekedés választának oka legtöbb esetben (56%) az, hogy a munkavállaló számára nincs más alternatíva. A válaszadók 33%-a költséghatékonyság miatt (is) választja a közösségi közlekedésit, még további 23% jelölte a kényelmi szempontokat (is). A százalékok nem alkotnak egész halmazt, meghaladják a 100%-ot, mert egy válaszadók több tényezőt is megjelölhettek.



6. ábra: A közösségi közlekedési mód kizárólagos használatának választása mögött álló okok. Forrás: saját szerkesztés

Zárjuk végül a közösségi közlekedők vizsgálatát azon kérdés áttekintésével, hogy milyen problémákat észlelnek a közösségi közlekedés használatával kapcsolatban. Arra kértük a kitöltőket, hogy 1-5-ig terjedő skálán értékeljék a felsorolt problémapontokat aszerint, hogy mennyire fontosak azok számukra. Az 5-ös szám a legfontosabb, még az 1-es szám a legkevésbé fontos probléma megjelölésére szolgált. A 7. ábrán a különböző problémákra adott pontszámok átlagai kerültek megjelenítésre, ami azt jelenti, hogy minél magasabb egy probléma átlagpontszáma, annál fontosabb a közösségi közlekedők számára.



7. ábra: A közösségi közlekedés jelenlegi probléma pontjainak megjelenítése aszerint, hogy 1-5-ig terjedő skálán a válaszadói csoport mennyire tartja azokat fontosnak.

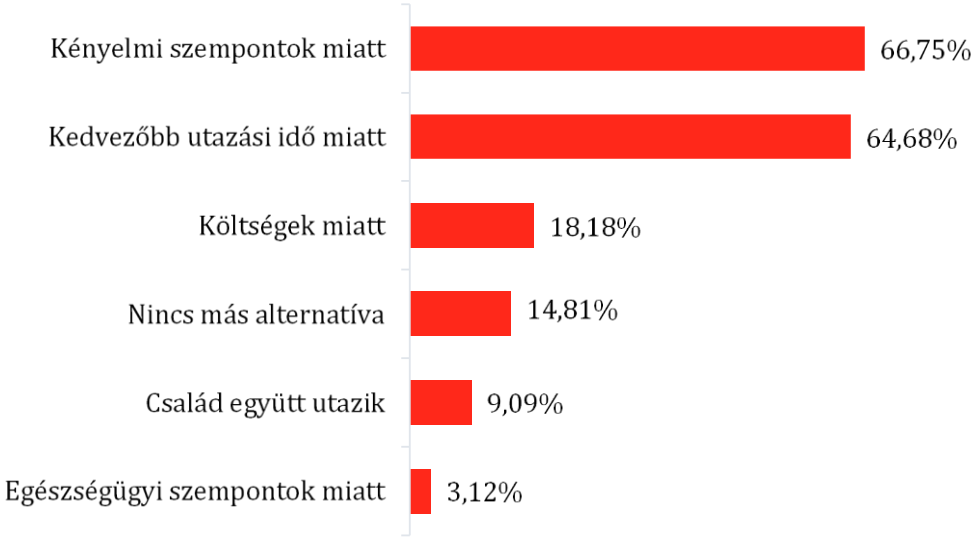
Forrás: saját szerkesztés

Legjelentőségteljesebb problémát a járművek zsúfoltsága okozza, melyet sorrendben a hosszú utazási idő terhe és az ülőhely hiánya követ. Érdekes eredményre jutunk, ha az „át kell szállnom” és a „legalább kétszer át kell szállnom” értékeket aggregálljuk a hosszú utazási idővel, akkor az a probléma lista kiemelt, legelső helyére kerülne.

3.3 Személygépjárművel közlekedő munkavállalók főbb mobilitási jellemzői

Az alfejezet válaszadói csoportját a kizárólagosan személygépjárművel közlekedők alkotják. Összesen 385 főről van szó, melynek 58%-a szegedi, 42%-a pedig más településről ingázó munkavállaló. Alcsoporton belül azonban a más településekről ingázók esetében magasabb a személygépjárművel közlekedők aránya (lásd 3.1-es alfejezet), mint a szegedi válaszadói csoportban. A személygépjárművel közlekedők esetében a fizikai-szellemi munkát végzők aránya 47%-53%, amely azt jelzi, hogy nincs szignifikáns kapcsolat a munka szellemi fizikai jellege és személygépjárművel való közlekedés között. Továbbá szegedi - nem szegedi válaszadói csoportokra való további felosztással sincs jelentős eltérés a fizikai-szellemi munkát végzők arányában.

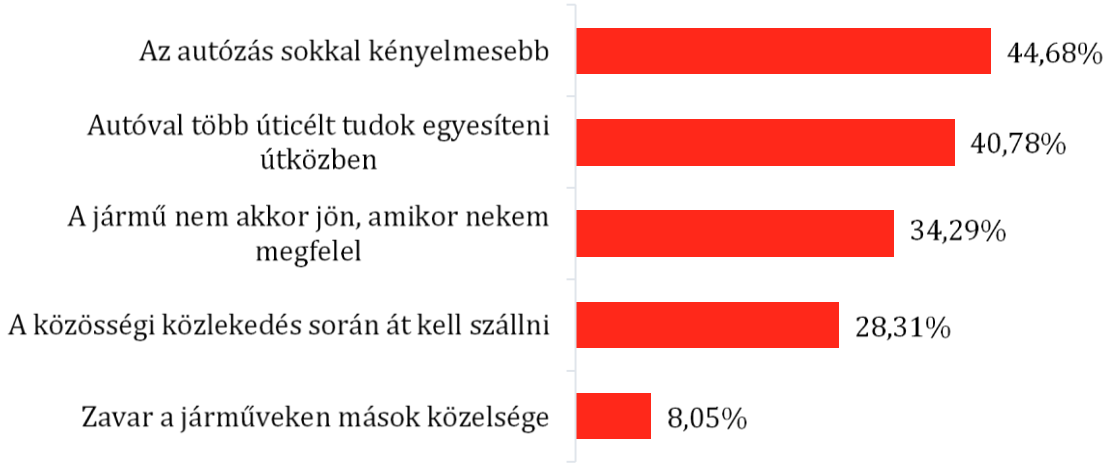
A 8. ábra azt szemlélteti, hogy az autóhasználat fő szempontja elsődlegesen a kényelem és a kedvezőbb utazási idő, melyeket sorrendben a válaszadók 67% és 65%-a jelölt okként. A válaszadók kevesebb, mint egyötödénél jelennek meg tényezőként a költségek, és mindössze 15% állítja, hogy nincs más alternatívája.



8. ábra: A személygépjárművel való közlekedés kizárólagos használatának választása mögött álló okok aszerint, hogy a személygépjárművel közlekedők hány százaléka jelölte.

Forrás: saját szerkesztés

Fontosnak véltük megkérdezni a kizárólag személygépjárművel közlekedő dolgozókat arról is, hogy az autózás és a közösségi közlekedés közötti választás milyen tényezőkön múlik. Egy válaszadó itt is több okot is megjelölhetett, így a 9. ábrán azt láthatjuk, hogy egy-egy okot a kérdést megválaszoló válaszadói csoport hány százaléka jelölt meg. Legnagyobb arányban (45%) az autóval való közlekedés nyújtotta kényelem miatt nem használják a közösségi közlekedést. Második helyen a személygépjárművel való több úti cél egyesítésének lehetősége áll. Ezt követi 34%-os aránnyal a nem megfelelő menetrend, majd 28%-kal az átszállás kényelmetlensége.

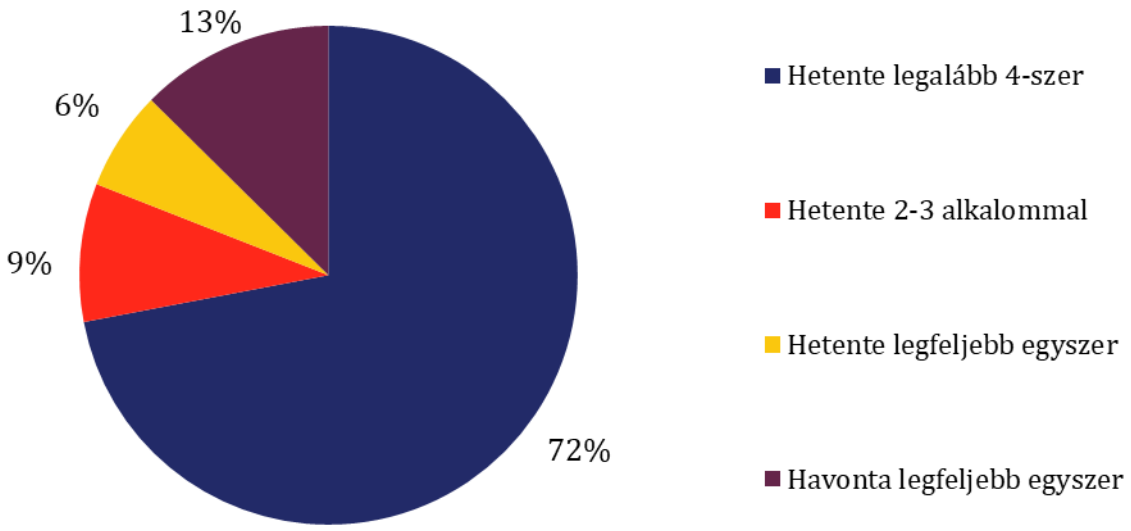


9. ábra: Azon okok, amelyek miatt a személygépjárművel közlekedő válaszadók mégsem használják a közösségi közlekedést.

Forrás: saját szerkesztés

Arra való hivatkozással, hogy a légszennyezettség csökkenthető, amennyiben a munkavállalók nem külön-külön autóval érkeznek munkahelyükre, hanem közösen utaznak, felmértük, hogy a kizárólag személygépjárművel közlekedő válaszadók közül hányan és milyen gyakran érkeznek utas nélkül munkahelyükre.

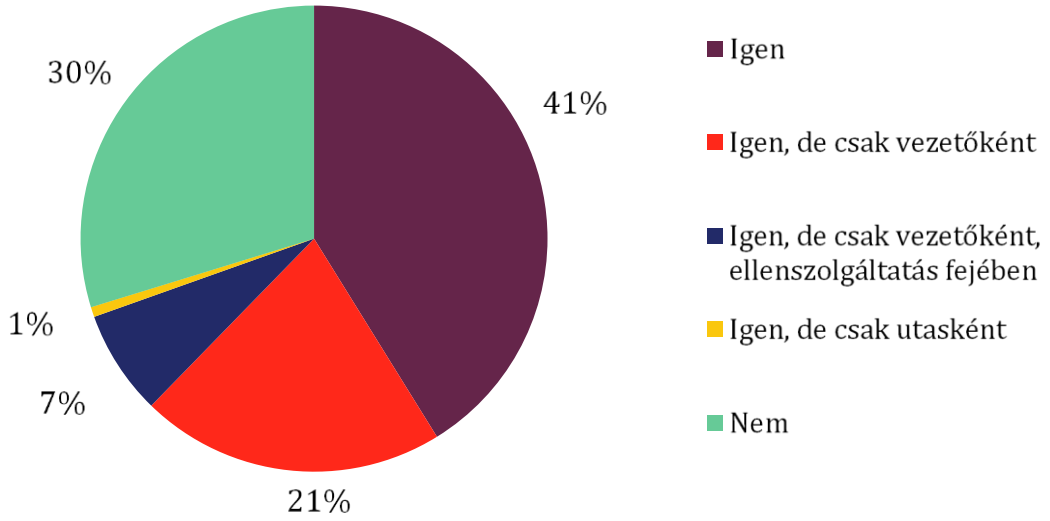
A válaszadói csoport közel háromnegyede, 72%-a hetente legalább négyszer utazik egyedül, további 9% hetente 2-3 alkalommal, illetve 6% hetente legfeljebb egyszer. Legritkábban, havonta legfeljebb egyszer munkahelyükre utas nélkül érkezők a válaszadói csoport 13%-át teszik ki.



10. ábra: A kizárólag személygépjárművel közlekedő válaszadók megoszlása aszerint, hogy milyen gyakran érkeznek utas nélkül munkahelyükre.

Forrás: saját szerkesztés

Felmértük továbbá, hogy a hetente legalább 2 alkalommal, kizárólag személygépjárművel, egyedül (utas nélkül) közlekedő válaszadói csoport hány százaléka és milyen feltételek mellett volna hajlandó együtt utazni munkatársaival. A vizsgált válaszadói csoport 41%-a feltétel nélkül hajlandó volna együtt utazni másokkal. További 21% szintén, de csak abban az esetben, ha ő a sofőr, illetve ezen túl a válaszadók 7%-a még azzal a feltétellel is kiegészítené, hogy csupán ellenszolgáltatás fejében mutatna erre hajlandóságot. Mindössze 1%-ról mondhatjuk el, hogy utasként utazna együtt másokkal. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a válaszadók 30%-a egyáltalán nem volna hajlandó együtt utazni másokkal.



11. ábra: A hetente legalább kétszer utas nélkül autóval munkába járók megoszlása aszerint, hogy hajlandók volnának-e másokkal együtt utazni.

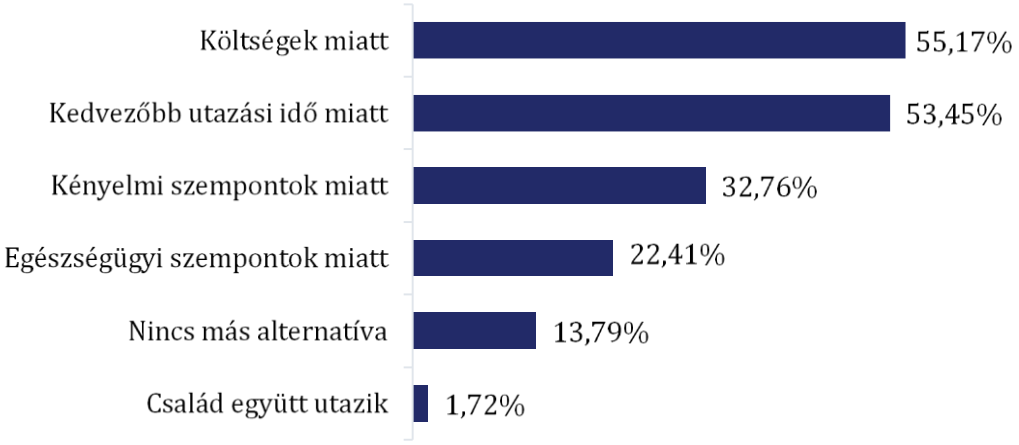
Forrás: saját szerkesztés

Az ábráról leolvasható, hogy a munkahelyre közlekedő tíz autóból potenciálisan hét autó lenne csökkenthető valamilyen munkahelyi telekocsi rendszerrel, de mivel 30% nemmel felelt, 21% pedig csak vezetőként hajlandó erre, tízből öt jármű mindenképpen maradna a felmérés alapján.

3.4 Kerékpárral közlekedő munkavállalók főbb mobilitási jellemzői

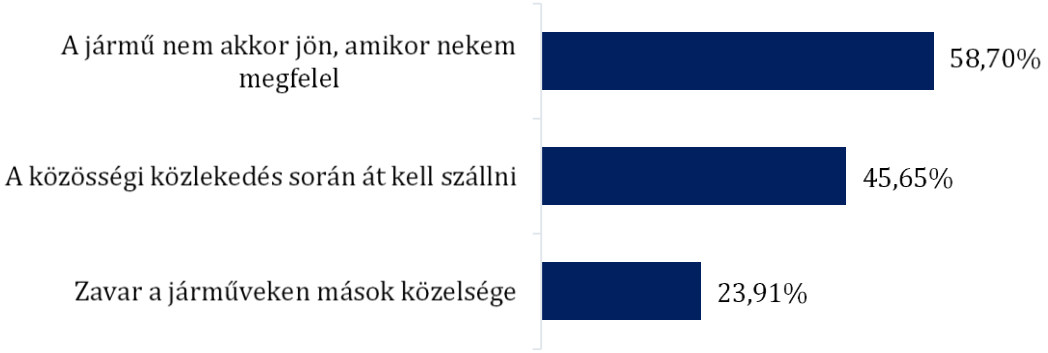
A teljes válaszadói létszámnak mindössze 5,3%-áról mondhatjuk el, hogy egyedül kerékpárral jár munkába. Közülük kivétel nélkül mindenki szegedi lakos, továbbá többségében (67%) fizikai munkát lát el. Legtöbben Kiskundorozsmáról közlekednek kerékpárral, ők a válaszadói csoport 24%-át teszik ki.

A kerékpározás, mint közlekedési mód kizárólagos választása mögött legtöbb esetben a költséghatékonyság és a kedvezőbb utazási idő áll, melyek sorrendben a válaszok 55% és 53%-ában megjelentek. A válaszadói csoport közel egyharmada kényelmi megközelítés alapján (is) választ, még 22% esetében az egészségügyi szempont (is) meghatározó. Nem jellemző rájuk, hogy azért választják a kerékpáros közlekedést mert nincs más alternatíva számukra, vagy mert a család együtt utazik.



12. ábra: A kerékpárral való közlekedés kizárólagos használatának választása mögött álló okok
Forrás: saját szerkesztés

Bár preferálnák, a kerékpárosok főként (59%) azért nem használják a közösségi közlekedést, mert nem megfelelő számukra a menetrend. Jelentős szempont továbbá az átszállás kényelmetlensége 45,6%-os jelöltséggel, még más emberek közelsége a járműveken kevesebb, mint a kerékpározók egynegyedét zavarná csupán. Ez esetben is lehetőségük volt a válaszadóknak több válaszlehetőséget megjelölni.

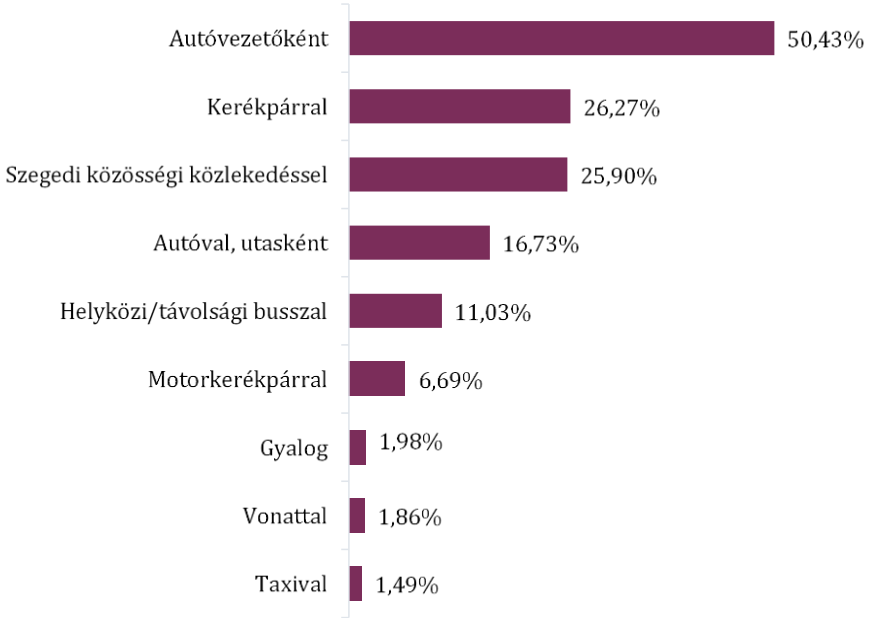


13. ábra: Okok, melyek miatt a kerékpárral közlekedő válaszadók nem használják a közösségi közlekedést.

Forrás: saját szerkesztés

4. A válaszadók jövőbeni mobilitási szándékai

A válaszadók jelenlegi közlekedési szokásának felmérését követően a következő fontos kérdéskör nem más, minthogy a jövőben milyen közlekedési motivációkkal rendelkeznek. Az előzőekhez hasonlóan, most is a kizárólagosan egy közlekedési eszközt alkalmazó válaszadókat vizsgáljuk, ezúttal együttesen. Megkérdeztük a munkavállalókat, hogy a jövőben mely közlekedési módokkal járnának legszívesebben dolgozni. Egy válaszadó több válaszlehetőséget is megjelölhetett. Így az 14. ábrán azt láthatjuk, hogy egy közlekedési mód a válaszadók hány százalékától kapott jelölést. Az autózási szándék szerepel az első helyen, a válaszadók fele a jövőben legszívesebben autóval, vezetőként, további 16% pedig utasként közlekedne. A válaszadók között többen vannak azok, akik szívesebben kerékpároznának a jövőben, mint akik a közösségi közlekedést választanák.



14. ábra Közlekedési módok megoszlása: a megkérdezett munkavállalói csoport a jövőben mivel járna legszívesebben dolgozni?

Forrás: saját szerkesztés

A kérdést olyan módon is érdemes megvizsgálni, hogy megnézzük a válaszadói csoport hány százaléka és milyen irányba váltana a közlekedési eszközök között. A soron következő 15. ábrán egy kereszttáblát láthatunk, amely azt mutatja meg, hogy azon válaszadók, akik jelenleg az adott közlekedési módot választják, milyen közlekedési eszközökre váltanának legszívesebben a jövőben (2-3. oszlopok). Mivel a jövőben használni kívánt közlekedési eszközök megválasztása esetén a válaszadók több lehetőséget is megjelölhettek, az adatok (százalékok) között vannak átfedések. Egész halmaznak azon válaszadókat

tekintjük, akik jövőbeni szándékait jelző válaszában megjelenik az adott közlekedési eszköz, de nem feltétlen, kizárólag csak azt az egy közlekedési eszközt jelölték.

1. táblázat: Közlekedési módok megjelenítése: akik jelenleg egy adott közlekedési eszközzel közlekednek, hányan és milyen közlekedési eszközre váltanának legszívesebben a jövőben?

Forrás: saját szerkesztés

jelenleg \ jövőben	közösségi közlekedés	személygépjármű	kerékpár
közösségi közlekedés	189	184	61
személygépjármű	78	293	103
kerékpár	9	5	48

Ki kell emelni a jelenleg kizárólag kerékpárral közlekedők csoportját, mely stabil mobilitási szokást mutat. Ők azok, akik döntő többségben (83%) a jövőben sem változtatnának közlekedési szokásaikon. Egyhatoduk jelölte a közösségi közlekedést (is), és mindössze 5 fő a személygépjárművet.

Jelenlegi közlekedési szokások megtartásának tekintetében a személygépjárművel közlekedők állnak a második helyen, ugyanis 76%-ukról mondhatjuk el, hogy legszívesebben a jövőben is autóval közlekednének. Amennyiben váltásban gondolkodnak, inkább váltanának kerékpározásra (26%), mintsem közösségi közlekedésre (20%).

A közösségi közlekedőknél ugyanez az arány 49%-os, ők azok akik a jövőben is szívesen közösségi közlekedéssel utaznának. Közben 48%-uk vágyódik/nem zárkózik el a személygépjárművel való közlekedéstől sem. Kerékpárra való váltáson a válaszadói csoport 16%-a gondolkodik. Elmondhatjuk tehát, hogy a kizárólag közösségi közlekedést alkalmazók a leghajlamosabbak arra, hogy közlekedési módot váltsanak a jövőben.

Konklúzió

A kérdőíves primer feltáró kutatásunk egy magyar nagyvárosi iparterületen dolgozó munkavállalókról készült pillanatfelvétel: mobilitási szokások és motívumok 2019-ben. A több mint ezer munkavállalóról készült felmérésben rögzíteni tudtuk, hogy:

- dedikálható és már számottevő „kevert közlekedési szokásokkal” rendelkező munkavállalói réteg (24%) akik „nem csak egyféle” közlekedési megoldást használnak a mindennapokban
- a csak közösségi közlekedést használók esetén masszívan jelen van két adottság: a fizikai munkavégzés és a „nincs más választásom” motívuma
- a csak autóval közlekedők esetében a kényelem és a gyorsaság (legrövidebb utazási idő) motívuma a vezető magyarázó indok
- A csak kerékpárral közlekedők esetében a költséghatékonyság és a kedvező utazási idő áll a legfontosabb magyarázó tényezők között
- közlekedési mód váltás kapcsán a kerékpározás mutatkozik a legstabilabb formának, és a legnagyobb váltási (lemorzsolódási) potenciál a közösségi közlekedés használóinál detektálható.

Ezen munkavállalói kérdőíves kutatás szolgálhat lehetséges inputként egy városi mobilitási terv elkészítésekor: a megkérdezettek szokásai, minőségérzékelése és jövőbeni közlekedési motivációt figyelembe véve lehetne tovább növelni azok arányát, akik kevert mobilitási szokásokkal jellemezhetők. Álláspontunk szerint az ilyen kevert mobilitási szokások terjedése is segíthet az „utca és a település szintjén” keletkező térszennyezés [5] csökkentésében és az autózás-kerékpározás-közösségi közlekedés-gyaloglás integrált szemlélete egy olyan „gyárkapun túlmutató” megközelítés lehet, mely nem csak a munkahelyi környezettel való elégedettséget növeli, hanem a termelékenységre is közvetett hatással lehet.

A bemutatott felfedező kutatás mindazonáltal csak egy longitudiális kutatás első, bázisként szolgáló felvételeként értelmezhető: ennek rendszeres időközönkénti megismétlése (2-3 évente) adhat arra megbízható adatsort, hogyan változnak a mobilitási szokások egy-egy magyar nagyvárosban.

A kutatás az Interreg CE – CE1100 – LOW-CARB program keretein belül készült. A projekt fő célkitűzése a fenntartható mobilitási formák terjedésének elősegítése, ösztönzése. A projektet Lipcse (DE) városa vezeti, a fő eszköz az ún. SUMP – Sustainable Urban Mobility Plan (Fenntartható Városi Mobilitási Terv) kidolgozása. A kutatási kérdőív elkészítésében és feldolgozásában részt vett Kiss Andrea és Szőke-Tóth Ágnes, Sinkovicz Attila valamint a Közlekedés Fővárosi Tervező Iroda Kft.

Irodalomjegyzék:

[1] S. Dittes at al (2019): Toward the workplace of the future: How organizations can facilitate digital work? Business Horizons (2019) 62, 649—661
[2] L. V. Malderen at al (2012): On the mobility policies of companies: What are the good practices? The Belgian case. Transport Policy 21 (2012) 10–19 https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2011.12.005
[3] Esztergár-Kiss D. - Aba A. - Tóth J.(2019): Munkahelyi mobilitási tervek intézkedéseinek kiértékelése Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2019 http://ko.sze.hu/konf2019 (2020.01.15)
[4] Kinigadner J., Wenner F., Bentlage M., Klug S., Wulfhorst G., Thierstein A. (2016) Future Perspectives for the Munich Metropolitan Region – an Integrated Mobility Approach, Transportation Research Procedia, Volume 19, pp. 94-108.
[5] Chakhtoura C., Pojani D. (2016) Indicator-based evaluation of sustainable transport plans: A framework for Paris and other large cities, Transport Policy, Volume 50, pp. 15-28.
[6] Susányi T. (2019): ELI Science Park fejlesztése – Létezik-e még az „aurea mediocritas”? https://csmue.wordpress.com/2019/06/03/eli-science-park-fejlesztese-letezik-e-meg-az-aurea-mediocritas/ 2020. 02. 01
[7] Fleischer T. (2019): A mobilitási szolgáltatások fenntarthatósági kérdései: társadalmi hatások, tér- és időgazdálkodás. Közlekedéstudományi Szemle LXIX 1. szám 2019 február. 49-57

Optimizing battery electric vehicle (BEV) mobility and charging needs and capacities in commercial buildings

Márton HAVAS[1] - Dr. Csaba CSISZÁR[2]

[1]**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**
telephone: +36 30 902 9536
e-mail: marton.havas@mail.bme.hu

[2]**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**
telephone:+36 1 463 1978
e-mail: csiszar.csaba@mail.bme.hu

Abstract: In accordance with EU directives and Hungarian legislation, commercial buildings must also provide parking spaces with charging points for battery electric vehicles (BEV). A common barrier to BEV charger installation is that the power networks of these buildings and the facilities that serve them are not originally designed to cover the charging needs of BEVs. In addition to the capacity of the electricity grid, the mobility needs (movement and parking) of BEVs entering these buildings should also be taken into account. This paper analyzes the mobility and charging demand of BEVs, as well as the mobility (eg. number of parking spaces) and electricity network capacities available in these buildings. The aim of the research is to explore what traffic information tools and energy solutions are needed to develop an optimized operating model in which demands and capacities are properly aligned.

Keywords: battery electric vehicles (BEV), mobility and charging demand, dynamic pricing, commercial building

Introduction

In line with EU objectives, battery electric vehicles (BEVs) sales are on the rise. The total number of BEVs sold in the EU increased by 93,8% from 2018 to 2019 reaching more than 300.000 pieces sold in 2019. The European Union makes recommendations not only to increase BEV sales but also to support charging infrastructure, which Member States implement into their national legal systems.

Metropolitan areas in Europe have many office and commercial buildings, with parking spaces even up to a few hundred or thousand depending onsű the size of the building [1]. In accordance with EU directives, these buildings must also provide parking spaces with charging points for BEVs.

A common barrier to electric car charger installation may be that the power networks of these buildings and the facilities that serve them are not originally designed to cover the charging demand of BEVs. In addition to the capacity of the electricity grid, the mobility demand (movement and parking) of BEVs entering these buildings should also be taken into account.

1. Related work

Extensive research is available on the topic of energy optimization of buildings due to BEVs. These kinds of vehicles can be used for smart grid applications like vehicle-to-grid (V2G), grid-to-vehicle (G2V), peak-shaving and load-shifting [2] [3] [4] and combining BEV charging with the scheduling of renewables [5]. The following is a summary of the literature on BEV needs and power system capacities, with particular reference to buildings.

For example [6] examines the effect of BEVs on the power systems of Northern Europe on a 2030 timescale. The study mentioned that trough an intelligent charging/discharging of BEVs peak demand can be met at even a regional scale.

Figure 1. Battery electric vehicle charging points in a commercial building garage [12.]

[7] describes an energy management system (EMS) that involves a smart building, BEVs, solar photovoltaic system and many other components to show the possibilities of vehicle-to-building and vehicle-to-grid technologies. This study does not address solutions for matching the needs of BEVs and building capacities for multiple-vehicle charging stations or transformer limitations.

Similarly [8] examines a smart building with PHEV charging. The study finds that the integration of a proper amount of PHEVs into the building can result in enhanced power supply reliability as well as improved customer comfort and energy efficiency. However, this study does not address the ways in which a balance between capacities and needs can be achieved.

Also [9] modeled the effects of V2G use at a large office building in San Francisco to find reductions in energy cost and CO2 emissions when payback periods are still small. Therefore, investigating the optimization of V2G charging-discharging by minimizing CO2 emissions provided valuable information but it didn't address the problem of balancing capacities and needs.

The paper of [10] about involving BEVs to demand response (DR) services shows that, while using BEVs for DR is an efficient way to reduce electricity consumption, this is highly affected by BEV user's behavior and mobility needs.

Nevertheless, little research has addressed how the capacities of the building should be allocated according to the mobility needs of BEVs. Most studies approach the issue from the energy system's point of view and pay little attention to the fact that in this case, transport and energy systems meet in the building. And the transport system is at least as complex as the energy system. So for BEVs, there are other considerations besides the charging needs, such as: mobility needs.

This paper analyzes that trough what measures is it possible to match these mobility and charging needs to the building's available electric capacities.

2.Discussion

Buildings and BEVs are part of a complex transport, energy and information system that needs to be examined before analyzing potential optimization possibilities. In many cases the building is not interacting with the BEV itself, and there are also other system elements like the electricity grid, the rooftop solar PV, the Building Management System (BMS), the Charge Management System and also the Charger [11]. Not only energy but also information and monetary transactions flow between them.

2.1. Capacity

One of the most important observations in terms of capacity is that the electrical network of commercial buildings was usually not designed for electric car chargers to be integrated. Figure X. shows a situation when reserved power is exceeded due to electric car chargers. Exceeding reserved power in many cases is either impossible (due to transformer capacity) or comes with high financial penalties [13].

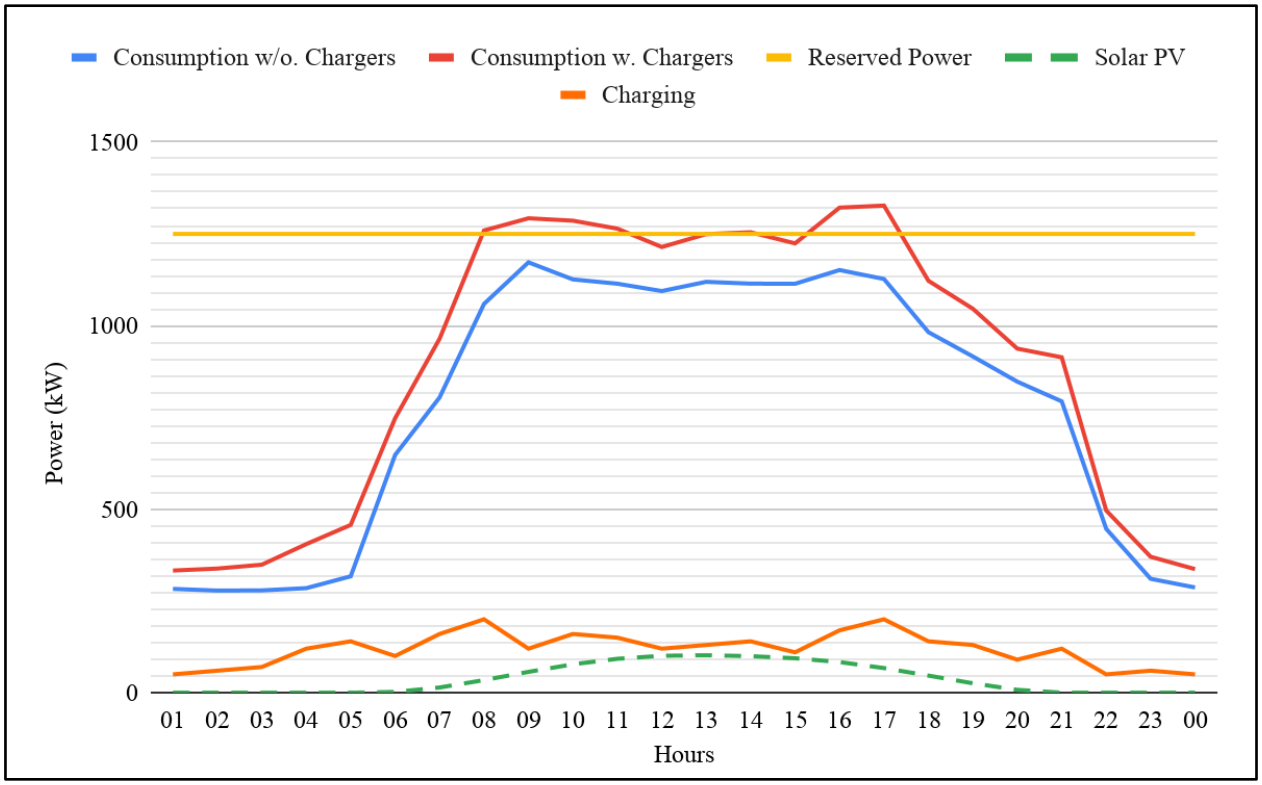


Figure 2. Example of grid consumption with (w.) and without (w/o.) BEV Chargers [self-edited]

In an optimized system, reserved capacity is never exceeded due to peak-shaving and smart charging of BEVs. Capacities on the building's side can be listed as follows

- electricity grid capacity,
- renewable energy capacity,
- charging capacity and
- the capacity of parking spaces with a charger.

2.2. Needs

This research looked at how these interactions change when we add the mobility demand layer. A BEV user can have two types of mobility needs,

- charging needs and
- travel needs.

The travel demand is higher-order, as it largely determines the need for charging. Travel demand is the BEV user's need for when and where the vehicle is to be driven. These spatial and temporal aspects provide the boundary conditions for charging needs since the BEV charging requirement is the energetic aspect of the user's travel needs. For example, if the BEV user would like to travel 200 km and wants to depart 2

hours from arrival to the charger that means spatial and temporal travel needs are clear. Then we should consider charging needs depend on the following parameters

- the current state of charge of BEV upon arrival,
- state of charge needed to cover travel needs,
- amount of energy to reach the desired state of charge and
- onboard charger power etc.

Each item in this is list is communicated to the building that, on the other hand have a detailed list of capacities available at the same moment.

When the building's ability to take power from the grid is limited eg. because of a small transformer or most of the BEV charging points are occupied, optimization is needed so the system can work while minimizing costs and maximizing revenue.

3.Results

The study identified the optimization of capacities and needs can be done through three options:

- dynamic pricing of electricity,
- dynamic pricing of charging or
- dynamic pricing of charging and electricity.

This is because capacities and needs have great variations over time. When there is a peak on the electricity grid, the electricity provider should charge more for electricity, while the building should also charge more for BEV charging during the same period. Similarly, the BEV that has a longer travel mobility need and wants to charge at higher power, should pay more to the building than the BEV that only requires a lower power due to its mobility needs.

3.1. Benefits

There are several benefits to balancing the capacities and needs discussed in this article, which are as follows

- the building does not exceed the reserved power at any given period,
- total electricity consumption of the building is not rising dramatically,
- the BEVs have sufficient charging power,
- integration of renewable energy (eg. solar photovoltaic) is easier,
- peak-shaving of consumption peaks,
- BEVs pay for the charging according to their mobility and charging needs,
- Buildings can have a sustainable cash flow from BEVs charging in the building

Conclusions

The increasing number of BEVs and the limited resources in the electricity network of commercial buildings require optimized and integrated energy and mobility systems that interact with all elements (eg. Building Management System, solar photovoltaic system, electricity grid, charging stations, battery electric vehicles, etc.) to minimize costs and maximize revenue.

This optimization can be reached through a dynamic pricing function, that balances the capacities of the building with the mobility and charing needs of BEVs. This kind of dynamic pricing is a less explored scientific area that deserves to be emphasized, as it can be one of the means to balance the energy and transport system on a building scale. As a continuation of our research, we plan to build a model and test dynamic pricing on a case-by-case basis.

Acknowledgment: EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Talent management in autonomous vehicle control technologies- The Project is supported by the Hungarian Government and co-financed by the European Social Fund

References

[1] D. Lopez-Behar, M. Tran, T. Froese, J. R. Mayaud, O. E. Herrera, and W. Merida, 'Charging infrastructure for electric vehicles in Multi-Unit Residential Buildings: Mapping feedbacks and policy recommendations', *Energy Policy*, vol. 126, pp. 444–451, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2018.10.030.

[2] C. Tsai-Hsiang and L. Rih-Neng, 'Analysis of Charging Demand of Electric Vehicles in Residential Area', presented at the 2013 the International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE 2013), 2013, doi: 10.2991/rsete.2013.7.

[3] M. H. Amirioun and A. Kazemi, 'A new model based on optimal scheduling of combined energy exchange modes for aggregation of electric vehicles in a residential complex', *Energy*, vol. 69, pp. 186–198, May 2014, doi: 10.1016/j.energy.2014.02.063.

[4] C. S. Ioakimidis, D. Thomas, P. Rycerski, and K. N. Genikomsakis, 'Peak shaving and valley filling of power consumption profile in non-residential buildings using an electric vehicle parking lot', *Energy*, vol. 148, pp. 148–158, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.01.128.

[5] K. N. Genikomsakis, B. Bocquier, S. Lopez, and C. S. Ioakimidis, 'Utilizing Plug-in Electric Vehicles for Peak Shaving and Valley Filling in Non-residential Buildings with Solar Photovoltaic Systems', presented at the 5th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems, 2020, pp. 179–188.

[6] K. Hedegaard, H. Ravn, N. Juul, and P. Meibom, 'Effects of electric vehicles on power systems in Northern Europe', *Energy*, vol. 48, no. 1, pp. 356–368, 0 2012, doi: 10.1016/j.energy.2012.06.012.

[7] D. Thomas, O. Deblecker, and C. S. Ioakimidis, 'Optimal operation of an energy management system for a grid-connected smart building considering photovoltaics' uncertainty and stochastic electric vehicles' driving schedule', *Appl. Energy*, vol. 210, pp. 1188–1206, 0 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2017.07.035.

[8] Z. Wang, L. Wang, A. I. Dounis, and R. Yang, 'Integration of plug-in hybrid electric vehicles into energy and comfort management for smart building', *Energy Build.*, vol. 47, pp. 260–266, Apr. 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2011.11.048.

[9] G. Cardoso *et al.*, 'Optimal investment and scheduling of distributed energy resources with uncertainty in electric vehicle driving schedules', *Energy*, vol. 64, pp. 17–30, 0 2014, doi: 10.1016/j.energy.2013.10.092.

[10] N. Nezamoddini and Y. Wang, 'Risk management and participation planning of electric vehicles in smart grids for demand response', *Energy*, vol. 116, pp. 836–850, 0 2016, doi: 10.1016/j.energy.2016.10.002.

[11] B. Csonka and C. Csiszár, 'Integrated information service for plug-in electric vehicle users including smart grid functions', *Transport*, vol. 34, no. 1, pp. 135–145, Feb. 2019, doi: 10.3846/transport.2019.8548.

[12] https://www.prairielectric.com/blog/installing-home-ev-charging-stations/ (2020.02.15.)

[13] bit.ly/37vt1KT (2020.02.15.)

Országos Közúti Modell fejlesztésének folyamata és aktuális kérdései

Prof. (h.c) Dr (Ph.D) Vörös Attila[1] – Varga Szabolcs[2]

[1]Közlekedés Fővárosi Tervező Iroda Kft.
telefon: +36 30 942-5245
e-mail: attila.voros@kozlekedes.hu

[2]Közlekedés Fővárosi Tervező Iroda Kft.
telefon: +36 20 397-4034
e-mail: szabolcs.varga@kozlekedes.hu

Kivonat: Ezen cikk a közúti közlekedési hálózatok tervezéséhez szükséges forgalmi modellezés módszereinek, fejlettségének jelenlegi állapotáról kíván tájékoztatást adni. A fő célja a vizsgálódásnak olyan modellfejlesztést és tökéletesítést végrehajtani, ami a különböző modellező műhelyekben elvégzett számítások eredményeit minél közelebb hozza egymáshoz. Jelenleg ugyanis a különböző modellezést végző vállalatok egyazon hálózati részekre, vagy az egész országra sokszor nagyon különböző eredményeket, hálózati terheléseket állítanak elő, ami erodálja a potenciális megbízási kör bizalmát a modellezési számításokkal szemben. Az előadás és az annak nyomán elkészült szakcikk néhány fontos pontosítási, javítási lépéssel jelentősen közelebb visz a mért forgalmi értékekéhez, azaz a valós tényadatokhoz. Sajnos azt is meg kellett állapítanunk, hogy az összevetésre, ellenőrzésre, azaz a kalibrálásra alkalmas forgalomszámláló állomások adatai az évek folyamán szűkülő számban állnak rendelkezésre, és azok is csak - jellemzően - a gyorsforgalmi utakra, elvétve pedig néhány főúti keresztmetszetre korlátozódnak.

Kulcsszavak: forgalmi modellezés, kalibrálás, verifikáció, közúti hálózattervezés, GEH mutató.

Bevezetés

Mindenek előtt hangsúlyozni kell, hogy a modellezés nem egzakt, egyedi és összrendszeri leírása a valóságnak, hanem azt jól megközelítő, számszerű és tendenciaszerű módszer.

A történelemre röviden utalva meg kell említeni az azóta már külföldre távozott Köröndi Géza nevét, aki a hazai modellezés úttörőjének számít. Az első, igazi kutatói műhely a KÖTUKI-ban működött, ahol a nyolcvanas években a KPM megbízásából folyó I-es ágazati célprogram keretében kerültek kidolgozásra különböző részletezettségű modellek. Ezt követte az EMME-2 és EMME-3 hálózattervezési szoftver, amit egy kanadai cégtől vásárolt meg a KTI (a KÖTUKI jogutódja), majd később más cégek is megvásárolták azt. Egy holland cég a Quo Vadis programjával, egy csehszlovák cég pedig a TRENS nevű modellel kívánt betörni a hazai piacra. A tervezői körökben az UVATERV, a FŐMTERV és a Transinvest tevékenysége volt meghatározó.

Manapság a piacot elsöprően a visum és a vissim szoftverek utalják, többek között a Közlekedés Kft is ezeket használja.

A modellezés történetén végigvonul a részletes, széleskörű és differenciált adatok permanens hiánya. A közlekedési szokásjellemzők korrekt értékeinek előállítása igen kiterjedt és drága adatfelvételeket igényel. Megfelelően nagyléptékű adatfelvétel talán csak az ezredforduló után az OCF keretében került sor. A szokásjellemzők figyelembe vétele a modellben meglehetősen abszolút, azaz, ha már a ráterhelés során valamely útvonal akár csak egy másodperccel is kedvezőbb, mint bármely másik, akkor – lépcsőzetes ráterhelés ide, vagy oda – a program túlértékeli a jobbik útvonalat, pedig a gépkocsivezetők döntései sok tényezőtől függenek.

Gyakorta a területszerkezeti adatok is pontatlanok, így esetlegessé válhat a forrás-nyelő pontok kijelölése, vagy a hálózatra való rákötésük rendszere.

Mindezen hiányosságok és tökéletlenségek ellenére a forgalmi modellezés igen komoly segítséget nyújthat a hálózattervezéshez. A fent leírt pontatlanságok, tökéletlenségek kiküszöbölésén a kutatók és a tervezők folyamatosan dolgoznak.

1. Hogyan került elő a téma?

Várady Tamás, a Közlekedés Kft cégvezetője vetette fel azt a kérdést, hogy vajon miért nincs egy EFM szintű, országos modell. Az biztos, hogy minden, modellezéssel foglalkozó cég fiókjában lapul egy hasonló modell, de miért nem egységes és miért nem tartja senki ezt karban?

Nem kellett sokat kutakodnunk, hogy az utolsó nagyszabású, országos vizsgálatra, az Nemzeti Közlekedési Stratégiára rátaláljunk, aminek, mint e cikk szerzői, egymástól függetlenül részesei voltak. Amíg létezett KKK addig, mint gazda tulajdonolta, de a nagy mű további nyilvános léte az enyészet útjára lépett.

Mivel a cégnél is egyfajta rendszerváltás következett be (arccal a VISUM-VISSIM felé) így adottá váltak a feltételek, hogy átnézzük a hagyatékot és először kíváncsiságból, majd egyre nagyobb lendülettel és a végén jól felfogott szakmai érdektől vezérelve új életre keltsük és **T**ovábbfejlesszük az **O**RSZÁGOS **M**ODELL-t.

2. Milyen lépésekben haladtunk

Kínálati (hálózati) oldal és az igény (mátrix) oldal is jelentős hiányosságokkal tarkított állapotban volt.

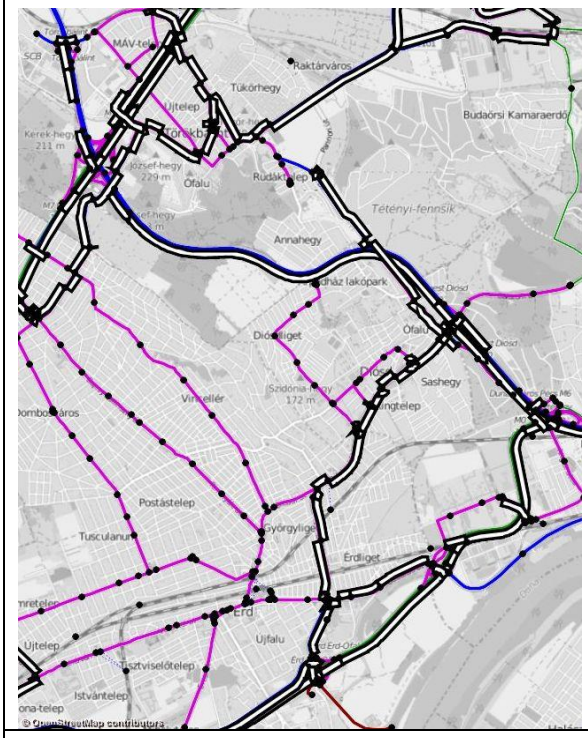
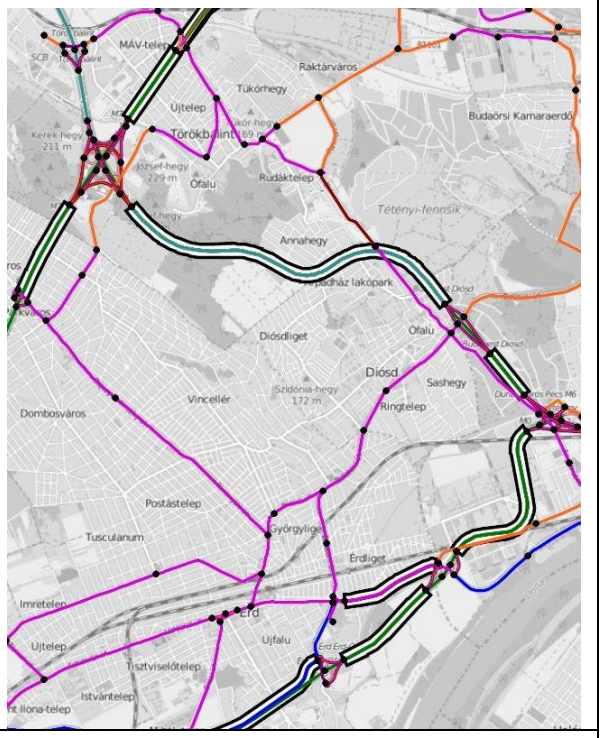
2.1 Kínálati modell

A hálózaton látszott, hogy az több modellező és paraméterező műhely összehangolatlan munkájának eredménye. (eltérő szintű kidolgozottság, redundancia, kapcsolati hiányok, elégtelen paraméterezés stb.) A javítgatás, és a rendszer szintű összehangolás folyamata a mai napig tart; még mindig találunk egy-egy eldugott helyen hibákat, pontatlanságokat.

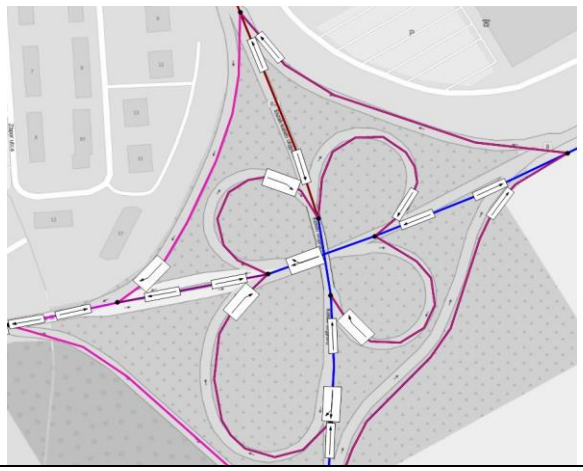
1. táblázat: Modellállapotok összehasonlítása

1. példa: Geometriai eltérések korrekciói:	
NKS modell	Fejlesztett modell

2. táblázat: Modellállapotok összehasonlítása

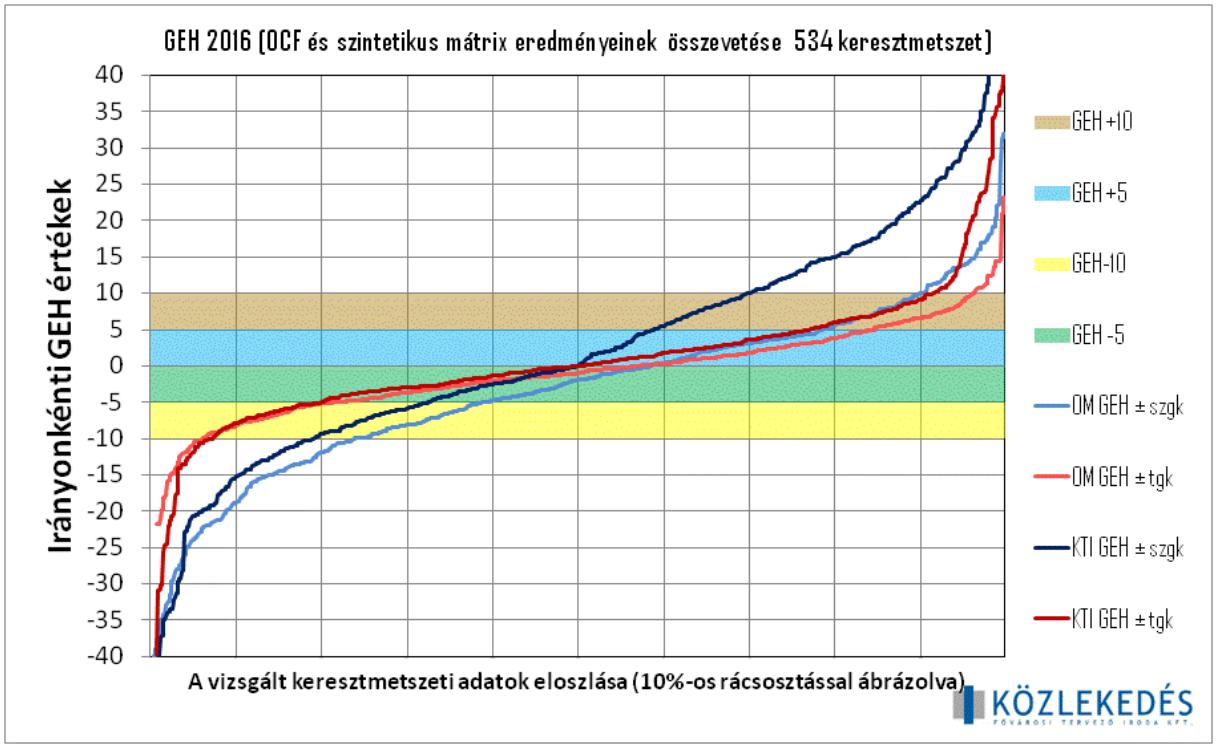
2. példa: Szakaszhatároló pontok racionalizálása	
NKS modell	Fejlesztett modell
	
A korrekciók az OKKF mérési szakaszok pontos azonosíthatóságát eredményezték!	

3. táblázat: Modellállapotok összehasonlítása

3.példa: A csomóponti kanyarodási tiltások meglévő állapotokat leíró kialakítása	
NKS modell	Fejlesztett modell
	
A valós topológiát és a forgalmi rendet követő paraméterezés jó csomóponti forgalmakat ad!	

2.2 Igény modell

A Mátrixokon ennél is nagyobb feladat elé néztünk. Célunk az volt, hogy egy nyilvános adatokon alapuló, évente frissíthető és a folyamatokat jól követhetővé tevő szintetikus mátrixokat hozzunk létre. A modell körzet-hálózat rendszerét is újra kellett gondolnunk. Ennek egyrészt statisztikai, másrészt strukturális, harmadrészt licenc-korlátos okai voltak. Az igény oldal létrehozása során vettük fel a kapcsolatot a **KTI Nonprofit Kft-vel**. Náluk készült egy igénymodell felülvizsgálat, amelynek alapja egy országos célforgalmi felmérés volt. A két eltérő módszerrel készített igénymodellt a szükséges megfeleltetések után hálózatra terhelve is megvizsgáltuk. Az eredményeket azonos minőségellenőrzési rendszerben szemlélve közel azonos pontosságokat értünk el. Ez igazolta a szintetikus mátrixok létjogosultságát is. Az alkalmazott eljárást a 2.3.1 fejezetben részletezzük.



1. ábra. Eltérő elvek szerint készült igénymodellek eredményeinek összevetése

2.3 A megfelelőség ellenőrzése

Már az 1. ábra bemutatása előtt ki kellett volna térnünk az alkalmazott **Minőségellenőrzési rendszer**re, de mivel az önálló fejezetet érdemelt, ezért itt külön ismertetjük. A rendszert szintén **nyilvános, folyamatosan karbantartott adatok** alapján szervezetük meg. Ennek adatforrásai a Magyar Közút NZrt. által *„Az országos közutak ****[1]*. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma*” (továbbiakban OKKF-ként hivatkozva) címen kiadott mérőhely-hálózati adatai voltak. A minősítés folyamán a rendelkezésre álló adatbázis használatát három okból kellett szűkítenünk:

- csak a mért (legalább 4 naperedményeiből képezett) értékek adhatnak megfelelő viszonyítást,
- a mérőműszerek sokszínűsége járműtípus azonosítási hibákat eredményezett,
- belterületi forgalmak nem határozhatók meg a módszerrel.

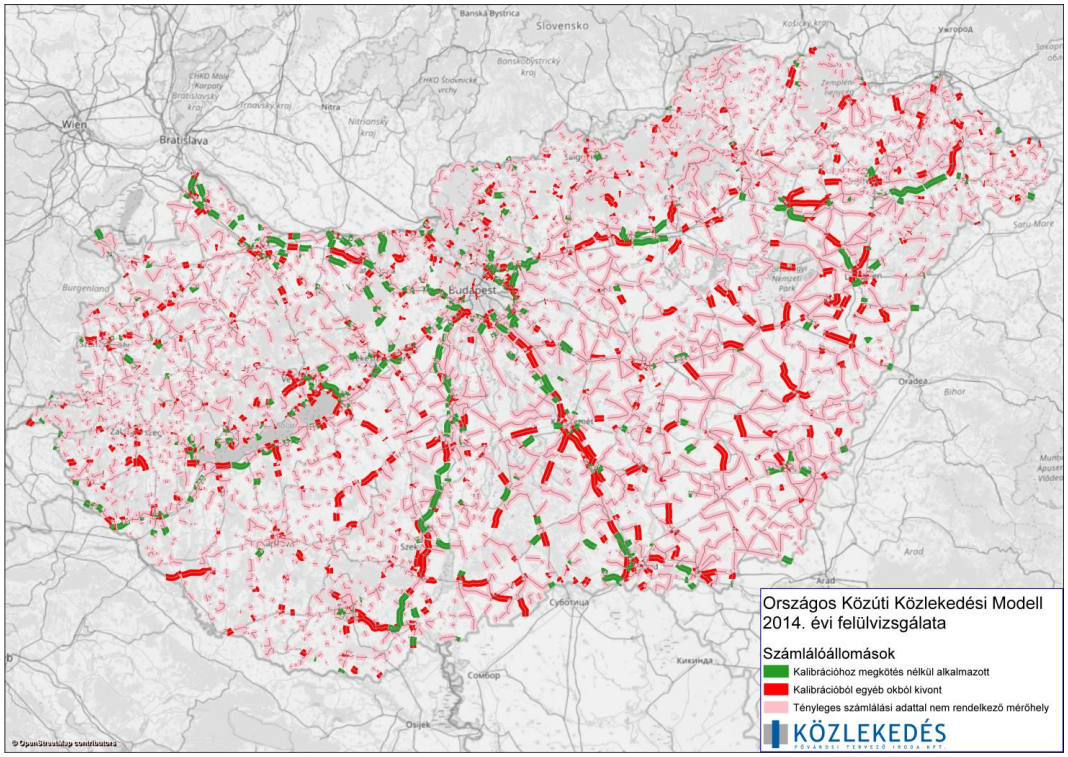
A későbbiekben fontos szempontként jelent meg, hogy a felszorzott adatok hálózati szinten tudják követni a változásokat, ezért a nem mért (származtatott) adatokat értelem szerűen kihagytuk az eljárásból.

A mellékúthálózati forgalomszámlálás „gördülő rendszerű” mérési terv szerinti megvalósítása magával hozta, hogy évente változott a minősítésre alkalmazott keresztmetszetek helye, száma. Ez addig nem jelentett jelentős problémát, amíg a megfelelő területi eloszlás tartható volt. Ez megváltozott, amikor a feladatra kiírt közbeszerzés 2017-18-ra csak részleges eredménnyel zárult. A 2019. évben már csak a

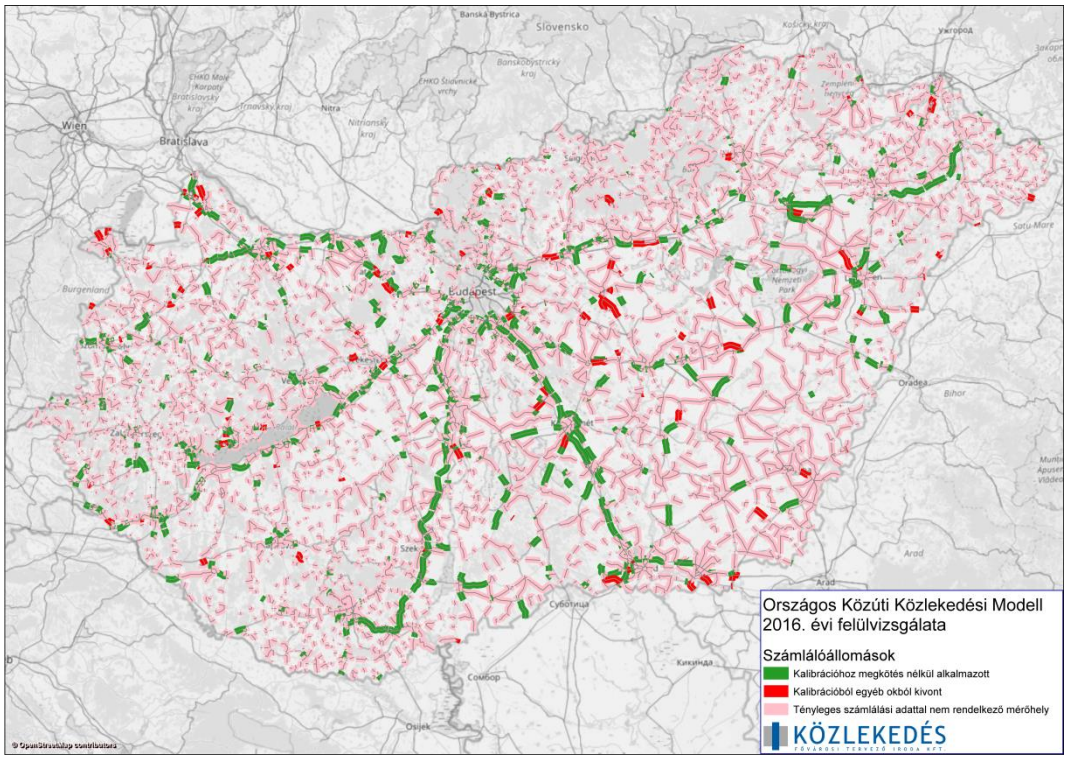
[1] **** az adott évszám a kiadvány nevében

folyamatos mérés rendszerében működő állomások és a NUSZ, VÉDA, stb. kapuk adatai állnak majd rendelkezésre.

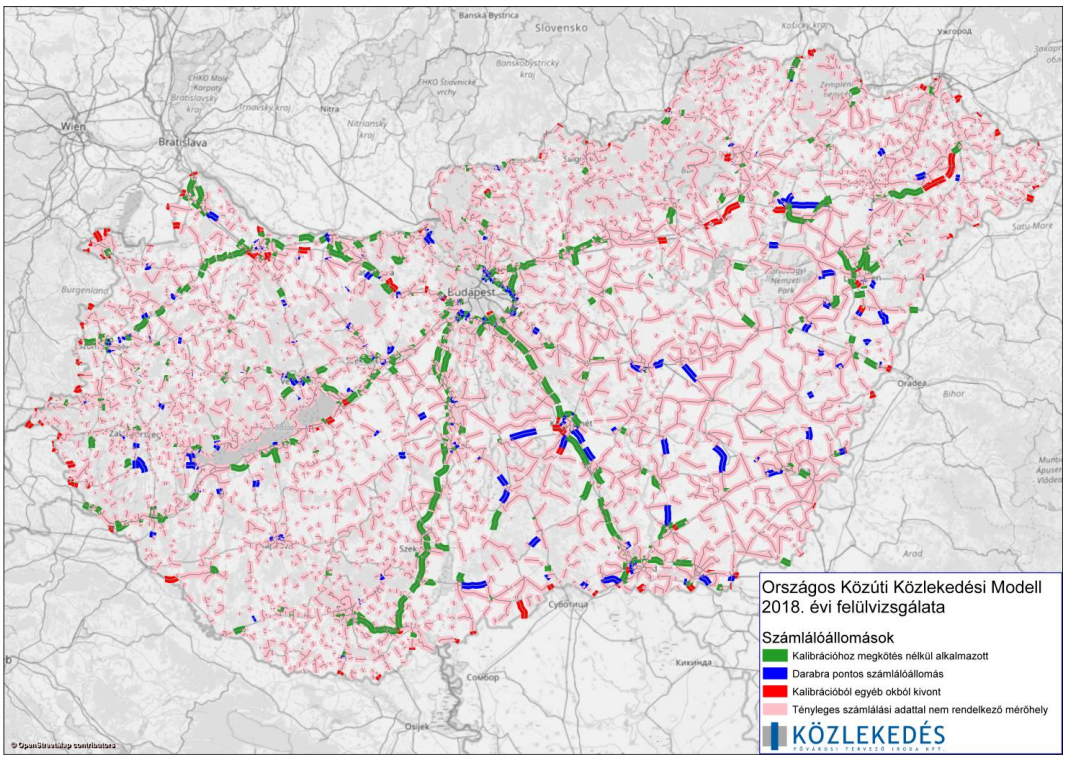
A probléma érzékeltetésére három modellen szemléltetjük az alkalmazási feltételeknek megfelelő állomásokat:



2. ábra. A 2014. évi modell minősítő szakaszai



3. ábra. A 2016. évi modell minősítő szakaszai

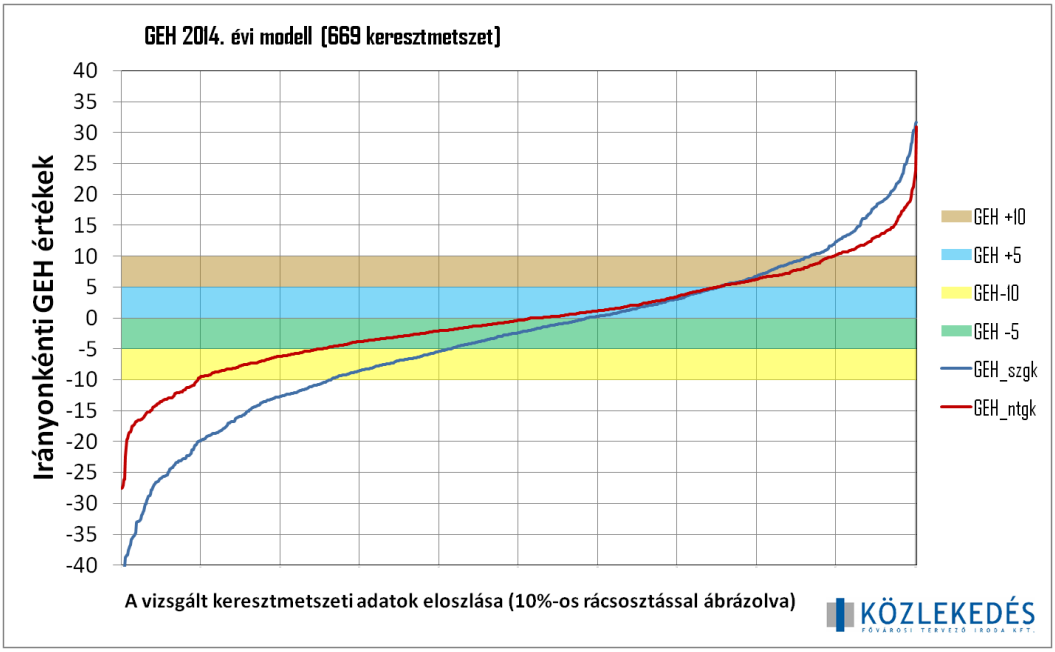


4. ábra. A 2018. évi modell minősítő szakaszai

A keltési rendszer iterációs eljárásának részeredményeit egyrészt a járműtípusonkénti GEH[2] mutatók alapján, másrészt az eltérési arányok változása szerint vizsgáltuk.

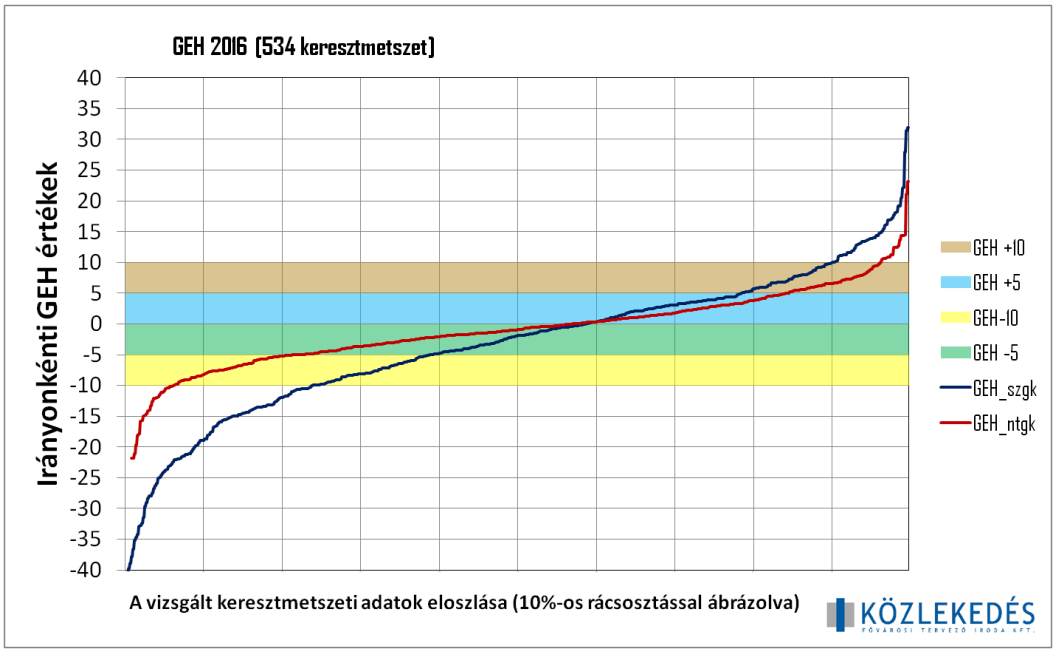
2.3.1 GEH mutatók változása

Az 1970-es évek óta általánosan elfogadott empirikus képlet segítségével az egyes minősítő pontokra számított értékeket kiegészítettük egy előjellel, annak függvényében, hogy a számított terhelés a mért értékhez képes milyen irányban tér el a GEH mutató. Ezáltal a keltések változási irányára is utalást kaptunk. A számított értékek sorba rendezésével kialakuló görbék segítségével egy szemléletes eszközhöz jutottunk. A három kiválasztott évre (2014, 2016, 2018) vonatkozó modellek eredményeit az alábbi grafikonokon szemléltetjük:

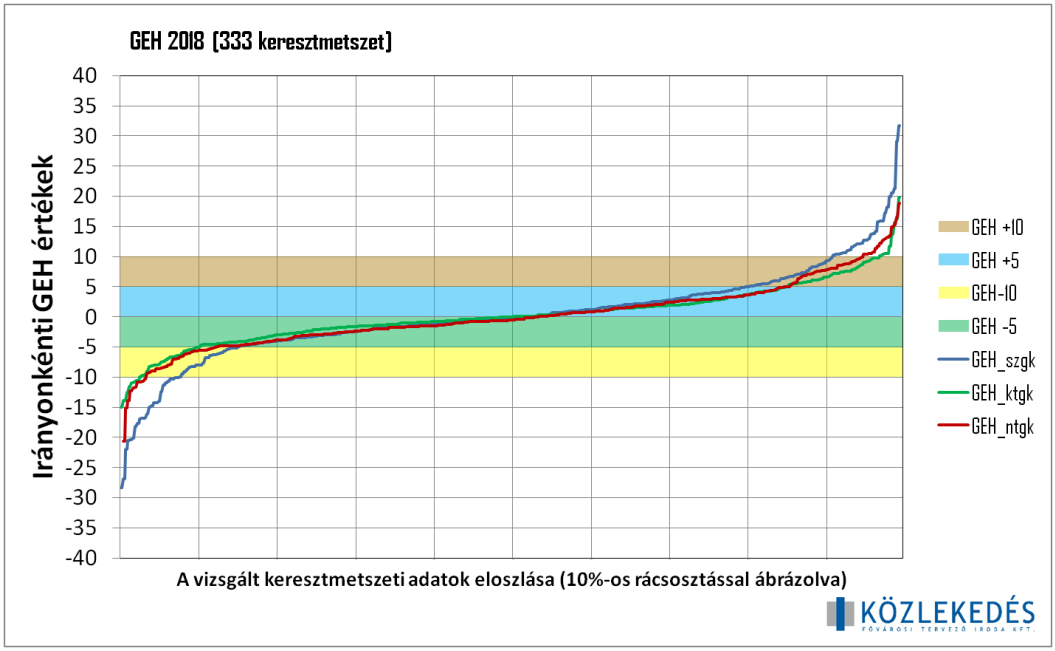


5. ábra. 2014. évi modell GEH mutatóinak eloszlása

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/GEH_statistic (2020.02.13)



6. ábra. 2016. évi modell GEH mutatóinak eloszlása



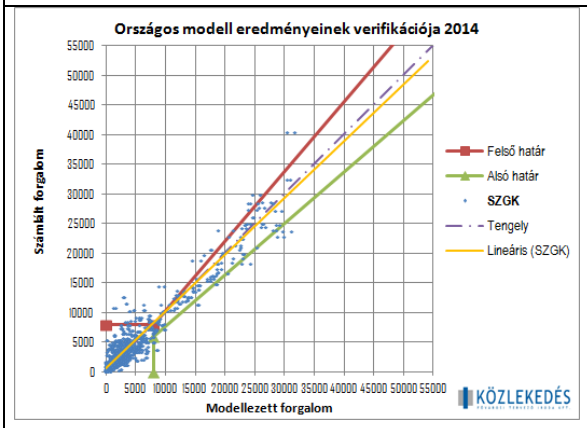
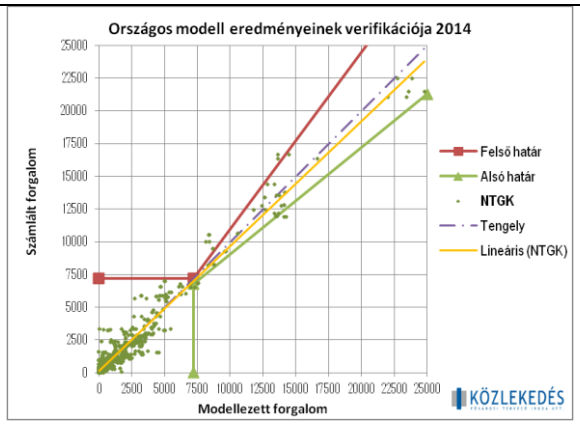
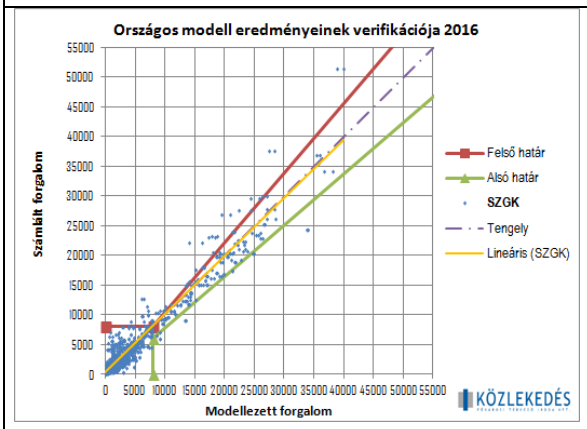
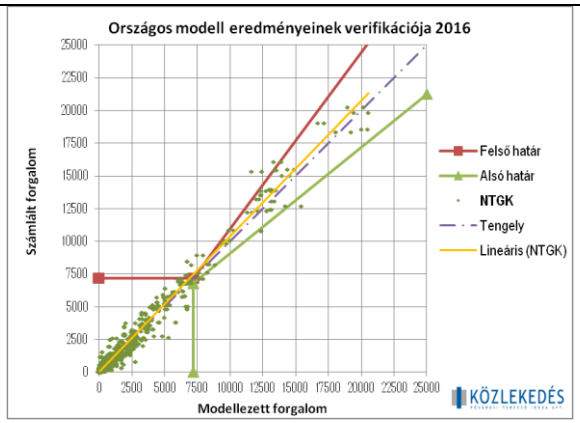
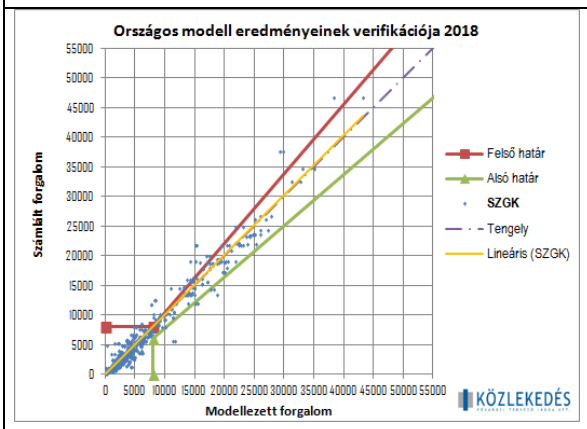
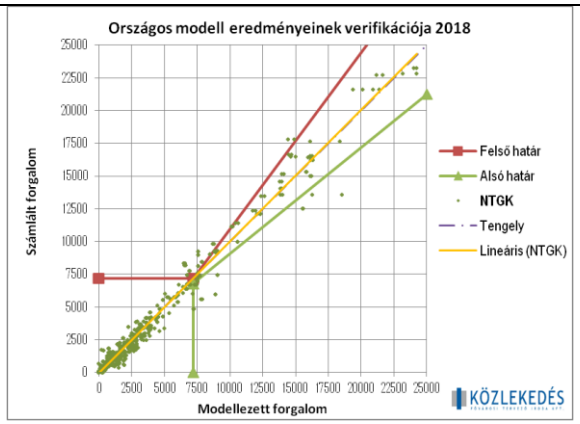
7. ábra. 2018. évi modell GEH mutatóinak eloszlása

Mint látható az évek folyamán az eloszlási görbék egyre jobban közelített az ideális állapotokat. Az eredmények alakulásában jelentős szerepe volt a mérési eredmények alkalmazási peremfeltételeit szigorító lépéseinknek, valamint a harmadik járműtípus bevezetésének. Ez utóbbi váltás okait és eredményeit a 3. fejezetben részletezzük.

2.3.2 Eltérési arányok változása

Ennél a minősítő eljárásnál a modellezett és mért értékek pontos egyezéstől való eltérésének megadott tűréshatáron belül kell lennie. A módszert kiegészítettük a kis forgalmú szakaszok konstans tűréshatárával és egy regressziós egyenessel. Úgy gondoltuk, hogy a kis forgalmú szakaszokra pontos mérés és terhelés előállítása nehezebben oldható meg. A regressziós egyenes felvétele pedig a keltés alul-, vagy felülbecsültségére utal. Az előzőleg is alkalmazott három modell vizsgált értékeit az alábbi grafikonokon szemléltetjük.

4. táblázat: Modell pontosságának fejlődése

Eltérési arányok változása	
Személygépkocsi	Tehergépkocsi
	
	
	

Mint látható, az évek során a fejlődés jelentős volt, a kis forgalmú szakaszokra vonatkozó megengedő hozzáállásunk is kissé okafogyottá vált.

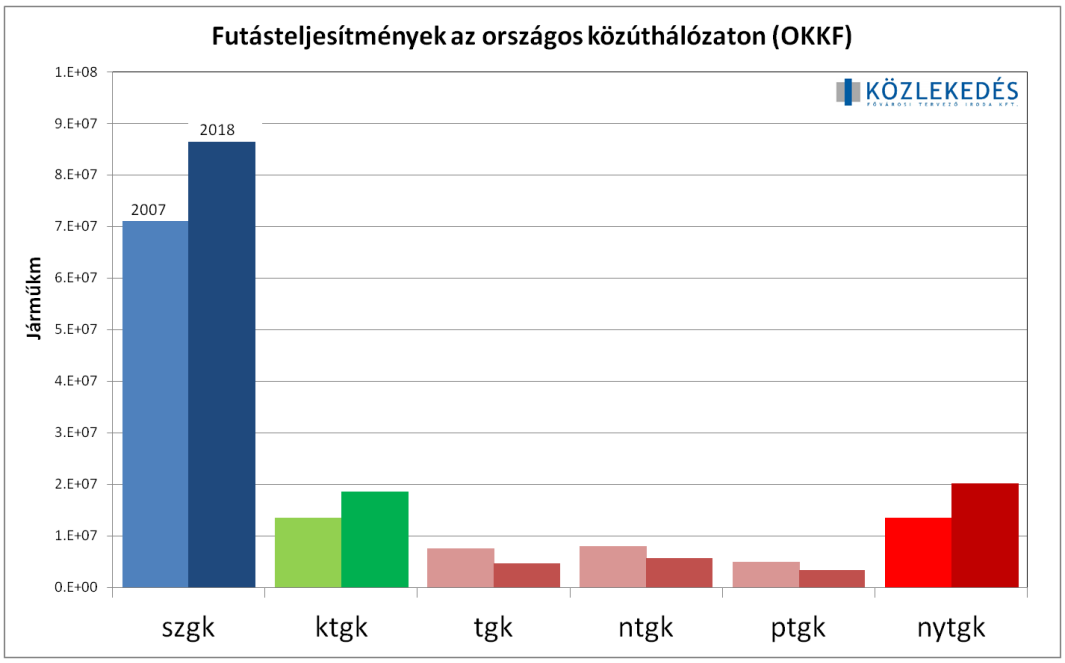
3. Milyen döntési pontok merültek föl?

- Elemeznünk kellett és döntést kellett hozni abban, hogy a modellezést MOF, ÁNF, vagy évszakos ÁNF bontás alapján készítsük-e el.

  Az elő vizsgálatokat a klasszikus MOF értékek használatával végeztük. Az eredményeket jelentősen torzította, hogy a MOF értékek útvonali, területi szokásjellemzők alapján ÁNF-ből származtatott értékekként jelentek meg. Ez egyes utakon is jelentős, modellekkel nem követhető forgalmi lépcsőket hoztak létre. Az évszakos bontású vizsgálatokról egyrészt a jelentősen megnövekvő munkaigény, másrészt a megfelelő pontosságú és mennyiségű számlálási adat hiánya, illetve az alap statisztikai sokaságok legfeljebb éves szintű felbontása miatt kellett lemondanunk. Az előző lehetőségeket kizáró feltételek miatt, illetve az alapadat rendszerek ilyen szintű együttdolgozásának adottságára építve az **ÁNF alapú modellezés** mellett döntöttünk.

- Ugyancsak átgondolást és elemzést igényelt a vizsgálatainkban alkalmazandó járműkategória bontás meghatározása. A szóba jöhető kategóriák: személygépkocsi, kis tehergépkocsi, közepesen nehéz tehergépkocsi, nehéz tehergépkocsi, pótkocsis tehergépkocsi, nyerges tehergépkocsi.

  Az egyes járműtípusok futásteljesítményei segítettek a járműkategóriára vonatkozó döntések meghozatalában:



8. ábra. Járműkategóriák keltési osztályba sorolása

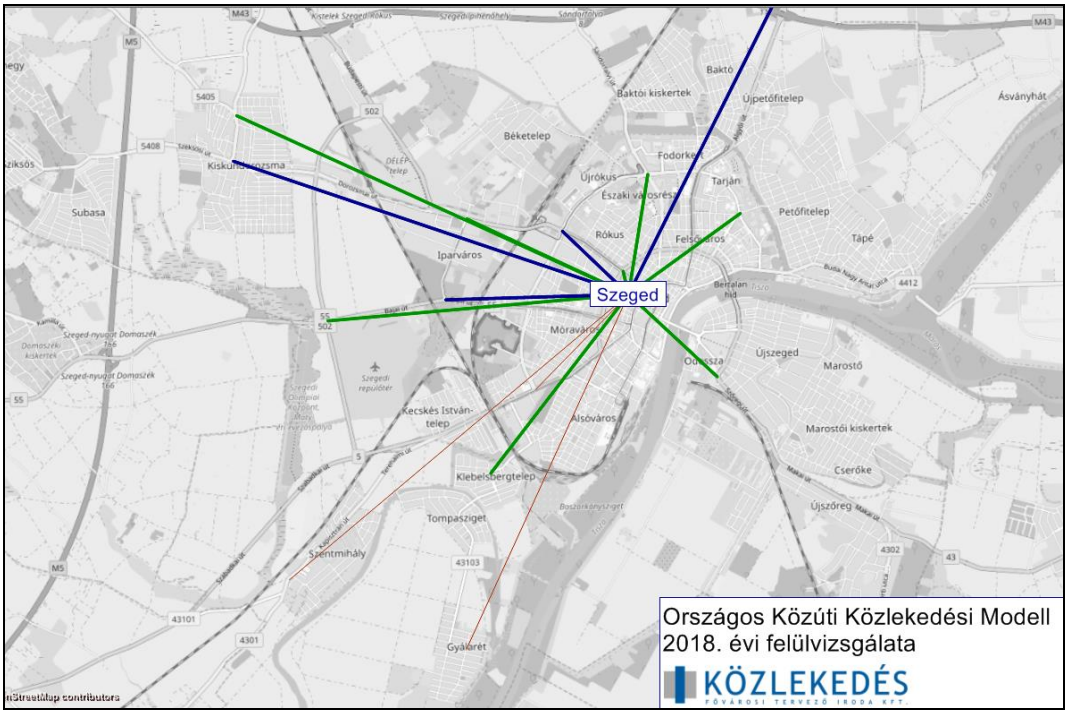
  Első megközelítésben (2018-ig) két kategóriát alkalmaztunk a modellekben. Egyikben a személygépkocsi és kis tehergépkocsi kategóriát vontuk össze, a másikba a többi járműtípust együtt kezeltük. A két időpont futásteljesítményeit szemléltető 8. ábra alapján az is kiderül, hogy a közepes tehergépkocsi méretek kiszorulóban vannak, így azok összevonása a két nagyobb típussal véleményünk szerint nem ad nagy eltérést. A teherforgalmi mátrixok jobb minősítési görbéi (7. ábra) igazolták várakozásainkat. Ugyanakkor a személygépkocsi és kis tehergépkocsi kategóriák együtt kezelését véltük a 2016-os modellben még meglévő szgk. mátrix problémájának. A szétbontás jogosságát a 2018-évi modell eredményei igazolták.

- Döntés a fundamentális diagram alapján alkalmazandó forgalomnagyság sebesség összefüggés fajtáról (Vdf volume – delay function), és az úttípusokról (sebesség- és kapacitás-lépcsők).

  A fundamentális diagram forgalomnagyság - sebesség összefüggései közül a klasszikus úttípus megosztáson túl az egyéb befolyásoló tényezőket (kifejthető sebesség, kapacitáskorlát, útdíj, minőségi zavaró tényezők) is figyelembe vétettük.

- A forgalmi modellezés egyik alapvető gondja a forgalmi körzeteken belüli forgalmak figyelembevétele, kezelése.

  Erre jelenleg nincs jó megoldásunk. A forgalmi körzetek település szintű megosztása, illetve a városok belső szerkezetét követő további kapcsolati felosztásai hoznak javulást adó részeredményeket.



9. ábra. Településen belüli hatások csökkentése

- Döntés arról, hogy az „Equlibrium” helyett alkalmazzunk-e valami más szempontú terhelési eljárást.

  A válaszunk egyértelmű nem, ami összefügg azzal, hogy az eljutási időfüggvények paraméterezései jól közelítik az adott úttípuson elvártakat, az egyéb döntési tényezőket, illetve a tapasztaltakat.

- Kérdés, hogyan kezeljük a változó ellenőrzési pontokat a következő év(ek)ben?

  A számlálóhelyek egy részén az adott évben tényleges számlálás történik, de a gördülő számlálás eredményeképpen a mellékutakon változó helyszíneken folyik forgalomszámlálás.

Az egyes modellek megfelelőségének jobb összevethetősége érdekében mindenképp szükséges a módszer átgondolása, ha az eredményeket a számlálásoktól mentes útszakaszok forgalmainak meghatározására nagy léptékben akarjuk használni (jelenleg ezek túlnyomórészt egy régebbi, illetve környéki számlálási adat elemzése után extrapolálással kerülnek meghatározásra). A problémát jól szemléltetik a 2. ábra, a 3. ábra és a 4. ábra minősítési pontjainak változásai.

4. Hol tartunk?

4.1 Modell pontosságának növelése terén

- Módszertanilag

  A mellékúthálózat forgalomszámlálási rendszerének üzemeltetésében (gördülő rendszerű számlálások) akár az eddigi módszerek mellett újabbak tesztelésével szükséges az adatforrás szélesítése, pontosítása.

  Az eseti események (építési munkák) környezetének tudatos kihagyásával növelhető az adatpontosság.

Az agglomerációs hatások pontosíthatónak tűnnek, egyéb információ források feltárásával, használatával.

- Számszakilag

  A minősítő helyek legnagyobb eltéréseket adó pontjain mélyebb problémafeltárás szükséges.

  Az alternatív (esetenként határon túli) útvonalhasználatok mértékének, okainak vizsgálata és a hazai forgalomra vonatkozó hatásának számszerűsítése célszerű

  A rövid távú előrebecslési eredményeink visszamenőleges vizsgálatával az alkalmazott módszer ellenőrzése, a pontosítás lehetőségeinek feltárása.

4.2 Hasznosítás terén

4.2.1 Mire lesz jó az eredmény?

Az aktuális hálózati, statisztikai és forgalmi adatok alapján évente karbantartott modell minőségi alapot teremt megalapozott döntések meghozatalához, kapcsolódó szakterületi vizsgálatokhoz.

Az előrebecslés eddig nem hangsúlyos, rövid időtávlatú módszerének kidolgozásával az aktuálpolitikai elvárásokhoz igazodó idősíkú vizsgálatokra nyílik lehetőség

4.2.2 Mit várnak el tőlünk?

- Rövid prognózisokat (választási ciklushoz igazodva). Ehhez a társadalmi és gazdasági változások forgalmi hatásait kutatás szinten szükséges feltárnunk.
- Eseti eseménykezelést. Ehhez lépéseket kell tennünk a csúcsidőszaki modellek származtatása felé.
- Torlódáskezelési vizsgálatokat a Forgalmi Menedzsment Tervezés (FMT) elősegítésére.

Konklúzió

Az elemzések és a fentiekben leírtak igazolják a forgalmi modellezés jóságát, fejleszthetőségét, és a forgalmi terhelések meghatározásához szükséges, adekvát leírását, hatékony alkalmazhatóságát. Az elmúlt néhány évben jelentős mértékben terjedt a modellek használata, miközben a pontatlanságok, hibák és adathiányok kiküszöbölése folyamatos volt.

A modellkészítőknek és alkalmazóknak tapasztalniuk kellett, hogy a szakmapolitika döntően a 3-4 éves előrebecslési időhorizonton túl érdemben és részleteiben alig-alig tekint messzebbre, sokkal nagyobb az érdeklődés a rövidtávú számítások, alátámasztások iránt. A rövidtávú prognózisokhoz általában, de a nagytávlatúakhoz kifejezetten és hangsúlyosan szükség van a modellek bemeneti, azon belül a területszerkezeti, gazdaságszerkezeti, és utazási, szállítási szokásjellemzőinek előrebecslésre. Ezek azonban sok tekintetben robosztus és igen költséges adatfelvételeket tesznek szükségessé.

A kalibráláshoz, validáláshoz rendelkezésre álló, megbízható keresztmetszeti forgalmi értékek száma igen csekély, és lényegében csak a legfelsőbb útkategóriákra nézve áll rendelkezésre. A mellékúthálózaton gyakorlatilag nincs, a kalibráláshoz, validáláshoz használható mérési adat. Miközben tehát a modellezés az adattisztítások és egyéb fejlesztő beavatkozások nyomán folyamatosan javuló valóságleírást eredményez, addig a mért és valós, a modellezés eredményeit igazoló, vagy cáfoló adatok állománya csekély.

A szakmai döntéshozók folyamatos tájékoztatásával, az új, javító fejlesztések bemutatásával (pl. környezetterhelést számító, kiegészítő modulok integrálásával), és offenzív piackutatással, továbbá a számlálási keresztmetszetek számának radikális kiterjesztésével látványosan tovább fejleszthető a forgalmi modellezés eredményes és szakszerű alkalmazása.

Perceived Effectiveness of Jordanian Drivers Towards Traffic Accidents Countermeasures

Prof. Khair Jadaan[1] — Asem Al-Nahhas[2] – Nour Jbour[3] Sandra Nashquai[4] – Masa Ali[5]

[1]**University of Jordan, Department of Civil Engineering**
telephone: +962 79 6222 868
e-mail: kjadaan@gmail.com

[2]**SETS International, Transportation Department, M. Sc.**
telephone: +962 79 6077 913
e-mail: asem.nahhas.94@gmail.com

[3]**University of Jordan, Department of Civil Engineering**
telephone: +962 79 9134 645
e-mail: nour_j@yahoo.com

[4]**University of Jordan, Department of Civil Engineering**
telephone: +962 79 5399 921
e-mail: nsandra@live.com

[5]**University of Jordan, Department of Civil Engineering**
telephone: +962 79 6715 969
e-mail: masa.ali10@yahoo.com

Abstract: It has generally been acknowledged by most countries, both developed and developing, that road traffic accidents (RTA) are undoubtedly a major drain on the economic and manpower resources of all countries. Increasing urbanization and growth in numbers of vehicles in Jordan has in turn led to increased congestion in urban centers and increased traffic accidents on the national road network. Yet, little effort has been made to tackle the traffic safety problems. It is, therefore, necessary that efforts be directed towards the identification and development of effective countermeasures to improve traffic safety. The effectiveness of new road safety initiatives is often influenced by the public perception of how successful an initiative might be in terms of reducing accident risk. This work reports the findings of a survey designed to obtain data on what a representative sample of all types of road users in Jordan from various ages, educational levels and cultures thought about a wide variety of potential accident countermeasures (CM) that will reduce the number of accidents in Jordan. Standard Likert Scale Technique was employed to obtain ratings of how "effective" they thought the CM would be in reducing accidents and how much they would be "in favor" of the CM actually being introduced. The study identified the most and the least effective and favorable CMs. This would serve as an aid to the road authorities to decide upon the implementation of the most appropriate CMs.

Keywords: Traffic accidents, Effectiveness, Favourability, Countermeasures, Jordan.

Introduction

There were 1.25 million road traffic deaths globally, with millions more sustaining serious injuries and living with long-term adverse health consequences. Globally, road traffic crashes are a leading cause of death among young people, and the main cause of death among those aged 15–29 years. Road traffic injuries are currently estimated to be the ninth leading cause of death across all age groups globally, and are predicted to become the seventh leading cause of death by 2030 (1).

In Jordan, the current traffic safety conditions are extremely serious indeed, where the number of accidents has increased more than five-fold between 1995 and 2016 reaching 144,521 accidents and 750 fatalities in 2016 with an estimated cost of JOD 323 million ($500 million) (2). The problem with it's economical and social impacts are growing calling for the need to identify the most appropriate counter measures(CMs) which would be successful in reducing the magnitude and severity of accidents once implemented. In the Best Practice Measures (BPM) there is an important point that should take into

account, initiatives that will be introduce to improve road safety need to receive acceptance and support by public and policy makers prior to their introduction thus ensuring high compliance (3).

Public's attitude to new accident CMs will be greatly influenced by their perception of how successful a countermeasure might be in terms of making the road safer for all road users. Information about public support is also of considerable value in making decisions relating to the timing of the introduction of safety policy initiatives and the extent to which they may need to be preceded by (4). The likely response of the public will often be an important factor and should be considered in assessing the potential accidents savings likely to be achieved.

Significant research was carried out to identify effective countermeasures and develop strategies for improving road safety in Jordan and other countries in the region (5,6,7,8,9). However, limited work has been carried out to invesigate the opinion of road users of these safety interventions and the potential level of support that they would give them if implemented (9,10,11).This study support bridging this gap through using a pre-designed questionnaire to examine the Jordanian road user's perception towards selected countermeasures.

1. Methodology

1.1 Method

Thirty-eight potential countermeasures, that were considered relevant to a future safety program, were selected and included in a questionnaire designed to assess the public attitude in terms of ''effectiveness'' and ''favorability''.

Standard Likert scale techniques were used to obtain of both how ''effective'' respondents thought the measure would be in reducing the number of accidents, and also how much ''in favor'' of each measure actually being introduced.

Perceived ''effectiveness'' of the different countermeasures was obtained using a 5-point rating scales, with each point having a verbal label as follows:

1. Reduce accidents so much
2. Reduce accidents little
3. No effect
4. Do not know
5. Increase accidents

Also, responders were asked to indicates the level of support that he/she offers and likely to give to each countermeasure. The level of support likely to be given by the respondents was measured using a two-point scale;

1. In favor
2. Not in favor

1.2 Sample

A preliminary questionnaire was produced and subjected to a pilot group of 20 respondents before the final version of the questionnaire was distributed to provide a check on the comprehension of both the individual questions and the rating scale technique used. The questionnaire was randomly distributed to randomly selected sample of road users using an online google form. A total of 403 responses were collected.

1.3 Results

The yielded analysis results of respondents' characteristics are as shown in Table (1), 57% of the respondents are female, 45% of the respondents are between 18-28 years. With regards the educational level, 59% of the respondents have a bachelor degree. Most of the respondents are from the middle region of Jordan with a percent of (82%).

Table 1: Sample characteristics

Road User Category	Group (Class)	Total Respondents	Percent (%)
Age	18-28	181	45.02
	29-39	93	23.13
	40-50	65	16.17
	>50	63	15.67
Gender	Male	172	42.79
	Female	230	57.21
Educational Level	Below Secondary	8	1.99
	Secondary	23	5.72
	Diploma	51	12.69
	Bachelor	237	58.96
	Higher Education	82	20.65
Area	North Region	58	14.43
	Middle Region	328	81.59
	South Region	16	3.98

The results of the analysis are summarized in Table (2) which shows the percentages of respondents who thought that each of the 38 countermeasures would be ''effective'' and also of those who would be ''in favour'' of it being introduced. The first statistics include those who judged that the measure would prevent ''so much'' of accidents while the second statistic include those who either ''support'' the countermeasure being introduced.

Table 2: List of responses to all countermeasures

No.	Countermeasure	Effective (%)	In Favor (%)
1	Reduce speed limit in residential areas.	63.18	89.30
2	Increase the speed limit on highways from 120Km/ hr to 140 Km/hr.	8.21	27.36
3	Reduce all speed limits at night and in bad weather conditions.	72.64	93.03
4	Improve street lighting.	81.34	97.76
5	Improve road marking.	70.40	98.76
6	Improve Road surface.	84.83	98.76
7	Applying punishment to pedestrians crossing at prohibited areas.	74.63	89.30
8	Introduce automatic jail sentences for drunk drivers.	82.59	97.01
9	Introduce automatic jail sentences for drivers responsible for fatal accidents.	66.67	83.03
10	Impose a fine on all inexperienced drivers.	42.54	62.94
11	Perform a re-exam for all drivers every 5 years (at license renewal date).	22.89	44.28
12	Intensify the punishment against those who drive very slow (Below the speed limit).	25.12	57.96
13	Forbid truck and big-vehicle drivers from using middle and fast lanes without necessity.	76.37	94.78
14	Increase the punishment against those who use mobile phones while driving.	78.86	90.55
15	Make it compulsory for children travelling in cars to wear seat belts or child restrains.	52.49	91.04
16	Apply jail penalty to drivers without insurance or license.	39.30	65.42
17	Increase punishments against lawbreakers (Increase fine, more points against driver's license, hold driver's license for a specific time).	56.22	84.33
18	Age restriction for heavy vehicle operators between 25-50 years of age.	36.82	63.93
19	Withdrawal of licenses for drivers who have not performed maintenance on their cars (lighting, spacers, wipers, and wheels).	42.79	68.91

No.	Countermeasure	Effective (%)	In Favor (%)
20	Make it compulsory for driving learners to pass training courses before driving test.	57.46	81.59
21	Increase pedestrian crossing facilities (Pedestrian bridge, tunnel, signals).	75.62	96.02
22	Increase and improve road safety education in schools	63.43	95.27
23	Increase traffic police patrol on roads and changing their location periodically.	50.75	78.11
24	More seriousness in enforcing speed limit (Such as increase hidden monitoring cameras, activating points system against driver's license).	57.46	79.60
25	Increase traffic sense programs (Such as ads, flyers, radio and TV).	41.79	88.06
26	Increase road humps in residential areas.	35.57	64.68
27	Put warning signs at usual accident sites.	63.93	96.02
28	Improve driving test and be firm with it.	60.45	93.03
29	Improve traffic signs and put them in a reasonable distance before the desired location.	66.67	98.26
30	Make traffic police-men wear civilian clothes and use ordinary cars to monitor.	29.10	48.51
31	Use external traffic systems from other countries with high experience.	62.94	88.31
32	Applying staggered working hours for all professions.	43.78	74.63
33	Making more improvements to the design of junctions such as using traffic signals.	64.93	92.29
34	Consult with rival road companies in the country to make future decisions and plans to improve road efficiency.	56.97	89.80
35	Determine the hours of heavy vehicle traffic in the early morning before the peak hours.	64.68	93.03
36	Make a public referendum on any solution regarding improving the efficiency of road and transportation use prior to any implementation.	42.79	82.09
37	Provide safe sidewalks for pedestrians free of obstacles.	76.62	98.26
38	Increase the support of general public transportation.	60.20	94.53

Two indices were introduced to obtain the ranking scores for all the countermeasures. The indices are "Effectiveness index" and "favorability index", they represent the arithmetic mean of all the rating responses. The two indices of the total responses for each measure were considered to obtain an overall average point for that measure. The higher the point average for a measure means more of the surveyed respondents perceive that measure likely to be effective or that they are in favor of its implementation.

The five measures that were seen by road users as very effective in reducing accidents include:

1. Improve Road surface.
2. Improve street lighting.
3. Introduce automatic jail sentences for drunk drivers.
4. Increase the punishment against those who use mobile phones while driving.
5. Provide safe sidewalks for pedestrians free of obstacles.

In contrast measures relating to the driving test were generally seen as not being very effective and received the lowest ratings. The five countermeasures whose introduction received the most "favorable" rating were:

1. Improve Road surface.
2. Improve road marking.
3. Provide safe sidewalks for pedestrians free of obstacles.
4. Improve traffic signs and put them in a reasonable distance before the desired location.
5. Improve street lighting.

The five highest and lowest ranked countermeasures for "effectiveness" are listed in Table (3). Similarly, Table (4) lists the five highest and lowest countermeasures for "favorability".

Table 3: Highest and lowest countermeasures on "Effectiveness Index"

Countermeasures	Effectiveness Index	Rank
Highest		
Improve Road surface.	4.79	1
Improve street lighting.	4.79	2
Introduce automatic jail sentences for drunk drivers.	4.78	3
Increase the punishment against those who use mobile phones while driving.	4.74	4
Provide safe sidewalks for pedestrians free of obstacles.	4.69	5
Lowest		
Increase the speed limit on highways from 120Km/ hr to 140 Km/hr.	1.97	1
Make traffic police-men wear civilian clothes and use ordinary cars to monitor.	3.61	2
Perform a re-exam for all drivers every 5 years (at license renewal date).	3.64	3
Increase road humps in residential areas.	3.76	4
Intensify the punishment against those who drive very slow (Below the speed limit).	3.78	5

Table 4: Highest and lowest countermeasures on "Favorability index"

Countermeasures	Favorability Index	Rank
Highest		
Improve Road surface.	4.95	1
Improve road marking.	4.95	2
Provide safe sidewalks for pedestrians free of obstacles.	4.93	3
Improve traffic signs and put them in a reasonable distance before the desired location.	4.93	4
Improve street lighting.	4.91	5
Lowest		
Increase the speed limit on highways from 120Km/ hr to 140 Km/hr.	2.09	1
Perform a re-exam for all drivers every 5 years (at license renewal date).	2.77	2
Make traffic police-men wear civilian clothes and use ordinary cars to monitor.	2.94	3
Intensify the punishment against those who drive very slow (Below the speed limit).	3.31	4
Impose a fine on all inexperienced drivers.	3.51	5

Countermeasures that were selected as low effective countermeasures in reducing the number of accidents were also judged to have poor rating for favorability in general. Improving road surface and providing safe sidewalks for pedestrians free from obstacles appear in both Tables (3) and (4). It also noticed that there is a considerable agreement between public perception and support. As shown in Table (5), some countermeasures did not appear to follow this pattern showing a great discrepancy between the ratings. The countermeasure's introduction was viewed less favorably than the perception of the likely effectiveness having a negative difference in ranks.

Table 5: Discrepancy between effectiveness and favorability ratings

Countermeasure No.	Rank of effectiveness	Rank of favorability	Difference in ranks
Negative Difference			
1	13	19	-6
3	10	12	-2
4	2	5	-3
6	1	2	-1
7	7	20	-13
8	3	6	-3
9	17	24	-7
10	29	34	-5
11	36	37	-1
12	34	35	-1
13	9	10	-1
14	4	17	-13
17	21	23	-2
19	26	30	-4
20	22	26	-4
21	5	7	-2
24	24	27	-3
31	19	21	-2
Positive Difference			
5	8	1	7
15	25	16	9
16	32	31	1
22	15	9	6
25	27	22	5
26	35	32	3
27	12	8	4
28	18	13	5
29	11	3	8
30	37	36	1
32	30	29	1
33	16	15	1
34	23	18	5
36	31	25	6
37	6	4	2
38	20	11	9

Successful countermeasures in reducing accidents can be identified as those which combine both effectiveness and favorability indices. Demonstrated in Table (6) are those measures that has highest values of both indices, these measures are by far the best candidates for implementation.

Table 6: Countermeasures with highest effectiveness and favorability indices combined

No. 1	Improving Roads and road furniture (surface, marking, lighting).
No. 2	Provide pedestrian crossing facilities (Pedestrian bridge, tunnel, signals) free of obstacles.
No. 3	Introduce automatic jail sentences for drunk drivers.
No. 4	Forbid truck and big-vehicle drivers from using middle and fast lanes without necessity.
No. 5	Reduce all speed limits at night and in bad weather conditions.

2. Results Discussion

The majority of drivers interviewed thought that many of the proposed countermeasures would produce less accidents and therefore favoured their introduction. More than two third (26 out of 38) of the CMs were rated by over half of the interviewed drivers as likely to be effective in reducing much or very much of injuries accidents. Similarly, most of the drivers have supported or strongly supported the introduction of 35 out of 38 of the proposed CMs. Three of the five measures perceived as being potentially most effective were concerned with the road and its furniture. Other effective measures include better education and law enforcement of motorway speed limits.

The same measure that was perceived as most effective in reducing the number of accidents were also ranked as the most popular with respect to its possible introduction. The results of the survey suggest that the general drivers' population have a great concern about the road safety situation in the country and wish to see it improved. The actions need to be taken as respondents see it range from spending money on road and road furniture improvement to giving better enforcement of traffic laws. This perception agrees with the findings of an in-depth accident study (12). Which showed that road contributes to 12% of total accidents in Jordan instead of the 4.4% always reported in studies that are based on the police records of reported accidents.

Many of the above results also agree with the findings of a similar study carried out in the U.K (4) which formed the basis of this work. The main difference lies in the support given to CMs that are concerned with reducing the amount of drink-driving; an issue that does not cause a concern in an Islamic country where drinking is prohibited by religion.

Conclusions

The risk of traffic accidents can be reduced through applying adequate countermeasures acceptable to the road users. In order to idenify such measures, this study examines the Jordanian road user's perception towards the effectiveness and the favorability of the implementation of selected countermeasures using a pre-designed questionnaire.

All road users were cooperative and filled the questionnaire distributed to them to examine their perception of how successful a set of accident countermeasures will be in improving road safety in Jordan. The measures were judged using "effectveness" and "favourability" indices and the findings may be summarised as follows:

1. Measures aimed at improving roads, providing pedestrian crossing facilities, forbidding trucks and big vehicles from using the fast and middle lane, reducing all speed limits in bad conditions were considered as effective and favorable countermeasures.
2. Measures aimed at increasing speed limits on highways and performing a re-exam for all drivers every 5 years (at license renewal date) were seen as being ineffective and their introduction would be unpopular.
3. Making it compulsory for children travelling in cars to wear seat belts or child restrains was perceived as likely to be effective and would be reasonably unpopular.
4. Making traffic police-men wear civilian clothes and use ordinary cars to monitor was perceived as likely ineffective and unpopular.

   The above findings of the study should help decision makers to develop the most appropriate policies and strategies that would improve road safety in Jordan.

References

[1] WHO, World Health Organization, Global Health Observatory (GHO) data. www.emro.who.int.

[2] Jadaan K, Albanna Y, Nashqau S, Road Safety in Jordan: Appraisal and Identification of Potential Interventions, 14th International Conference on Architecture and Transportation Engineering (ICATE-18) March 21-23, 2018 Istanbul, Turkey.

[3] Winkelbauer, M., and Machata,K., (2008), Best Practices For Road Safety in Europe: A Systematic Approach, Transport Research Arena Europe, Ljubljana.

[4] Quimpy, A. and Glendinning R. Perceived effectiveness and favourability towards some road accident countermeasures: A national survey, Transport and Road Research Laboratory, contract report 234, Berks. U.K, 1990.

[5] Jadaan, K., Mustafa, R., Naghawe, H., " Road Traffic Accidents in Jordan: Prediction and Potential Countermeasures", Traffic Safety Forum, University of Damman, Kingdom of Saudi Arabia, 2011.

[6] Jadaan K , Braizat E . Best Practice Approach For A National Road Safety Strategy , Int'l Journal of Research in Chemical, Metallurgical and Civil Engg. (IJRCMCE) Vol. 4, Issue 1 pp 1-6, 2017.

[7] Jadaan K, Bener A, Braizat, E. Formulation of road safety strategy for developing countries with special reference to Jordan, Advances in Transportation Studies an International Journal B 40, 101-111. , 2016.

[8] Jadaan, K., Al-Hyari, I., Naghawi, H., Ammourah, R., and Al Nabulsi, Z. 2013. Traffic Safety in Jordan: Magnitude, Cost and Potential Countermeasures. Journal of Traffic and Logistics Engineering, 1: 54- 57.

[9] Al-Matawah, J. and Jadaan, K. 2013. Road User Attitudes Towards Safety Initiatives in Kuwait. Int. Journal of Modern Engineering Research(IJMER),3(3):1403-1409

[10] Al-Hiyari, I., 2011. "The Future of Traffic Safety in Jordan and it's Impact on National Economy".M.Sc. Thesis, University of Jordan.

[11] Jadaan, k. 1996 . Perceived effectiveness towards road safety countermeasures. Institution of Professional Engineers of New Zealand (IPENZ) Conference, Wellington, New Zealand.

[12] Al Shajrawi, W. A comprehensive in-depth accident study, M.Sc. thesis, Civil Engineering Dept., University of Jordan, Amman, Jordan, (1995).

Performance Measures and Accessibility Analysis related to a Port-Hinterland System

Domenico Gattuso[1], Gian Carla Cassone[1], Margherita Malara[2]

[1]Mediterranea University of Reggio Calabria, Department DIIES
telephone: +39 0965 1693218, fax: +39 0965 1693247
e-mail: domenico.gattuso@unirc.it, giancarla.cassone@gmail.com

[2]Mediterranea University of Reggio Calabria, Department PAU
telephone: +39 0965 1693294, fax: +39 0965 1693247
e-mail: margherita.malara@unirc.it

Abstract: The efficiency of an integrated port-hinterland hub system is the last link of the supply chain that also includes the performance of the port node and the maritime connections with the foreland. These dimensions are interrelated since inefficiencies in one dimension are likely to impact the others. For instance, issues in terminal operations are most likely to negatively impact maritime and hinterland operations with delays. The methods to analyse performance of port-hinterland system can be operated by an "analysis through indicators". The paper proposes a methodology to assess the performance in the service providers point of view, system productivity and customer satisfaction. Accessibility indicators can be used to evaluate performance related to the connections between the port system and its hinterland. These indicators arise from the relationship between the service offered by the port system and the land use parameters of the hinterland. Accessibility is rarely used for evaluations in the field of freight transport; this is probably due to the complexity of this subject, linked to the articulation of the logistics supply chain, to the variety of modal components, but also to the number of stakeholders involved in the logistics chain. Moreover, the paper proposes an application related to three Mediterranean port contexts, with a performance comparison.

Keywords: Port, Hinterland, Performance Assessment, Indicators, Accessibility

Introduction

The hinterland is a crucial component of the port life. Most ports have a percentage of transit gateways, i.e. the containers are unloaded from the container ship to the yard, therefore through the gate they are conveyed towards the hinterland by land transport vehicles (truck and/or train). In this sense, transport in the hinterland is a fundamental player for the ports. In their research, Horst and de Langen [1] stressed the need to analyse inland transport systems because inland transport costs are, in general, higher than maritime costs. Furthermore, the problems of congestion and bottlenecks, in the door-to-door service and in the handling of rails, barges and trucks, take place in the hinterland networks. The development of any container port and its expansion depend on freight transport for the hinterland, for which sufficient provisions should be prepared for road and rail capacity to give higher added value services to the terminal operations. Many authors have covered the topic of hinterland transport; some reasoned that the liner shipping challenge has shifted from the sea to ports and then to the hinterlands ([2]; [3]).

Since the late 1990s ports are no longer seen as a kind of special places but as elements in supply chains/value chains. This new paradigm of '*ports as elements in value-driven chain systems*' stresses that we can only understand a port if we take into account its place and function in the supply chain, i.e. a port is a node in a network that connects different production and/or consumer locations in different regions [4]. Given the strong linkages between ports and their hinterlands, port throughput is often modelled as a function of the economic situation in the hinterland using GDP or trade figures.

The creation of an integrated port-hinterland system therefore becomes fundamental; this system must exhibits the following attributes:

1. *Efficiency*, in terms of:
   - physical transfer processes between modes;
   - administrative (e.g. customs) processes to hinterland;

2. *Sustainability*, in terms of:
   - environmentally friendly transport to the hinterland (e.g. existence of regular rail/barge services to the hinterland and considerable share of rail);
   - use of natural resources and reduction of environmental impact;
   - promoting renewable energy;
3. *High innovation content*, in terms of:
   - data capture, information sharing and insight generation;
   - advanced technologies adoption;
4. *Cooperation and coordination*:
   - among port-hinterland actors;
   - among operational private and public actors;
   - between the port and the local land (e.g. city);
   - among ports and hinterland corridors of the wider region.

The degree to which a port expresses the above attributes, reflects the level of service of an 'integrated port-hinterland hub'.

The paper proposes a methodological scheme for evaluating the performance of a port-hinterland integrated hub. In particular, to assess the performance of the port system, in the service providers point of view, system productivity and level of demand satisfaction are quantified through specific performance indicators.

Accessibility indicators can be used to evaluate performance related to the connections between the port system and its hinterland. These indicators arise from the relationship between the service offered (land side) from the port system and the land use parameters (infrastructures, activities, etc.) of the hinterland. Accessibility can be considered as a synthetic indicator that lends itself to the assessment of the degree of organization and connection of the complex land use-transport system. Accessibility is frequently used for evaluations in the field of individual displacements, few studies deal with the accessibility of freight transport; this is probably due to the complexity of freight transport world, linked to the articulation of the logistics supply chain, to the variety of modal components, but also to the number of stakeholders involved in the logistics chain.

The research is part of the activities carried out within the ISTEN project - Integrated and Sustainable Transport in the Efficient Network, funded under the ADRION Community Program (Adriatic-Ionian) - INTERREG VB. The project aims to improve the intermodal connections between the maritime ports of the Adriatic-Ionian area (ADRION) and between the same ports and their hinterlands, in particular by favouring the connection to the TEN-T corridors through the railway networks.

1. Port-hinterland performance

The efficiency of an integrated port-hinterland hub system is the last link in the value chain that also includes the performance of the port node and the maritime connections with the foreland (Figure 1). These dimensions are interrelated since inefficiencies in one dimension are likely to impact the others. For instance, issues in terminal operations are most likely to negatively impact maritime and hinterland operations with delays.

The efficiency of maritime access (port operations – sea side) is a component of the port's performance, which includes waiting for an available mooring space, navigation inside the port and mooring. Navigation within the port may require towing and piloting activities (this depends on the site and its configuration) through access channels and turning basins. Long access times can be the result of a lack of mooring places and of terminal productivity problems.

Land-side operations at the port include a series of related activities with specific performance that influence the operation and productivity of the whole node:

- crane performance (T1) is a common bottleneck in terms of the number of crane movements per hour and the number of cranes available to operate on a ship; for shipping companies, this is a crucial factor as it depends on the time that ships remain in port;

- the handling system (T2) is crucial in defining the performance of the port; the best performance of this system corresponds to greater efficiency in handling containers between the different areas of the terminal (quay-yard, yard-area truck; yard-train area for indirect transfers). For terminals equipped with on-dock rail services, the performance of the rail loading / unloading equipment is an important component of the terminal's performance;
- the storage yard management and organization determines storage capacity (T3);
- the gate services (T4) concern the efficiency of the activities related to the processing of documents and security inspections.

Hinterland operations can involve all transportation and distribution activities in port customer service. However, for practical purposes, to evaluate the efficiency of these operations, reference is generally made to internal operations adjacent to the port area. The key factor in background operations is the capacity of networks in areas adjacent to the port.

While terminal operations are usually managed by private operators, port authorities tend to have a direct oversight of maritime operations and several elements of hinterland operations. Although community is not directly involved in port operations it commonly ensures the maintenance of basic infrastructure connecting the port with its hinterland. It also takes charge of many of the externalities of port operations, namely local congestion and harmful emissions. Therefore, the port authority and the community are important stakeholders in the port-hinterland performance continuum.

The methods to analyse performance of port-hinterland system can be classified in two different general categories: parametric methods (stochastic frontiers and econometric models) and non-parametric methods (data envelopment analysis and analysis through indicators).

The “analysis through indicators”, adopted in this study, is based on a set of indicators. It is important the identification of the indicators based on smart criteria in order to avoid redundancy, to assure clear means, to calculate them easily. The most current indicators in the field literature are efficiency and effectiveness. Ordinary, the term efficiency refers to the ability to produce the desired output with the minimum input level or the maximum output for a given input (the best use of resources). Effectiveness is a measure of the capability to achieve predetermined targets that have to concern service consumption.

It is possible to define three set of indicators related to different points of view: user, operator, community (Table 1).

Table 1. Indicators for different stakeholders in a port

	Actors	Targets	Class of indicators
Provider	– Terminal owners/managers – Terminal operators – Handling companies	– Maximize system capacity – Maximize system productivity – Minimize management costs – Service efficiency – Service effectiveness	– Efficiency – Effectiveness
User	– Transportation operators – Freight forwarders – MTOs – Shipping line companies & agents – 3PL & Container depot companies – Export and Import companies – Industries – Wholesalers – SMEs	– Minimize freight charge – Reliability and service frequency – Slot availability – Optimum accessibility – Intermodal transport – Cargo safety	– Efficiency – Effectiveness – Level of service – Service reliability – Quality
Community	– Administration – Local authorities (Municipalities, Regional administrations)	– Environmental impacts – Trade impacts – Economic impacts	– Efficiency – Quality/Safety – Environmental impacts

For the service provider's point of view it is essential to define efficiency indicators, to describe the services and processes carried out. From the user's point of view, it is important the availability of a set of effectiveness, quality and reliability indicators able to describe the service level of the node and its connectivity with the hinterland also in terms of time and costs. Finally, for a community point of view it is useful to dispose of indicators able to assess the economic, social and environmental sustainability of the integrated port-hinterland system.

Some classes of indicators are important for all the actors within the port-hinterland logistics system. For example, service providers are interested in measurements of user service level, because the operator tries to satisfy demand in order to guarantee high-level and competitive services. Users in turn are interested in the efficiency of the system and therefore in its ability to respond to specific needs. The community also carefully observes the system efficiency and its ability to attract investments and to produce positive economic effects on the territory.

2. Literature review

Performance evaluation is a requirement for the development of any economic activity. The port industry like any other industry, measures its performance. In the sector literature the measurement of the performance of a port system is carried out on two different levels: an intra-port and an inter-port level which takes into account the relationships that the port establishes with its maritime and terrestrial hinterland. Intra-port performance is assessed in terms of productivity, throughput ([5]; [6]; [7]; [8]; [9]); in some cases emphasis is placed on environmental issues by proposing sets of indicators aimed at the environmental analysis of port activities ([10]; [11]).

Specifically, CNR (Italian Council of Research, 1987), for the purposes of both freight platform planning and design, and also for comparing different platforms, proposes four categories of indicators:

- *distribution indicators*, used in order to specify the subdivision of the different working areas;
- *specialization indicators*, finalized in highlighting the action of storing/warehousing;
- *utilization indicators*, to define the level of services, equipment and employment;
- *productivity indicators*, by identification of means of transport and workforce efficiency.

UNCTAD (United Nations Conference on Trade And Development, 1987) detects a set of measures in order to determine port performance in relation of the time spent by the ship moored at the quay. Specifically two different sets of indicators are defined: outputs and productivity indicators. The first ones give information about goods quantity in transit through the port and information about goods management and treatment in a period of time. The second ones are evaluated with a specific ratio between realized outputs and resources used to obtain them.

Kek et al. (1993) propose two sets of indicators. The first one provides measures of port capacity, indicators used for evaluating the turnaround time, the number of movements for charge/discharge vessels, the average time spent at the port, the average time spent at the quay. The second one provides information about capacity of goods handling, for example the quantity of goods managed on average by a team in a reference time, the number of crane’s movements, the average stop time of freight (dwell time), the berth’s productivity, the operational surplus.

Ashar (1997) specifies a set of indicators in order to evaluate the port productivity in terms of accessibility, employees potentiality, gross berth productivity (related to the vessel stop time at the quay), net berth productivity (related to the effective time spent for charge/discharge goods).

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development, 2002) proposes two different set of indicators, respectively for the evaluation of performance in a port and in an intermodal terminal. In the case of a container port, three different groups of indicators are defined for:

- the intrinsic node productivity, timetable, damage/accident rate;
- the evaluation of cranes, berth, terminal operator and ship productivity;
- the evaluation of occupation rate, the availability berth, the cargo reception rate, the cranes damages rate, the number of lost or damaged containers.

Specific indicators proposed for an intermodal rail/road terminal are: trucks turnaround time, slot availability, tracking capacity, dwelling time at the node, waiting time for check-in, presence of computerized system for control and automatic management of goods.

Inter-port performance is generally assessed in relation to intermodal connectivity on the land side and connectivity on the sea side ([12]; [13]; [14]; [15]).

In the European research project IMONODE (2005), a set of indicators has been defined in order to make a comparison with several logistical and transport terminals operating in CADSES area (Central, Adriatic, Danubian and South-Eastern European Space). Proposed indicators have been formulated, depending on three different criteria:

- a geo-strategic criteria, concerning the localization of the terminal, his distance from different traffic generators, and the different connection ways with national/international transport network;
- a territorial relationship criteria, concerning the terminal capacity to intercept freight flows, the topography of close areas, the existing infrastructures and the environmental impacts;
- a safety criteria, concerning the practicality terminal state and the compatibility with possible new developments in according with tools planning, and with European strategy and policy concerning intermodal transport.

de Langen and Sharypova (2013) propose two intermodal connectivity measures, whose objective is to quantify the transformations of the hinterland connectivity ports compared to the state of networks in a reference year. They focus on the intermodal container connectivity measures assessing the level of relationship of deep-sea ports with inland intermodal terminals via barge and railway. The first measure is an indicator of intermodal connectivity of a specific port; it reflects the development of its barge and rail connection network. The second indicator of intermodal connectivity is defined for a group of ports and expresses the extension of the joint barge and rail networks. For a port with b weekly intermodal connections in the current year and b_R weekly intermodal connections in the reference year, the indicator of intermodal connectivity can be calculated as ratio $r_B=b/b_R$; in case the considered port did not have any intermodal connections ($b_R=0$) and has developed at least one intermodal connection in the current year ($b>0$), then, r_B is set equal to *1*. In case the port did not have any intermodal connections established in the reference year ($b_R=0$) and has not developed any intermodal connection in the current year ($b=0$), then r_B is set equal to *0*.

In another study, de Langen (2017) proposes to attribute a quality parameter to each link and to sum the link qualities for each destination. Components of link quality (between a port and an inland terminal) are:

- frequency of the link (higher frequency leads to higher link quality);
- capacity of the services (greater capacity leads to higher link quality);
- number of competing service providers (more providers lead to higher link quality);
- minimum number of intermediate stops (more intermediate stops lead to lower link quality);
- transit time (longer transit time leads to lower link quality);

Comparing hinterland connectivity across ports is not as useful as comparing maritime connectivity across ports because ports serve different hinterlands.

Arvis at al. (2019) divide indicators for performance evaluation related to port-hinterland connections into 5 clusters:

- hinterland volumes, or traffic volumes that the port exchanges with its hinterland;
- modal split which represents the percentage of traffic carried by / to the hinterland with the available transport modes (truck, rail, barge, intermodal transport);
- intermodal connectivity for assessing the efficiency and effectiveness of intermodal connections to / from the hinterland;
- infrastructure congestion to measure the congestion of the infrastructures facing the port and of connection with the hinterland, but also to estimate any queues at the terminal;
- corridor governance or presence of a management structure of the port-hinterland corridors at both local and international level.

Some studies offer a set of indicators to jointly evaluate intra-port and inter-port performance ([16]; [17]) confirming the importance of considering the port-hinterland system in a unitary way as the efficiency of the port is closely connected to the characteristics and efficiency of its reference hinterland.

Marlow and Casaca (2003) propose some indicators useful for the development of a lean port; within a lean port environment, any form of waste, defect or bottleneck can be easily identified due to the ability of using value stream mapping techniques. The implementation of *lean production theory* to ports will drive all the players that participate in the multimodal process performance to deliver high levels of operations effectiveness and efficiency. The study presents a framework for measuring the performance of a lean port by referring to commercial corridors (multimodal process) which starts in the port where the freights are delivered and end in a terminal located in the hinterland where they are stored. Specifically, sub-processes are identified and appropriate performance indicators are defined for each. According to the authors, the indicators must be able to measure the effectiveness and efficiency of ports and inland terminals, effectiveness and efficiency of sea and land transport, effectiveness of land infrastructure, compliance with international and national laws on interface operations, customer requirements, rules on multimodal transport. Based on the given targets, the resources like staff, information technologies, information systems, infrastructures, transport and auxiliary services, are defined. Three fields of performance indicators are identified on the basis of these resources: interface, transport modes, infrastructure.

L'IMT (Instituto Mexicano del Transporte; 2016) suggests a framework of indicators for port system based on an intermodal approach to the maritime-port logistics chain. The indicators are grouped into three operational segments: Ship-Port Interface, Port Operations Interface in Terminals, Port-Hinterland Interface. For each segment a set of indicators has been identified. In the Ship-Port Interface eight indicators: intensity of dock infrastructure use, dock loading/unloading productivity, dock occupancy rate in terms of loading/unloading productivity, liner shipping connectivity index, time at berth, ship operating time, port dues, capacity to accommodate ships. The indicators for the Port Operations Interface in Terminals are seven: intensity of port concessions use, availability of specialized terminals, intensity of terminal and port occupancy, dwell time of freights at port, inspections prior to customs, distribution of refrigerated cargo, empty container movements and the full/empty ratio. For the Port-Hinterland Interface five indicators: truck-turn time, intensity of infrastructure use for rail delivery/receipt, intensity of infrastructure use for truck delivery/receipt, efficiency of the port-hinterland connectivity, modal distribution of land transport systems.

3. Proposed methodology

There is a close relationship between the hinterland and the port system; in fact, the complexity of port activities (and in particular of land-side activities) is strictly connected to the geographical, infrastructural and organizational structure of the hinterland on which accessibility to and from the port depends. The port / hinterland interface must be managed efficiently and effectively also with the use of innovative technologies in order to minimize bottlenecks that can limit the regular flow of freights and information. It therefore becomes essential to have an organic and orderly set of indicators allowing dynamically to evaluate the performance of the whole port-hinterland system in a global and integrated approach.

The scheme in Figure 2 is derived by some studies Gattuso et alii ([18]; [19]) applied to the public transport context. It is proposed in order to define clearly a set of indicators useful to assess the performance of a complex port-hinterland system from the service provider point of view. Four groups of variables are identified: resources, used services, delivered services, planned services. The relationship between the measures grouped in the identified clusters allows to obtain the following 4 categories of indicators: efficiency (real and expected), effectiveness, utilization degree (real and expected), reliability. The scheme also shows three other classes of indicators called "qualification indicators" expressed as ration between service (or resources) with a specific quality and the total of the corresponding services (or resources). On the other hand, accessibility represents a tool capable of expressing the level of connectivity between the port system and the surrounding region; therefore it can be considered a synthetic indicator for the evaluation of the organization and connection of the complex port-hinterland system characterized by the combination of geographical elements and anthropic activities.

3.1. Port system performance

To assess the performance of the port system, in the service providers point of view, it is necessary to quantify three different aspects: system productivity; level of demand satisfaction; service reliability. The first aspect is evaluated by efficiency indicators (that describe relations among service outputs service and resources). The level of demand satisfaction is related to appropriate effectiveness indicators (in terms of ratio between utilized services and resources spent to realize the same services) and utilization degree indicators (in terms of ratio between provided service and utilized service). Finally, there are others indicators (obtained as ratio among provided and planned service) in order to evaluate the system reliability.

Resources can be differentiated in three categories: infrastructures, handling means and staff (Table 2).

Table 2. Resources measures

Category	Resource	Symbol	Unit of measure
Infrastructures	Terminal surface	S	[m^2]
	Yard surface	S_y	[m^2]
	Slots number	N_s	-
	Berths number	N_b	-
	Berth length	L_b	[m]
	Tracks number	N_t	-
	Track length	L_t	[m]
	Input/output road gates	G_r	-
Handling means	Quay cranes number	N_{qc}	-
	Yard means number (1)	N_{Ey}	-
Staff	Employees number	A	-
	Terminal operators number	I_T	-

(1) Yard equipment = straddle carrier, fork lift, reach stacker, multi-trailer, RTG

For a port container the typical cargo unit is the TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit); it is the standard measure of one reference container. Provided service can be measured in terms of: TEUs handling (N_{TEU}) among different terminal areas, number of called and worked ships in a reference period (N^{Ship}), length of ships moored at the quay (L_{tship}), number of trucks and trains charged/discharged in a reference period (N^{Truck}, N^{Train}); storage yard capacity ($C_{y\text{-}max}$), potentiality of rail/truck area (P_{Truck}, P_{Train}).

Utilized services represents the demand, the quantity of freight moved through the port and making use of provided services in a reference unit of time. They can be defined in terms of: number of cargo units (TEU) handled, number of cargo units handled by ship/truck/train ($N_{TEU}^{Ship}, N_{TEU}^{Truck}, N_{TEU}^{Train}$), number of cargo units allocated in the yard at the same time (D_{TEU}), number of ships called (*SHIP*), number of trucks and trains arrived (*TIR*, *TRAIN*).

Relating to the above-mentioned measures, it is possible to define the following categories of indicators:

- *efficiency*: provided services/resources;
- *effectiveness*: utilized services/resources;
- *utilization*: provided services/utilized services;
- *reliability*: provided services/planned services.

It is possible, consequently, to define a large set of performance indicators. In the table 3 some significant indicators are proposed for a container port.

In the user's perspective, the evaluation of a port's performance can be carried out by using the efficiency indicators described above, but also considering the port's service level in terms of crossing times and costs. In fact, the costs and times at the port node represent an important component of the total transport cost. These costs are dependent of the cargo moving length and significantly variable in relation to the modes of transport involved (sea-road, sea-railway) and any storage and handling carried out on goods in transit. Naturally the costs are reduced by improving the operation and efficiency of the port, therefore the indicators of efficiency and level of service are interrelated.

In the community vision, the indicators that express the efficiency and effectiveness of the port are very important; in fact they determine economic impacts on the territory and new scenarios of market structure.

Table 3. Typical performance indicators for container port

Type	Indicator	Definition	Unit of measure
Efficiency	Handling berth sea-side	N^{Ship}/N_b	vessels/berth
		L_{tship}/L_b*100	%
		N^{Ship}/N_{qc}	vessels/crane
		N^{Ship}/A	vessels/employee
	Handling berth land-side	N_{TEU}/L_b	handlings/berth m
		N_{TEU}/N_b	handlings/berth
		N_{TEU}/N_{qc}	handlings/crane
	Handling yard area	N_{TEU}/S_p	handlings/m^2
		N_{TEU}/N_S	handlings/slot
		N_{TEU}/A	handlings/employee
		N_{TEU}/N_{Ey}	handling/equipment
	Handling train-side area	N^{Train}/L_t	trains/berth m
		N^{Train}/N_t	trains/track
		N^{Train}/A	trains/employee
	Handling truck-side area	N^{Truck}/G_r	trucks/road gate
		N^{Truck}/A	trucks/employee
Effectiveness	Demand berth	TEU/L_b	TEUs/berth m
		TEU/N_b	TEUs/berth
		TEU/N_{qc}	TEUs/crane
	Demand yard	TEU/S_p	TEUs/m^2
		TEU/N_s	TEUs/slot
		TEU/N_{Ey}	TEUs/equipment
		TEU/A	TEUs/employee
	Demand train area	N_{TEU}^{Ship}/L_t	TEUs/berth m
		N_{TEU}^{Train}/N_t	TEUs/track
	Demand truck area	N_{TEU}^{Truck}/G_r	TEUs/road gate
Utilization degree	Yard utilization	$D_{TEU}/C_{y\text{-}max}*100$	%
	Truck area utilization	$TRUCK/P_{Truck}$*100	%
	Train area utilization	$TRAIN/P_{Train}$*100	%
Reliability (1)	Reliability of berth	N_{TEU}/N_{PTEU}*100	%
		N^{Ship}/N^{PShip}*100	%
	Reliability of truck area	N^{Truck}/N^{PTruck}*100	%
	Reliability of train area	N^{Train}/N^{PTrain}*100	%

(1) Np = number planned

3.2. Port accessibility

An inland freight center is fulfilling three main types of connectivity [15]:

- *gateway connectivity:* represents the array of transport infrastructure and logistics services that enable an inland center to be connected to a maritime trade gateway; this is the case of rail and river barge services; such connectivity has been actively pursued by ports that have developed hinterland accessibility strategies to expand their market and secure their traffic;
- *regional connectivity:* since an inland freight node is based on servicing its regional market and resources, the strengthening of its regional connectivity is a core economic development strategy; it involves road connectivity and logistics activities interacting between regional, national and

global supply chains; this connectivity embeds the inland center within its regional economic system;

- *land-bridge connectivity:* it is a form of connectivity involving long distance inland corridors and where the inland node acts as a connector between inland systems of circulation; this kind of long distance connectivity almost exclusively covers rail transportation.

The port-hinterland corridors can develop differently depending on the regional economic conditions and their intensity on the territory, on the importance of ports at regional level and on the characteristics of the freight corridors that guarantee the connection on a local, regional or national/transnational scale. Setting the attention on port-hinterland connectivity it should be noted that it involves many actors; beyond the private operators who provide transport and terminal services, several public actors are involved, such as customs, port authority, inspection services, infrastructure providers. Furthermore, port-hinterland connectivity does not only concern physical flows, but also information flows.

Accessibility indicators can be used to evaluate performance related to the connections between the port system and its hinterland. These indicators arise from the relationship between the service offered (land side) from the port system and the land use parameters (infrastructures, activities, etc.) of the hinterland.

The definitions of the accessibility term in the literature can be divided into four macro-groups in relation to the considered context: geographic, spatial, micro-economic interaction, space-temporal interaction.
Referring to the geographical context, accessibility is understood as a measure of the "ease" with which one site can be reached by another, measured as time or average travel cost. In a context of spatial interaction, accessibility can be used as a measure of the potential of social and economic interaction, function of the distribution of potential destinations, the ease of reaching each destination and the quality and character of the activities in each destination. At the micro-economic level, accessibility can be expressed in terms of social benefits associated with a specific territorial structure. On the time-space dimension, accessibility can be seen as the potential of interaction, taking into account the constraints (temporal, spatial, physiological, information) that can affect the choices of operators involved in the supply chain.

The conceptual differences emerging from the different accessibility definitions are reflected on the formulations that can refer to a single transport component, or to the land component such as the result of the spatial distribution of the different human activities, to join also the temporal distribution of land activities and gradually other constraints.

In the specialised literature related to the performance of a port-hinterland transport system, accessibility is rarely considered, but it represents a fundamental measure to express how much the port system is integrated in a territory and how much it is able to respond to the commercial needs of the territory. Accessibility measures express the relationship between the transport service offered and the port hinterland; three different types of indicators can be defined: land coverage; geographic accessibility.

In terms of land coverage, it is possible to express different topological indicators starting from the network graph. These indicators can be assessed at the node and at the network level.

Node-level indicators allow to evaluate the node connection degree; these indicators can be assessed considering the maritime connections (foreland) and the land connections (hinterland). It is possible to consider:

- Centrality Degree of a node, representing the number of direct connections starting from the node:

$$C_D(i) = \sum_j n_{ij} \quad (1)$$

where n_{ij} is the generic element of the adjacency matrix between nodes that is equal 1 if the nodes i and j are connected to each other by a link, 0 otherwise. the higher the value of this index, the more important a node is within a network since many connections converge on it.

- Eccentricity (or Koenig number) indicating the topological proximity of the network nodes; in the specific case of the port, the proximity of other significant inland terminals (hinterland) and / or ports (foreland):

$$E(i) = max_{j \in X} d_{ij} \quad (2)$$

with *i*, *j* nodes of the network, *X* set of nodes connected to *i*, d_{ij} topological distance between nodes *i* and *j*. Low values indicate a poorly connected network.

- Shimbel Index which represents a measure of the accessibility assessable as the sum of the length of all the shortest paths that connect the node to the other nodes of the graph:

$$SI_i = \sum_j dm_{ij} \quad (3)$$

with dm_{ij} minimum distance between nodes *i* and *j*.

- Betweenness Centrality (or shorter path betweennes) which represents the number of times a node is crossed by the shortest paths in the graph:

$$C_B(i) = \sum_{j>k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}} / \quad (4)$$

where g_{jk} is the number of shorter paths that connect the nodes *j* and *k*; $g_{jk}(i)$ is the number of times node *i* is crossed by these paths.

At network level, some reference accessibility indices are the following:

- Density of the network, as measure of the territorial extension of a transport network in terms of connections length (*L*) per land surface extension (*S*). The higher it is, the more a network is developed:

$$K = L/S \quad (5)$$

- Gamma Index, indicating the degree of connection of the network to which the port node belongs and assessable as a ratio between the number of effective connections and the number of possible connections on the reference network:

$$GI = \frac{N_C}{[3 \cdot (n-2)]} \quad (6)$$

N_C being the number of connections and *n* the number of nodes in the graph; low values of the index indicate that the network is poorly connected, while higher values suggest a densely connected network therefore favourable to the development of an integrated port-hinterland system.

- Clustering coefficient explains extent to which the network is centralized:

$$CC_i = \frac{N_{pc}(i)}{N_p(i)} \quad (7)$$

where $N_{pc}(i)$ is the number of pairs of neighbours of node *i* that are connected and $N_p(i)$ is the number of pairs of neighbours of node *i*. Lower values suggest the presence of hub-and-spoke structures; higher values suggest a more homogenous configuration.

- Average length of the shortest routes (or the average topological length) of all the shortest routes existing in the network:

$$L_G = \frac{\sum_{ij} d_{ij}}{[n \cdot (n-1)]} \quad (8)$$

with *n* is the number of nodes in the graph and d_{ij} the distance between nodes *i* e *j;* this measure allows to evaluate the ease of circulation in the network: lower values suggest less deviations and longer efficient routes.

The most known geographic accessibility indicators rely on the cost functions associated with a transport network. Given a land system, subdivided into *n* zones, and the relative road network, the matrix of minimum paths can be considered the starting point for accessibility measures. The rows of this matrix correspond to the set of origin nodes and the columns to the set of destination nodes; the matrix elements, expression of the impedance function c_{ij}, constitute the indices of relative accessibility, that is the measure of the cost to overcome the spatial separation between each pair of nodes *i* and *j* on the land:

$$a_{ij} = c_{ij} \quad (9)$$

where c_{ij} can indicate the distance or travel time or the transportation cost from the zone *i* to the zone *j*.

The sum of the elements of the *i* line of the minimum path matrix provides the value of nodal accessibility relative to the zone *i*. It constitutes the minimum total impedance for the movements from the zone *i* to all the other zones, i.e. the integral accessibility index referring to the zone *i*, which expresses the connection of the zone *i* with the surrounding land (zones *j*) :

$$A_i = \sum_i a_{ij} \quad j \in J \tag{10}$$

where *J* represents the set of the destination zones of the trips.

Other indicators for assessing accessibility on a geographical basis are the following two:

- geographic accessibility:

$$G = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} g_{ij} \tag{11}$$

- global standardised accessibility:

$$E = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \tag{12}$$

where *n* is the number of nodes in the reference land, g_{ij} is the distance of minimum path between *i* and *j*, t_{ij} is the travel time along the minimum path between *i* and *j*.

The accessibility indicators seen above are functions only of the travel cost variable. In reality, experience shows that other factors contribute to determining the possibility to travel from the *i* zone to the *j* zone; these factors are linked to the system of local activities such as population, job opportunities, accommodation, factors that can act in defining the impedance function. Beyond the different theoretical formulations [19], an aggregate measure can be summarized with a single formulation:

$$A_i = \sum_j K_j^{\beta} \cdot \phi(c_{ij}) \tag{13}$$

where:

- A_i is the weighted accessibility for people living in zone *i* related to the zones *j* in a given region;
- K_j is a measure of activities and services located in zone *j*;
- β is a calibration parameter;
- $\Phi(c_{ij})$ is an impedance function (table 4), usually decreasing with the cost c_{ij}, which over the years has assumed different expressions, depending on the authors ([20]; [21]; [22]).

Table 4. Impedance functions

Source	Expression	Variables
Hansen (1959)	$\phi(c_{ij}) = c_{ij}^{-\beta}$	c_{ij} distance between the zones *i* and *j*
Wilson (1967)	$\phi(c_{ij}) = exp\left[-\left(\beta_1 \cdot t_{ij} + \beta_2 \cdot c_{ij}\right)\right]$	t_{ij} time to reach the zone *j* starting from the zone *i* c_{ij} cost to reach the zone *j* starting from the zone *i* β_1 e β_2 parameters of the model
Ingram (1971)	$\phi(c_{ij}) = exp\left(-d_{ij} / \gamma\right)$	d_{ij} distance between the zones *i* and *j* γ parameter of the model

In all these expressions the problem is the attribution of values to the different parameters, because accessibility cannot be measured experimentally, i.e. the parameters cannot be calibrated on the basis of real observations.

4. A case study

The approach for the evaluation by indicators has been used to evaluate the performance of three container ports: Piraeus, Gioia Tauro and Valencia, located respectively in the East, Center and West of the Mediterranean Sea. In particular, the efficiency and effectiveness indicators referred to the port system (sea side and land side) were assessed and accessibility indicators able to express the relationship

between the ports and their reference foreland/hinterland. The data used for the assessments were taken from the statistics provided by the Port Authorities with reference to the year 2018 (table 5).

Table 5. Basic data (2018)

	Unit of measure	Gioia Tauro	Valencia	Piraeus
Yard surface (S_p)	m^2	1,600,000	996,000	72,400
Berth lenght(L_b)	m	3,395	4,210	2,480
Berth (N_b)	number	1	6	2
Railway track lenght (L_t)	m	3,825	1,705	290,4
Railway track (N_t)	number	4	4	1
Road gate (G_r)	number	1	18	2
Quay crane (N_{qc})	number	17	36	28
Yard equipment (N_{Ey})	number	130	335	92
Employee (A)	number	1,300	4,500	1,700
Terminal operator (I_T)	number	1	3	1
TEUs (N_{TEU})	number	2,328,218	5,182,665	4,440,000
Ships (N^{ship})	number	1,225	3,059	2775
Truck (N^{TIR})	number	31,667	n,a,	n,a,
Train (N^{train})	number	0	3626	988
TEUs handled by sea	number	2,253,723	2,826,222	4,364,912
TEUs handled by train	number	0	196,194	75,088
TEUs handled by road	number	74,495	2,160,249	600,000

Table 6 shows a set of efficiency and effectiveness indicators for the considered ports.

Table 6. Efficiency and effectiveness indicators

Type	Indicator	Unit of measure	Gioia T.	Valencia	Piraeus
Efficiency	Unitary movements on the quay - sea side	Ships/m	0.36	0.73	1.12
		Ships/crane	72	85	99
	Unitary movements on the quay – land side	Mov./m	686	1.231	1.790
		Mov./berth	2,328,218	863,778	2,220,000
		Mov./crane	136,954	143,963	158,571
	Unitary movements on the yard	Mov./m^2	1	5	61
		Mov. /equipment	17,909	15,471	48,261
	Unitary movements in intermodal area – (rail)	Trains/m	0	2	3
		Trains/track	0	907	988
		Trains/employee	0	1	1
	Unitary movements in intermodal area – (road)	Truck/road gate	31,667	0	0
		Truck/employee	24	0	0
Effectiveness	Unitary quay demand	TEUs/m	664	671	1.518
		TEUs/berth	2,253,723	471,037	1,882,456
		TEUs/crane	132,572	78,506	134,461
	Unitary yard demand	TEUs/m^2	1.41	2.84	52.00
		TEUs/equipment	17,336	8,436	40,923
	Unitary demand in train area	TEUs/m	0	115	259
		TEUs/track	0	49,049	75,088
	Unitary demand in truck area	TEUs/road gate	74,495	120,014	300,000

The results show that the most efficient port among those examined is the Greek port of Piraeus which in the reference year (2018) hosted 1.12 ships per linear meter of quay against 0.73 of the port of Valencia

and 0.36 of the port of Gioia Tauro. Each quay crane served 99 ships on average compared to 85 in Valencia and 72 in Gioia Tauro. In addition, 1,790 TEUs were handled per linear meter of quay (+ 45.4% compared to the port of Valencia and +160.9% compared to the port of Gioia Tauro) and each quay crane handled approximately 160,000 TEUs (+10.15% compared to Valencia and +15.8% compared to Gioia Tauro). Each yard means moved an average 48,261 TEUs (+ 211.9% compared to Valencia and +169.5% compared to Gioia Tauro). In addition, the railway gate of the Piraeus container terminal managed 3 trains per meter against the 2 in Valencia.

Also in terms of effectiveness, Piraeus' performances generally appear to be the best. The unit demand both on the sea side (quay) and on the land side (yard) is higher than the other two considered ports. On the sea side, in fact, 1,518 TEUs per meter of quay are handled almost double compared to the ports of Gioia Tauro and Valencia, while the number of TEUs moved by each quay crane is comparable to that of the Gioia Tauro port, but clearly higher than is registered for the port of Valencia. On the land side, the unit demand in the area is the highest with 52 TEUs/m^2 as well as the number of TEUs handled by each yard means.

The accessibility indicators were assessed both with reference to maritime connections (Foreland) and with reference to land connections (Hinterland). Table 7 shows some reference indicators that express the degree of connection between the foreland and the ports examined in the Mediterranean basin. All three ports have a Hub & Spoke kind network structure, Valencia appears slightly more connected on the network.

Table 7. Land covering indicators – Mediterranean Foreland (Year 2015)

	Gioia Tauro	Valencia	Piraeus
Centrality Degree	59	64	64
Betweenness centrality	1,482	1,769	1,650
Clustering coefficient	0.34	0.31	0.34

Source (Arvis et al., 2019)

To assess the connectivity between the port and its hinterland, some accessibility indicators have been calculated with reference to railway intermodality. In this case the comparison is limited to the ports of Valencia and Piraeus as no intermodal rail service is currently operating at the port of Gioia Tauro (tables 8 and 9).

Table 8. Land covering indicators– Hinterland (rail)

Indicator	Description	Valencia	Piraeus
Centrality Degree	Number of connected inland terminal	14	6
Eccentricity (Koenig number)	Maximum distance (km) of railway links	956	1747
Density of the network	Rail	0.0086	0.0044
Gamma Index	Rail	0.36	0.40
Average length of the shortest routes	Rail (km)	370.09	695.86

Table 9. Geographical accessibility indicators

Indicator	Unit of measure	Valencia	Piraeus
Integral accessibility index	days	5.33	16.09
Geographic accessibility	km	27.43	9.20
Global standardised accessibility	days	0.025	0.383

It can be observed that the connection between the port of Valencia and its hinterland (comparable with the Iberian peninsula) is better than between the port of Piraeus and its hinterland (comparable with the Balkan peninsula). The land covering indicators show in fact for the Valencia port a high degree of centrality of the node (it is connected to 14 railway centers distributed on the territory of the Iberian peninsula), a lower eccentricity, a density of network higher than that of Piraeus, even if the gamma index is slightly lower.

The geographical accessibility indicators for the port of Valencia are also clearly the best: the port can be reached from the hinterland centers in just 5,3 days against the 16 needed for the connection of Piraeus

with its hinterland. This difference (+11 days) is related both to the orographic characteristics of the territory of the Balkan peninsula and to the infrastructural characteristics of the railway network (in the Balkan area freight trains travel at a modest commercial speed, in the order of 20 km/h).

Conclusions

The paper proposes a procedure for performance evaluation and accessibility of a port-hinterland system from the service provider's point of view. The research provides a structured methodological approach for reading and interpreting the performance indicators (KPI) used in the sector literature. Specifically, a set of representative indicators was set up; they are useful for the overall assessment of a port-hinterland system and they are a reference for orienting the planning and programming of services. The attention was also focused on accessibility indicators, not usually considered in performance evaluations. This approach can be used for benchmarking analyses. The paper proposes an application example of the methodology with reference to three container ports: Piraeus, Gioia Tauro and Valencia. The future research will be oriented to the development of a global evaluation system able to simultaneously understand the point of view of the provider, the user and the community.

Pictures, images and figures

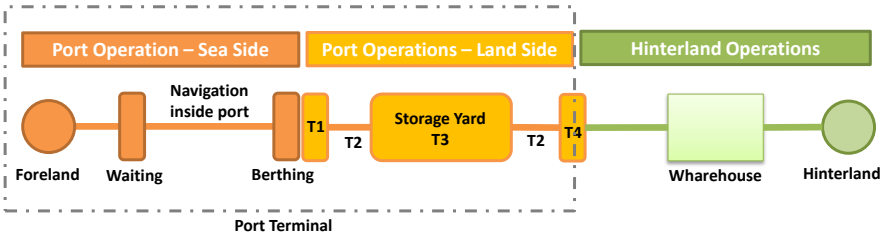


Figure 1: Port-hinterland performance continuous

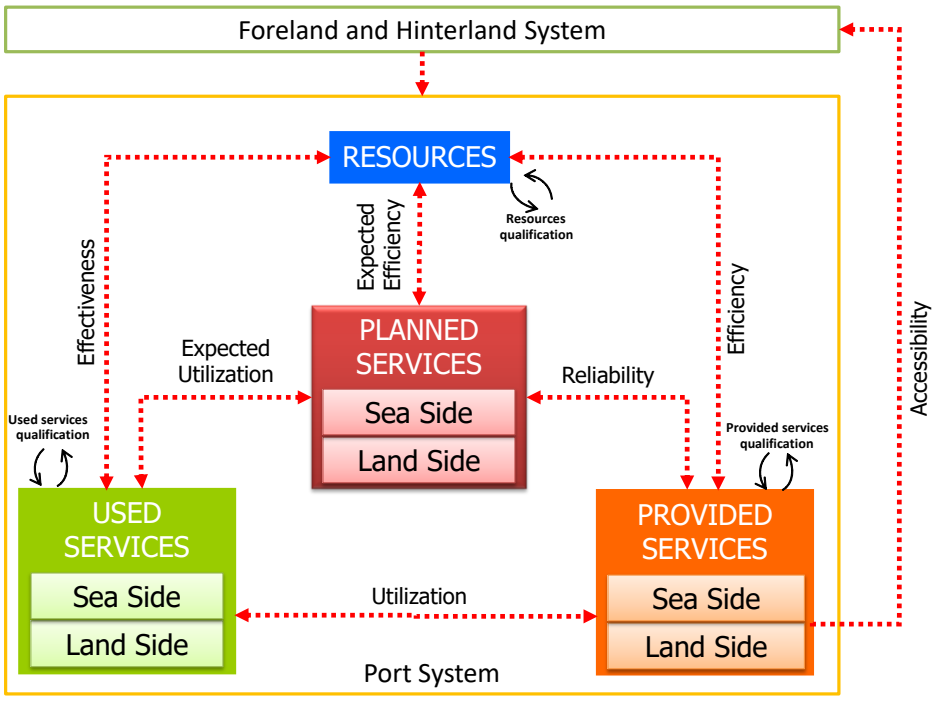


Figure 2: Scheme to evaluate performance of a port-hinterland integrated hub

References

[1] Horst, M. – De Langen, P. : Coordination in hinterland transport chains: a major challenge for seaport communities, Maritime Economic & Logistics, 2008, Vol.10. No.1-2. 108-129.
[2] Guthed, A. (eds.): Port Hinterland Connections, Licentiate thesis, Division of Logistics and Transportation, Chalmers University of Technology, Gothenburg, 2005.
[3] Notteboom, T. (eds.) The interdependence between liner shipping networks and intermodal networks. IAME, Panama City, Panama, 2002.
[4] Vanoutrive, T.: Automatically generated port hinterlands, ERSA 2011 CONGRESS, New Challenges for European Regions and Urban Areas in a Globalised World, Barcelona, 2011.
[5] CNR (1987). Manuale di progettazione degli interporti.
[6] www.unctad.org (2020.01.21).
[7] Chung, K.C.: Port Performance Indicators, Transportation, water and urban development department the world bank, Transport, 1993. No PS-6.
[8] Ashar, A.: Dispelling the Myths of Port Performance, Proc. of Terminal Operation Conference. Barcellona, 1997.
[9] OECD: Benchmarking Intermodal freight transport, 2002.
[10] Peris-Mora, E. – Diez Orejas, J.M. – AIba´n˜ez, S. – Alvarez P.: Development of a system of indicators for sustainable port management. Marine Pollution Bulletin, 2005, Vol.50. 1649-1660.
[11] Hui, F.K.P. – Aye, L. – Duffield, C.F.: Engaging Employees with Good Sustainability: Key Performance Indicators for Dry Ports. Sustainability, 2019, Vol.11 2967.
[12] IMONODE Project. Efficient Integration of cargo transport MOdes & NODEs in CADSES area. Deliverable 4: Draft final report, 2005.
[13] de Langen, P.W. –Sharypova, K.: Intermodal connectivity as a port performance indicator. Research in Transportation Business & Management, 2013, Vol.8 97-102.
[14] de Langen, P.W. – Figueroa, D.L. –Van Donselaar, K.H. –Bozuwa, J.: Intermodal Connectivity in Europe: An Empirical Exploration. Research in Transportation Business & Management, 2017, Vol.23 3-11.
[15] Arvis, J.F. – Vesin, V. – Carruthers, R. – Ducruet, C. – de Langen, P.: Maritime Networks, Port Efficiency, and Hinterland Connectivity in the Mediterranean. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2019.
[16] Marlow, P.B. – Casaca, A.C.P.: Measuring lean ports performance. International Journal of Transport Management, 2003, Vol.1 189–202.
[17] Instituto Mexicano del Transport (eds.): Port indicators system: methodology. Department of Transportation Integration Mexican Institute of Transport Secretariat of Communications and Transportation Sanfandila, Quintana Roo, 2016.
[18] Gattuso, D. – Cassone, G.C. – Ferraro, G.: Container Port Performance Indicators: a Methodological Approach. NAV 2009, 16th International Conference of Ship and Shipping Research, Messina, 2009. november 25-26.
[19] Gattuso, D. – Cassone, G.C. – Malara, M.: Performance Measures and Accessibility Analysis in Public Transport Networks. Conference on Transport Sciences “Challenges of the future: Alternative – Autonomous – Cooperative – Comparative mobility”. Gyor, 2019, March 21-22.
[20] Hansen, W.G.: How accessibility shapes land-use, Journal of the American Institute of Planners, 1959, Vol.25. No.2. 73-76.
[21] Wilson, A. G.: A statistical theory of spatial distribution models. Transportation Research, 1967, Vol.1 253-269.
[22] Ingram, D.R.: The concept of accessibility: A search for an operational form, Regional Studies, 1971, Vol.5. 101-107.

Problems in the design, modernization and maintenance of tram infrastructure in Poland

Mateusz Nowak-Gąsowski[1] – inż. Robert Ciesielski[2]

[1] **Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki**
telephone: 662 995 786
e-mail: matemaniak@interia.pl

[2] **Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki**
telephone: 664 329 452
e-mail: robob442@gmail.com

Abstract: The tram infrastructure as an example of a rail infrastructure, which in Poland is the responsibility of road construction engineers. In addition, the design of tram infrastructure takes place on the basis of old legal acts concerning it and a few new provisions in legal acts not directly taking into account the specifics of rail infrastructure design. Adding to this the law on public procurement causing the construction of many types of track structures on within one network, this results in a decrease in the tram's competitiveness in relation to buses or in general road transport and problems with proper maintenance.

Keywords: trams, infrastructure, rail structures, public transport

Introduction

The tram infrastructure as an example of a rail infrastructure, which in Poland is the responsibility of road construction engineers. In addition, the design of tram infrastructure takes place on the basis of old legal acts concerning it and a few new provisions in legal acts not directly taking into account the specifics of rail infrastructure design. Adding to this the law on public procurement causing the construction of many types of track structures on within one network, this results in a decrease in the tram's competitiveness in relation to buses or in general road transport and problems with proper maintenance.

1. Actual legal status- outdated regulations refers to outdated standards and approval of projects by road construction engineers.

The construction and design of tram lines in Poland is based on various legal applications, new entries in various legal acts, which are small, do not require the full specification of tram traffic. The changes are necessary to take into account on the invoice, as of the date of determining the rights to conclude transactions, they are subject to the decision on a definite replacement of tram rolling stock, changing social and urban conditions. Today, outdated law on the use of suboptimal decisions, and in extreme cases are one of the causes of accidents. Trams must be competitive with car traffic and must meet ever-increasing ecological requirements. It is necessary to apply measures leading to new connections, as well as system verification of compliance in terms of compliance with the tram route specifications.

Designing tram routes in Polish cities is currently available on the basis of basic obligations subject to the Construction Law:

- Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie z 1999r. (the technical conditions associated with the relevant public roads and their positioning of 1999),
- Wytycznych technicznych projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych z 1983r. (Technical guidelines for the construction and maintenance of tram tracks from 1983)
- Tymczasowych wytycznych do projektowania szybkiej komunikacji tramwajowej z 1981r. (Provisional guidelines for the use of fast tram communication from 1981)

To a wide extent subject to obligations under the Road Traffic Act as regards the technical specifications for traffic signals of 2003, as amended,

They are also technical conditions for tram and bus tracks from 1996, but they do not have one authorization in state law - these conditions supplement the guidelines without changes.

As presented in the above set, the latest legal act should be downloaded from 2003 (with an amendment to the transaction of tram traffic in 2015). It is worth mentioning that the issue of required signs and traffic lights should be taken into account on the same level of proximity for tram router.

The Ordinance of 1999 is written mainly for car traffic, the regulations regarding the construction of tram routes cover about 1% of the text of the current act. The problem is all related to the tram routes, omitting the characteristic for these routes.
Available rules for tram routes, which can be obtained from 1983, and very important to them for the fast tram of 1981. These guidelines were written 37 years ago, i.e. for trams in decommissioned traffic (tram life available for 25 - 30 years), in addition it was communist times, which was associated with limited (available financial) access to new technologies.

Actualities may be out of date for a variety of reasons, including:

- progressing, faster and faster replacement of rolling stock by Polish cities, resulting from the use of basic EU funds,
- new track construction technologies,
- new ecological requirements, including noise reduction,
- new social requirements, including those for people with disabilities,
- new urban requirements, including the use of tram transport services for cars.

2. Comparsion of trams and standard gauge rail construction standards.

2.1 Tracks structure

Trams – Grooved rail (types Ri59, 180 S) or Vignoles rail UIC 49E1 on concrete foundation or sleepers and gravel ballast. Maximum axle load ~100kN. Prefered contactell tracks.

Rail – (conventional structure- rail on sleepers and gravel ballast) – rail UIC 60E1, 49E1 or other types on concrete or wooden sleepers and gravel ballast. Maximum axle load 225kN. Prefered contactell tracks.

2.2 Switches and rail crossing

Trams – Made of grooved or Vignoles rails on sllepers as In item 1. Check rail made of grooved or Vignoles rails with switch motor usually controlled by a driver. Frogs equipped with grooved nominal depth of 10mm to driver the weel flange with PST rims or other types. The transition from a shallow groove to a rail of nominal depth occurs via a ramp with a minimum inclination of 1:100.

Rail – made of Vignoles rails, with switches equipped with setting devices, usually controlled from the control room. Construction and dimensions of the frog makes possible for the wheel to run over the rolling surface

2.3 Horizontal geometry - horizontal curves

Trams – normal radius of curves 25 to 35m, 50m, 75m, 100m, 150m, 200m, 300m and range. In addition, available grooved rails for R <150m.

Rail – normal radius of curves:

kategorie linii kolejowych	minimalny promień łuku w [m] w terenie:		
	nizinnym	podgórskim	górskim
magistralna	1400	1200	600
pierwszorzędna	1200	600	400
drugorzędna	600	400	300
znaczenia miejscowego	400	250	200

Table 1. Translation of table with minimal radius of curves.

category of railway line	minimal radius of curves by terrain profile		
	lowlands	submontane	mountain
main line	1400	1200	600
1st class line	1200	600	400
2nd class line	600	400	300
local line	400	250	200

2.4 Horizontal geometry - transition curves

Trams – In the track on the horizontal curve, crosslevel is used, on the trail for R <100m, transition curves are used in the form of arches with increasing radii or a 3-degree parabola.

Table 2. Translation of head table with minimal radius of transition curves.

minimal radius	radius of transition curves, value of angles and length of transition curves (by track axis)

promień zasadniczy R_z	promienie łuków przejściowych, wartości kątów i długości łuków przejściowych (po osi toru)	
R = 25 – 35 m	R_2 = 50 m; $\sphericalangle_2 = 6^\circ$; l_2 = 5,236 m	R_1 = 100 m; $\sphericalangle_1 = 3^\circ$; l_1 = 5,236 m
R = 50 m	---	R = 100 m; $\sphericalangle_1 = 3^\circ$; l = 5,236 m
R = 75 m	---	R = 150 m; $\sphericalangle_1 = 1{,}5^\circ$; l = 5,236 m

Rail – The length of the transition curve should be equal to the length of the crosslevel ramp, while ensuring that the increase in unbalanced lateral acceleration does not exceed the allowable values. It can be calculated from the formula:

$$\psi = \frac{a \cdot v}{3{,}6 \cdot l} \leq \psi_{dop}\ (0{,}15 \div 0{,}45\ \mathrm{m/s^3})$$

2.5 Maximum gradient

Trams – maximum line gradient - 20-50 ‰ (depending on the number of wagons with unsynchronized engines). The standard provides for running archanic trams with trailer wagons. For example in the Czech Republic 70‰ is allowed.

Rail – maximum line gradient - 25 ‰ (depends on the category of the railway line).

2.6 Gauge

Trams – 1435mm, 1000mm; in the past also 900mm and 1524mm

Rail –1435mm

2.7 Electric system

Trams – 600 V DC.

Rail (Polish State Railways)– 3000 V DC.

2.8 Traffic control and motion control system

Trams – signaling coupled to the street and driving in visibility, steering of switches - by a driver, trains and their control - at the end stops.

Rail – Line and station blockade (automatic, semi-automatic, etc.), traffic control and control from the control room and by traffic dispatchers.

2.9 Platforms

Trams – islets with a maximum height of 150 mm and a recommended length of up to 60 m (in Polish conditions).

Rail – platform height 550 mm (300 mm maximum use, maximum 960 mm), platform length min. 200 m.

3. Average speed as the main reason of the efficiency of the trams network.

The average speed is mainly affected by: the amount of infrastructure separated (from road traffic running the line next to the street or its center), the use of deep gauge turnouts - limiting the speed to 10-15km/h, eliminating car traffic from streets with a tram track, distance between stops etc. For example, a comparison of average line speeds on several tram networks in Poland:

3.1 Olsztyn

brand new tram network- opened in 2015
population: 173 thousand
network length: 11km
gauge: 1435mm

Figure 1. Map od Olsztyn tram network

line	line length [km]	travel time [min]	stops	distance between stops	average speed
1	6,8	20	13	523	20,4
2	7,4	21	14	529	21,1
3	5,4	14	11	491	23,1

Figure 2. information table about lines, own study

3.2 Elbląg

population: 173 thousand
network length - 16km
gauge: 1000mm

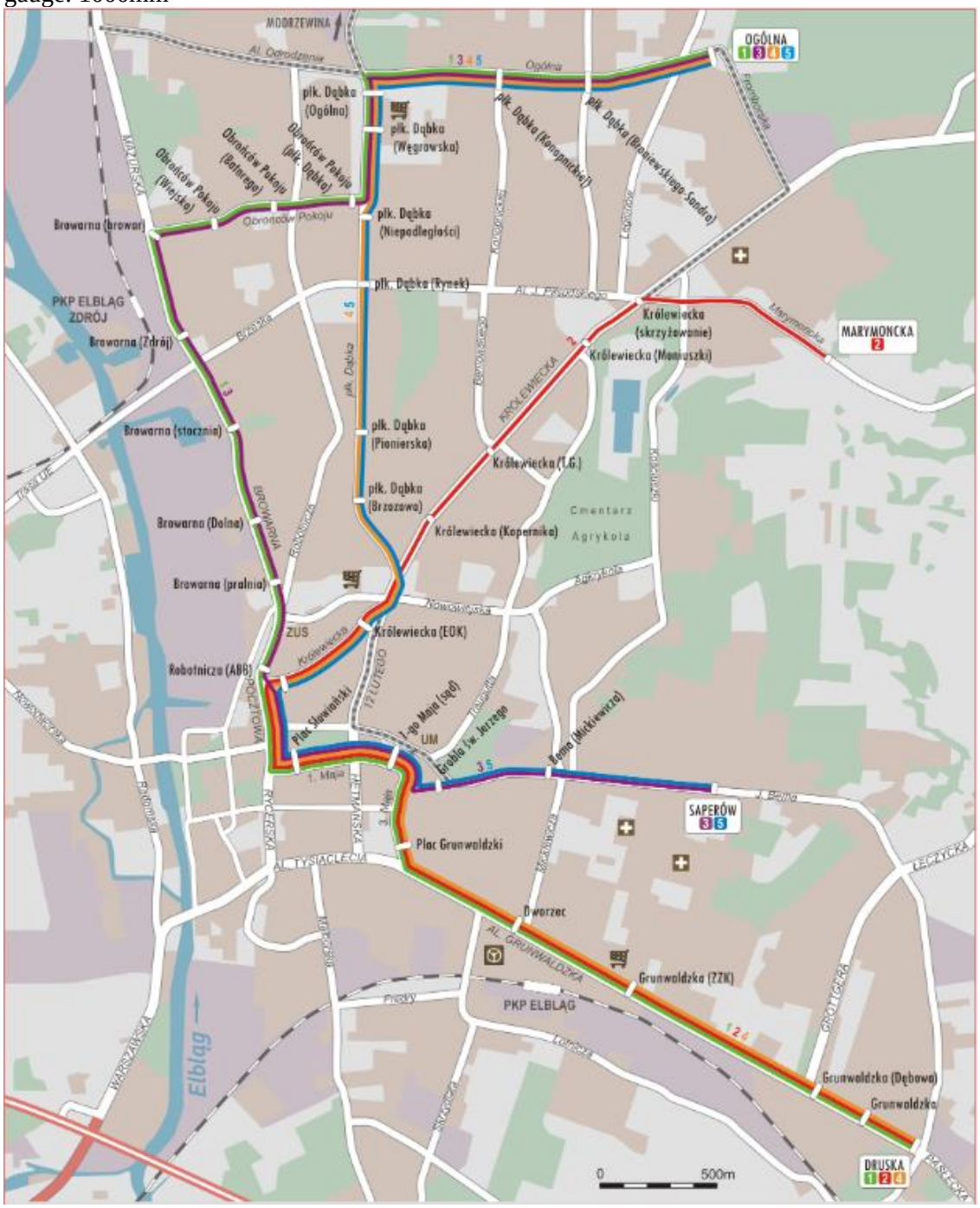


Figure 3. Map od Elbląg tram network

line	line length [km]	travel time [min]	stops	distance between stops	average speed
1	9,46	34	21	450	16,7
2	7,67	27	15	511	17,0
3	7,85	28	18	436	16,8
4	8,07	29	17	475	16,7
5	6,22	22	14	444	17,0

Figure 4. information table about lines, own study

3.3 Bydgoszcz

population: 350 thousand
network length - 41km
gauge: 1000mm

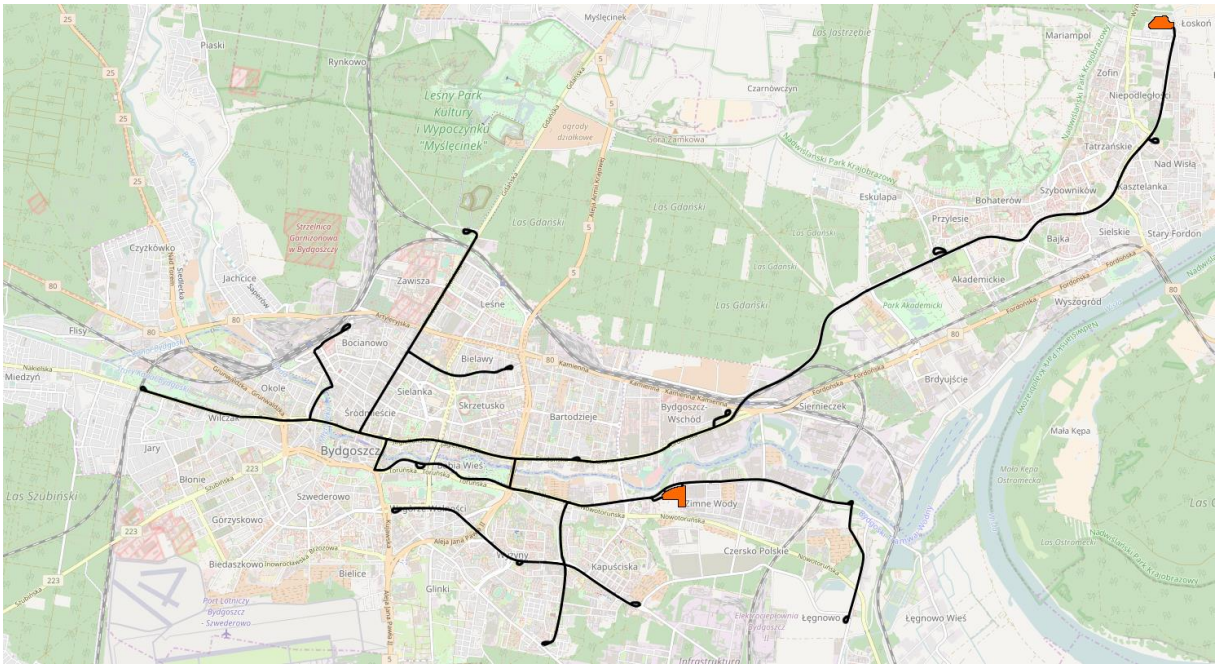


Figure 5. Map od Bydgoszcz tram network

line	line length [km]	travel time [min]	stops	distance between stops	average speed
1	6,7	23	17	394	17,5
2	10,4	35	22	473	17,8
3	18,3	45	30	610	24,4
4	8,6	31	18	478	16,6
5	18,2	43	28	650	25,4
6	12,45	38	26	479	19,7
7	14,4	36	21	686	24,0
8	8	29	17	471	16,6
9	7,6	24	17	447	19,0
10	17	42	27	630	24,3

Figure 6. information table about lines, own study

Lines 3; 5; 7; 10 use a new tram priority line- to the northeastern part of the city.

3.4 Szczecin

population: 402 thousand
network length - 64km
track gauge - 1435mm

Figure 7. Map od Szczecin tram network

Turkusowa is the end of Szczecin fast tram line.

Szczecin					
line	line length [km]	travel time [min]	stops	distance between stops	average speed
1	9,4	34	20	470	16,6
2	11,5	30	19	605	23,0
3	8,7	33	22	395	15,8
4	7,7	26	18	428	17,8
5	7,6	28	18	422	16,3
6	10,9	35	24	454	18,7
7	14,1	36	22	641	23,5
8	13	32	20	650	24,4
9	8,9	32	18	494	16,7
10	9,5	36	23	413	15,8
11	8,7	35	20	435	14,9
12	6,9	29	18	383	14,3

Figure 8. information table about lines, own study

Lines 2; 7; 8 used Fast tram Line.

3.5 Kraków (Cracow)

population: 775 thousand
network length - 97km
track gauge - 1435mm

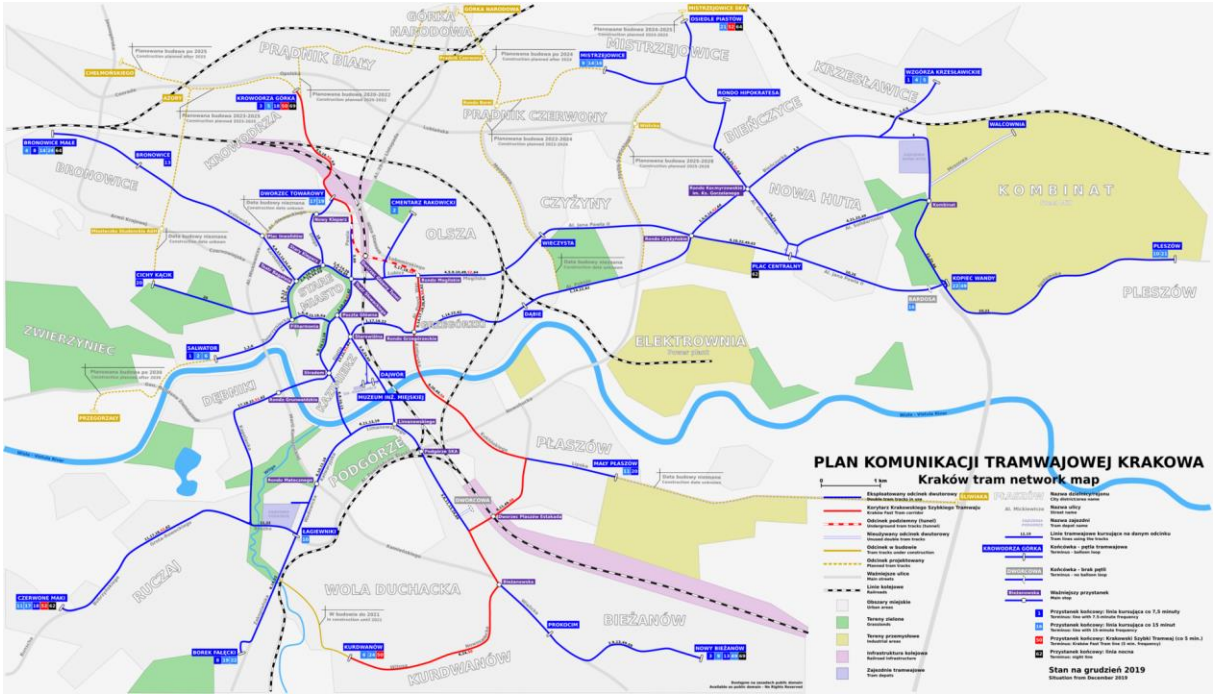


Figure 9. Map od Cracow tram network

line	line length [km]	travel time [min]	stops	distance between stops	average speed
1	13,1	43	29	452	18,3
2	4,9	17	12	408	17,3
3	12,3	38	24	513	19,4
4	17,6	54	32	550	19,6
5	12,9	35	23	561	22,1
6	10,8	32	22	491	20,3
8	11,6	30	22	527	23,2
9	19,1	55	35	546	20,8
10	20,6	59	36	572	20,9
11	12,4	37	24	517	20,1
13	14,6	49	31	471	17,9
14	15,4	55	36	428	16,8
16	7,1	22	16	444	19,4
17	10	40	24	417	15,0
18	12,2	42	26	469	17,4
19	8,8	35	19	463	15,1
20	9,8	30	20	490	19,6
21	11,9	30	19	626	23,8
22	18,7	59	31	603	19,0
24	12,4	45	28	443	16,5
50	12,8	33	23	557	23,3
52	17,9	58	34	526	18,5

Figure 10. information table about lines, own study

Lines of Cracov Fast Tram

Low average speeds of most lines, including 52 due to the large number of track intersections and the lack of separation of car and tram traffic in the center.

4. Needed space for infrastucture.

In Poland, the construction of tram loops still prevails, they are not very flexible, the lines cannot be extended directly from them, but above all the loops take up much more space than the end stations for two-way rolling stock. Below is an example of loops and stations that can take 4 30-meter trams. You can also make double-ended tips or even in the form of a single track.

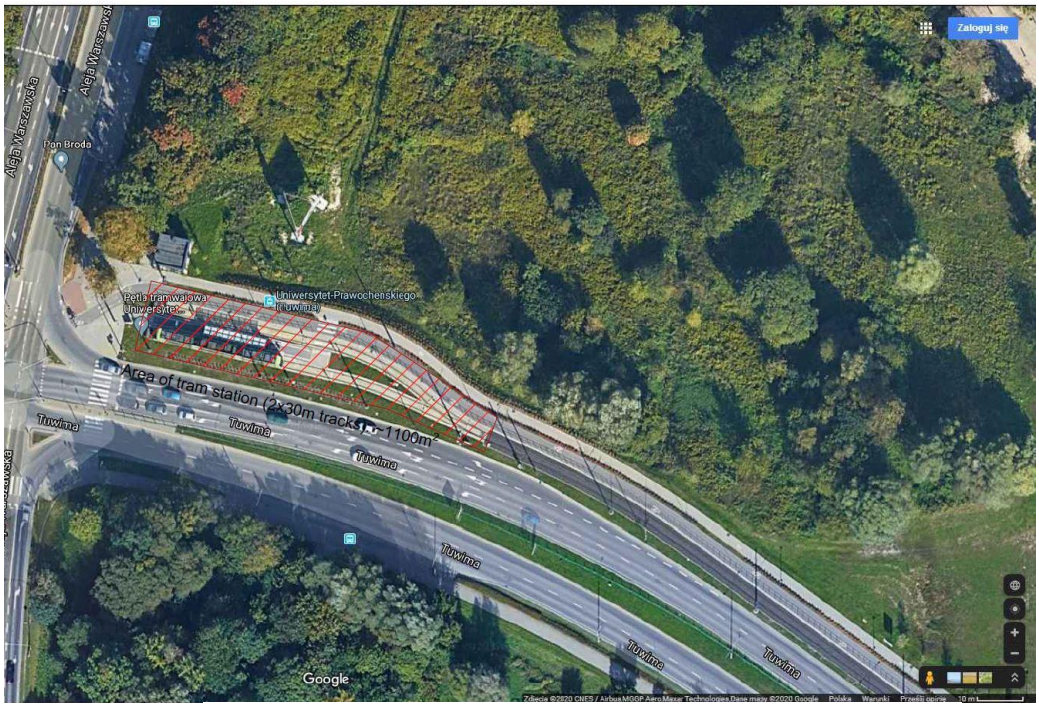


Figure 11. End of line with 2x30m tracks -1100m2- Olsztyn trams network.

Figure 12. One-track end- Olsztyn trams network

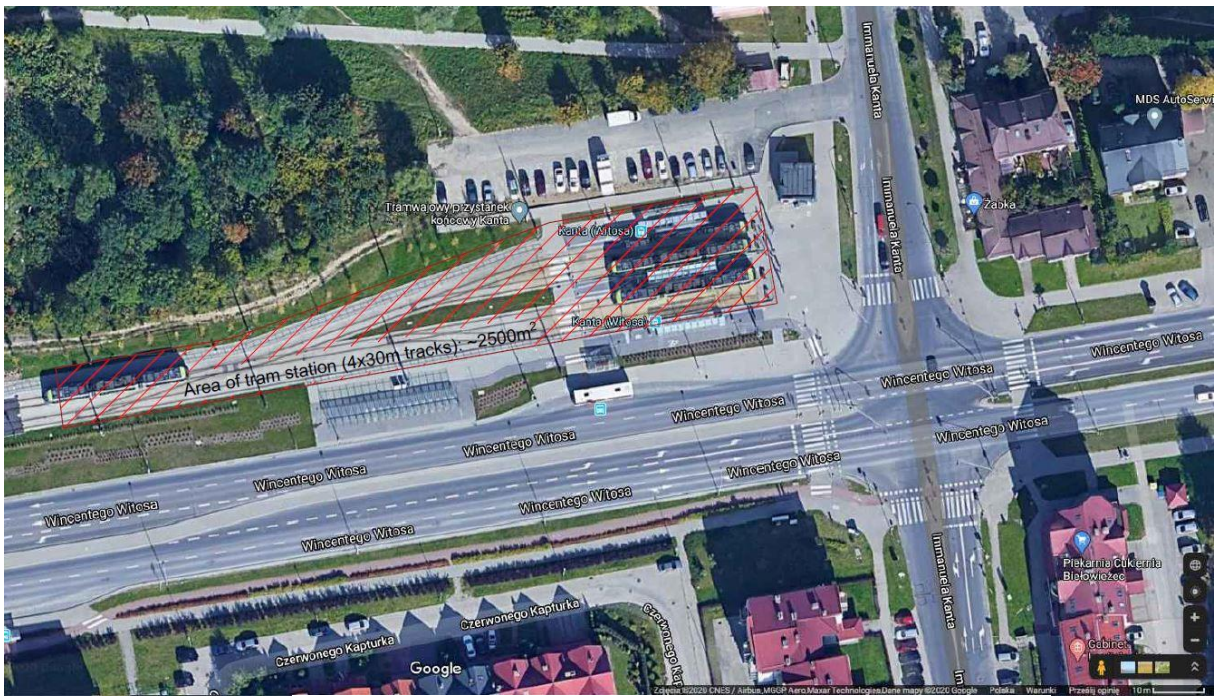


Figure 13. End of line with 4x30m tracks -2500m2- Olsztyn trams network.

Figure 14. Loop with 2x60m tracks -5000m2- Kraków trams network.

5. Types of rail structures, no typical structure in each network.

Fastenings of steel surface rail profiles to the foundation are closely related to the type of foundation: ballast or ballastless. The ballast structure consists of three main elements: steel surface (rails) laid on wooden, prestressed concrete or steel sleepers, laid on a layer of stone crushed stone (a typical solution in the railway industry). Spot fixing is used in the form of screws, washers, clamps or springs. The main advantage of this construction is the ease of construction and renovation, provided that no buildings made of road surfaces are used. The disadvantage is the need for periodic tamping of the gravel foundation, which deforms over time, and its contamination by soils with a smaller fraction worsens the mechanical

properties by reducing the friction between the gravel stones. The design principles of the ballast track structure describe in detail the railway instructions (Id), and the modification of these structures depends on the local urban conditions in which it is used.

In ballastless construction, the steel surface is attached to the concrete, reinforced concrete or steel foundation. This solution is more and more often used instead of ballast construction (the advantage is the reduction of operating expenses). A properly designed foundation, e.g. in the form of a concrete slab, is resistant to displacement, which means that the surface laid on it works for a long time (from several to several dozen years). The condition for such longevity is the correct design of the foundation, rail fastening and drainage. The foundation slab, concrete or reinforced concrete, is designed as an element on a flexible ground, loaded with combinations of forces from: rail vehicles via rails, motor vehicles, tram cranes (through track construction), thermal and technological loads. The next element is rail fastening. A distinction is made between point fastening (almost identical to that of ballast structure) and continuous. The use of point fastening of rails to the foundation makes sense in the absence of track construction or with easily removable construction (aggregate or grass), i.e. in a track separated from the roadway, this allows easy monitoring of the state of fastening and easy disassembly of the rails. In the case of using road construction with such fastening, replacement of rails is much more difficult and an easier solution is to remove the entire surface from the foundation. Continuous fastening of rails consists in placing the rail in the cover on three sides (under the rail foot and on the sides). The cover also acts as a vibro-isolator, reducing the impact on the environment due to the lack of connection between the rail and the foundation by means of materials with high elasticity (as it is the case when using point fastening). An intermediate solution is continuous elastic support of rails under the rail foot and point fastening. There are many solutions used to attach rails to a ballast foundation. Some of them are designed from the range available on the market, and some are ready typical products approved for marketing and use in conditions specified by the manufacturer. Ballast construction should be preceded by a detailed analysis taking into account all loads, drainage options and accessibility for inspection and repair (e.g. location of track in a road with high traffic). Lack of control in connection with even small damages may cause, under cover of the building layer, serious invisible destruction of the whole structure.

The following are several solutions for designing ballastless surfaces that should be used in Poland.

5.1 ERS - Embedded Rail System

The buffer rail system (ERS) is a rail fastening system in a ballastless surface structure that provides continuous rail support, elastic transmission of loads from rail vehicles and the damping of vibrations caused by their passage.
The ERS system in tram surfaces is a solution in which classic ballast surfaces are replaced by concrete constructions with separate longitudinal rail channels. The rails are fastened in rail channels with a sealing compound based on Edilon Corkelast® polyurethane resin, and the Edilon Resilient Strip rail pad provides continuous rail support. Due to the high adhesion of the sealing compound to concrete and steel, direct fixing of rails to the plate or steel structure is unnecessary.

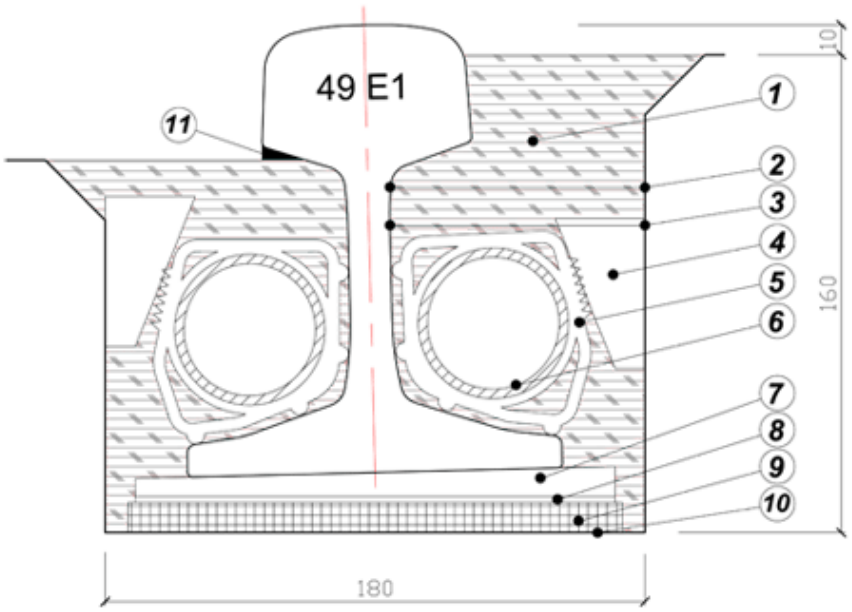


Figure 15. Example of tram ERS system

5.2 EBS - Embedded Block System

Rail block supports - the EBS system are a ballastless track structure system. They ensure elastic transfer of loads from rail vehicles and damping of vibrations caused by their passage. In this system, the rails are not attached to beam sleepers but to individual concrete support blocks built into prefabricated concrete or composite seats using Edilon Corkelast® elastic sealing compound. The two-component resin compound Edilon Corkelast® provides durable and resilient fixing of support blocks in the socket.

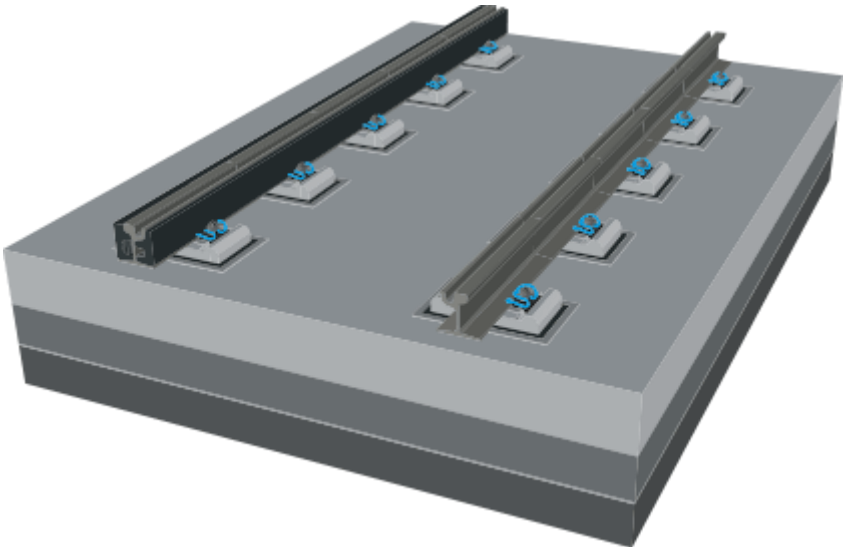


Figure 16. Example of tram EBS system- Tines EBS®

5.3 Vibration isolation STM track mats

Vibration isolation mats STM (Slab Track Mats) is a modern solution in the scope of reduction of dynamic interactions in the form of vibrations. They are used in ballastless constructions of rail surfaces, especially where special vibration isolation is required. They are laid under the concrete slab of the foundation in order to suppress vertical material vibrations (vibrations) and from the sides of this structure in order to suppress transverse vibrations transmitted from the track to the surroundings of the route. In addition, the mats are protected with an impermeable layer (e.g. foil) against poured concrete.
This product is also a good electrical insulator that provides the required rail-ground conductivity.

An important advantage of vibro-insulating mats is that the material from which they are produced is chemically neutral and shows constant parameters regardless of the temperature. Variable thickness and stiffness of mats allows their application in a wide range of loads and speeds of rail vehicles for various pavement structures.

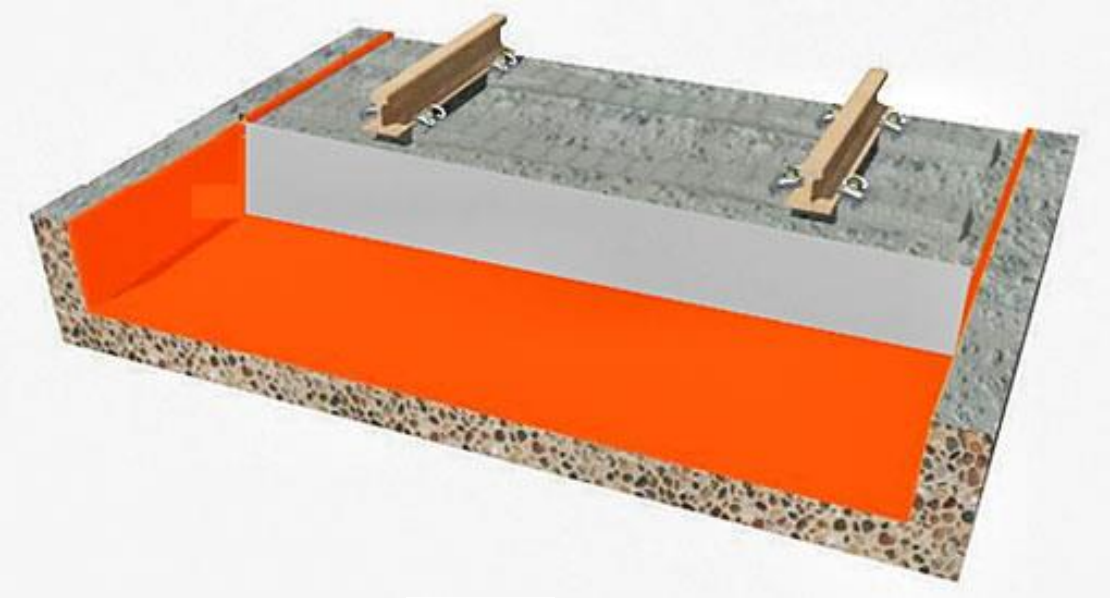


Figure 16. Example of Vibration isolation mats

6. Problems with maintenance.

- At the beginning, when writing about maintenance, it should be noted that in most cities, apart from Warsaw, there is a lack of funds for basic infrastructure maintenance. It takes place from major renovation to major renovation. These renovations are most often financed from EU funds.
- The rails are rarely grinding (even every few years), this does not make the tram traffic quiet. The worst is near Switches and small radius curves.
- With track separated from car traffic, the ERS system is often used at crossings, which prevents mechanical cleaning of the ballast.
- None of the standards mention the use of transition zones between ballast and other structures. Their construction is the good will of the infrastructure owner (city). Due to lack of funds, they are often not built. For this reason, the track before and after the passage collapses over a length of several meters, but due to the low axial pressure it is a slow process.

Conclusions

Old standards do not adapt the infrastructure to modern needs. this can be seen in chapter 3. New networks and lines have average speeds in the range of 20-25km / h. Others below 20, because track geometry and applied switches do not allow the development of high speeds in city centers.

References

[1] Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie z 1999r.
[2] Wytycznych technicznych projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych z 1983r.
[3] Tymczasowych wytycznych do projektowania szybkiej komunikacji tramwajowej z 1981r.
[4] Igor Gisterek „ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA TRAMWAJOWYCH ROZJAZDÓW DUŻEJ PRĘDKOŚCI W WĘZŁACH SIECI WROCŁAWIA", ARCHIWUM INSTYTUTU INŻYNIERII LĄDOWEJ No. 25, 2017
[5] http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materialy_i_technologie,artykul,torowiska_tramwajowe___projektowanie_cz_ii,9537 (2020.01.21)
[6] Włodzimierz Czyczuła „Warunki techniczne jakim powinna odpowiadać infrastruktura kolejowa i tramwajowa ze względu na ruch pojazdów dwusystemowych" TTS Technika Transportu Szynowego 2020, Vol 1-2
[7] Jeremi Rychlewski , Bartosz Firlik , Wojciech Straszewski „WYTYCZNE PROJEKTOWANIA TORÓW TRAMWAJOWYCH A OBECNIE UŻYWANY TABOR TRAMWAJOWY"
[8] http://il.pw.edu.pl/~zuraw/pliki/Projektowanie%20linii%20kolejowych.pdf (2020.01.21)
[9] http://wektor.il.pw.edu.pl/~zuraw/pliki/Projektowanie%20linii%20tramwajowych.pdf (2020.01.21)
[10] https://pl.wikipedia.org/wiki/Tramwaje_w_Krakowie#Wykaz_linii (2020.02.01)
[11] https://pl.wikipedia.org/wiki/Tramwaje_w_Szczecinie (2020.02.01)
[12] https://pl.wikipedia.org/wiki/Tramwaje_w_Elblągu (2020.02.01)
[13] https://pl.wikipedia.org/wiki/Tramwaje_w_Bydgoszczy (2020.02.01)
[14] https://pl.wikipedia.org/wiki/Tramwaje_w_Olsztynie (2020.02.01)

Ride-sharing utazások elemzése tömegvonzási modellekkel

Nagy Simon[1] - Dr. Csiszár Csaba[2]

[1]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
telefon: +36 30 214 6773
e-mail: nagy.simon@mail.bme.hu

[2]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
telefon: +36 70 3360612
e-mail: csiszar.csaba@mail.bme.hu

Kivonat: A ride-sharing (utazásmegosztás) egy igényvezérelt és férőhely-megosztást alkalmazó mobilitási mód, melyet egyre nagyobb számban, jellemzően nagyobb távolságokra használnak. Az utazásokat a Newton-féle gravitációs törvényen alapuló, tömegvonzási modellel elemeztük. A bevezetett függvénykapcsolatban (modellben) három új paraméter szerepel a települések, a közúti kapcsolatok, valamint az alternatív eljutási lehetőségek jellemzői szerint. A kialakított modellt magyarországi relációkra alkalmaztuk. Az alkalmazáson keresztül feltártuk a jellemző használati távolságtípusokat és a fő motivációs tényezőket. A modell gyakorlati alkalmazásával területértékelési módszerek alapozhatók meg, a megosztott mobilitási szolgáltatások pozicionálhatók, és feltárhatók az infrastrukturális és szolgáltatásfejlesztési lehetőségek.

Kulcsszavak: utazásmegosztás, tömegvonzási modell, elemzés

Bevezetés

A közúti közlekedés miatt fellépő externáliák (pl. légszennyezés, torlódások, parkolási nehézségek, stb.) egyre jelentősebbek. Az egyik megoldási lehetőségaz ún. ride-sharing (utazásmegosztás), ami egy igényvezérelt, férőhelymegosztáson alapuló mobilitási mód. Egy informatikai rendszer kezeli a beérkező ajánlatokat (melyeket a „sofőrök" jeleznek), valamint az igényeket (melyeket az utasok jeleznek). Az azonos úticéllal rendelkező utazók egy járműbe „terelése" számos, környezeti és társadalmi előnnyel jár. A kutatás során kialakítottunk egy, Newton gravitációs modelljére épülő függvénykapcsolatot, amit hazai utazási relációkra alkalmaztunk. Feltártuk a jellemző távolságtípusokat, valamint rámutattunk arra, hogy az alternatív mobilitási módok, a regionális tényezők és az utazói motivációs tényezők hogyan hatnak az utazások számára. A kialakított módszerrel az infrastrukturális és a vasúti szolgáltatások fejlesztésének a ride-sharingre gyakorolt hatásai elemezhetők. A módszer olyan hálózatokra alkalmazható, amelyek teljesítik a módszertan során kijelölt alapvető feltételeket.

1. Szakirodalmi áttekintés

Az okos városok (smart city) olyan városok, melyek mindennapi problémák megoldására infokommunikációs technológiákat (ICT) alkalmaznak, céljuk a teljes fenntarthatóság elérése [1]-[2]. A koncepcióval gyakran összefüggésbe hozott kifejezések: felhasználóbarát, digitális, hálózati, igényvezérelt, előrelátó, proaktív. A stratégiai tervezés fontossága, a célok kijelölése és a lakossággal való együttműködés szintén jellemzői a koncepciónak. Az okos városok komplex rendszerek. Egyik részrendszerük a smart mobilitás, mely számos eszközzel és alkalmazási területtel rendelkezik. Egyik alkalmazási területe a megosztott mobilitás. Jelen kutatásban az utazásmegosztási szolgáltatások elemzésével foglalkozunk. Az utazásmegosztás egy férőhelymegosztáson alapuló, korszerű mobilitási mód. Az utazásmegosztási szolgáltatásokat számos szempont szerint elemezték, pl. utazói motiváció, környezeti fenntarthatóság, menedzsment jellemzők vagy a rendszer dinamikus-statikus jellege [3]-[7]. A ride-sharing utazásokat a relációk típusa szerint, infrastrukturális tényezőkkel való összefüggésben azonban még nem vizsgálták. Ennek elemzésén keresztül feltárhatók a jellemző motivációs tényezők, valamint a paraméterekben megjelenített befolyásoló tényezők (pl. alternatív eljutás).

A közlekedésmérnöki gyakorlatban a forgalomszétosztási modelleknek számos alkalmazási területe van [8]-[9]. A ride-sharing utazások elemzésére, a Newton-féle törvény alapján létrehoztunk egy modellt, mely segítségével feltárhatók a jellemző távolságtípusok, motivációs tényezők, valamint a paramétereken

keresztül integrálhatók a regionális hatások és az alternatívaként megjelenő mobilitási szolgáltatások. A paraméterek értékkészletének és a modellen belüli szerepének a megállapítása volt a kutatás legfontosabb feladata.

2. Módszertan

A kutatás során a Newton-féle gravitációs törvényből indultunk ki, melyet Sir Isaac Newton 1686-ban közölt a Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica c. művében. A modell az (1) szerint:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \tag{1}$$

ahol: F két objektum között ható gravitációs erő nagysága,

G a gravitációs konstans,

m_k a vizsgált objektum,

r pedig a két objektum középpontjai közötti távolság.

A gravitációs modellt a (2) szerint módosítottuk. A módosítással három új paraméter került a modellbe. Ezek megjelenítik: a felsőoktatásban hallgatókat, akik potenciális felhasználói az utazásmegosztásnak, az alternatív szolgáltatást, melyen keresztül a ride-sharing kontextusba helyezhető, hatása vizsgálható, valamint az útkategória, mely a ride-sharing közúti infrastruktúrával való összefüggését jelenti.

$$F' = G'\varepsilon(i)\varepsilon(j)R(i;j)\frac{M(i)M(j)}{\beta(i;j)r^2} \tag{2}$$

ahol: F' a számított ride-sharing utazások száma két település között,

G' módosított, kalibrálási céllal bevezetett állandó,

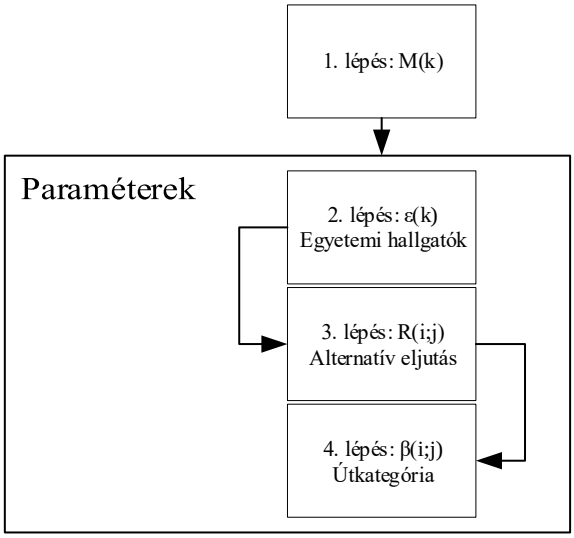
M egy adott településre jellemző tömegszám,

ε az egyetemi hallgatók aránya,

R az alternatív eljutási lehetőségek paramétere,

β pedig a közúti kapcsolatot leíró paraméter.

A modell kialakításának folyamatát az 1. ábrán szemléltetjük.



1. ábra: A modell kialakításának folyamata

Az 1. lépésben a településre vonatkozó tömeg jellegű tényezőt azonosítottuk. Ezzel a tényezővel az egyes települések „tömegét” írjuk le; számos jellemző magyarázó hatásának összesítése indokolt pl. lakosság, népsűrűség, gazdasági jellemzők, vállalati szektor nagysága stb. Ezeket mátrix formában jelenítjük meg, a (3) szerint:

$$\underline{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \tag{3}$$

ahol: $\underline{X}$ jelöli a tömeg jellegű tényezők standard mátrixát, x_{mn} pedig az m-edik településre vonatkozó n-edik tömeg jellegű tényező értékét. Ezek tényezőnként eltérő nagyságúak és eltérő mértékegységgel rendelkeznek. Az egyes tényezőkkel szemben igényként fogalmaztuk meg, hogy legyenek aggregálhatók, valamint mértékegységfüggetlenek. Ezért $\underline{X}$-on végrehajtottunk egy lineáris v transzformációt (4) megfelelően:

$$v_{ij} = \frac{x_{ij} - min\left(x_j\right)}{max\left(x_j\right) - min\left(x_j\right)} \tag{4}$$

ahol: v_{ij} jelöli egy tetszőleges i településre vonatkozó tetszőleges j tényező transzformált értékét, x_{ij} ugyanazon tényező standard értékét. A transzformációt minden értékre végrehajtva előállítottuk a tömeg jellegű tényezők $\underline{V}$ transzformált mátrixát (5).

$$\underline{V} = \begin{pmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{pmatrix} \tag{5}$$

ahol: v_{mn} jelöli az m-edik településre vonatkozó n-edik tömeg jellegű tényező transzformált értékét, valamint $0 \leq v_{mn} \leq 1$. Ezen transzformált értékek már mértékegységfüggetlenek és aggregálhatók. A k-adik településre vonatkozó tömegszámot $M(k)$ jelöli, a (6) szerint.

$$M(k) = \sum_{i=1}^{n} v_{ki} \tag{6}$$

ahol: $M(k)$ egy tetszőleges k településre jellemző tömegszám. Ezen tömegszám tehát $\underline{V}$ transzformált mátrix adott településre vonatkozó sorának összegeként adódik.

2.1 A paraméterek azonosítása és értelmezése

A kialakított modell három paramétert tartalmaz (1. táblázat).

1. táblázat: Az azonosított paraméterek

Paraméter neve	Képlet	Tényezők
1. Egyetemi hallgatók arányparamétere	$\varepsilon(k) = 1 + \frac{n_h}{x_{k;nép}}$ (7)	n_h a felsőoktatásban hallgatók száma $k$településen, $x_{k;nép}$ a k település népessége.
2. Alternatív eljutási lehetőségek paramétere	$R(i;j) = T_{max} \times \frac{1}{T_{ij}}$ (8)	T_{max} az elemzett hálózatban vagy részhálózatban megfigyelt maximális alternatív kapcsolatot; T_{ij}pedig $i$és $j$közötti alternatív kapcsolat.
3. Közút kategória szerinti paraméter	$\beta(i;j) = \sum_{i}^{n} b_i \left(\beta_1 v_i + \beta_2 K_i\right)$ (9)	$\beta_k; k = \{1;2;3\}$ a változókat súlyozó paraméter, v a megengedett legnagyobb sebességet, K a díjfizetési kötelezettséget leíró diszkrét változó.

Az 1. paraméter az egyetemi hallgatók arányparamétere. Az arányt azért növeltük eggyel, hogy a felsőoktatási hallgatók jelenléte az adott településen minden esetben növelje F' értékét. Az egyetemi hallgatók jellemzően a fiatalabb korosztályból kerülnek ki, nagy számban ingáznak lakóhelyük és az oktatási intézmény között, nyitottak új megoldásokra. Feltételezzük, hogy az egyetemi hallgatók arányának növekedése növeli az utazásszámnagyságát is.

A modell 2. paramétere az alternatív eljutási lehetőséget leíró $R(i;j)$ paraméter az i és j települések között. Alternatív eljutási lehetőségek a vasúti és volánbusz szolgáltatás vagy nagyobb távolságok vizsgálata esetén lési, esetleg vízi forgalom. A paraméter kialakításakor összesítettük az elemzett alternatív módokat, mely általános felírása n féle módra (8) szerint:

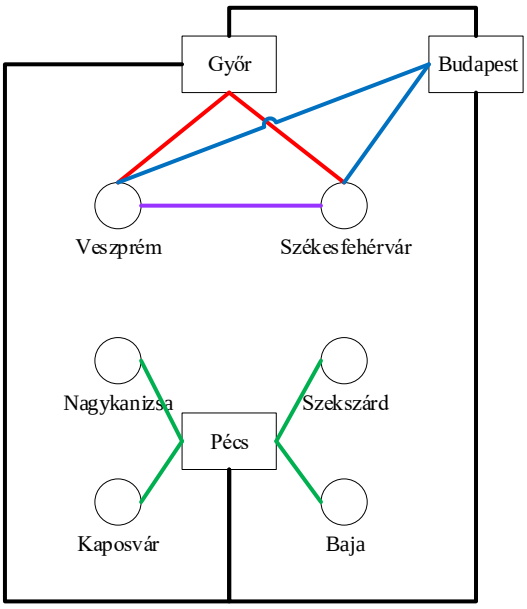
$$T_{ij} = \alpha_1 t_1 + \alpha_2 t_2 + \cdots + \alpha_n t_n \tag{10}$$

ahol: T_{ij} alternatív kapcsolati tényező összesíti i és j települések közötti alternatív eljutási lehetőségek számát és jellegét, $\alpha_k; k = \{1; 2; \dots; n\}$ paraméterrel súlyozhatók az egyes módok fontosság szerint, $t_k; k = \{1; 2; \dots; n\}$ pedig az utazások száma a k-ik eszközzel. A kapcsolati tényezőben jelenítjük meg a személyautóval, alternatív eszközhöz képest átlagosan megtakarítható időt is, mely hatással van az utazó módválasztására.

A modell 3. paramétere a közút kategóriáját leíró $\beta(i;j)$. A paraméter a megengedett sebességet és az útdíjakat képezi le. A β_k paraméterek kalibrálásakor célszerű figyelembe venni a hálózatspecifikus jellemzőket (pl. Magyarországon a megyematricák rendszerét).

3. A módszer alkalmazása

A módszert magyarországi utazások vizsgálatára alkalmaztuk. A teljes hálózat 9 települést és 12 relációt tartalmaz, amit három tipikus részhálózatra bontottunk. Az elemzés alapja az Oszkár Telekocsi által biztosított adatbázis volt, mely a szemléltetett relációkban 181 089 db utazást tartalmazott. A hálózatot, gráfként felírva az 2. ábrán szemléltetjük.



2. ábra: A vizsgált hálózat

A részhálózatok a következők:

- „A” részhálózat: Győr központtal; Győr, Veszprém és Székesfehérvár elemekkel (piros),
- „B” részhálózat: Budapest központtal; Budapest, Veszprém és Székesfehérvár elemekkel (kék),
- „C” részhálózat: Pécs központtal; Pécs, Kaposvár, Nagykanizsa, Szekszárd és Baja elemekkel (zöld).

A teljes hálózat központja Budapest, mely szocio-demográfiai, regionális és gazdasági mutatók szerint is kiemelkedik. Az egyes részhálózati központok közötti viszonylatokat fekete színnel jelöltük, ezek nem tagjai egyik részhálózatnak sem. Az „A” és „B” részhálózat közös éle a Veszprém-Székesfehérvár viszonylat (lila színnel). A vizsgált hálózatban tehát megjelennek egymástól független és átfedést tartalmazó részhálózatok is; ez az elemzési módszer általánosítását segíti. Magyarország földrajzi és regionális tudományok szerinti vizsgálatát áttekintve [10]-[11] beláttuk, hogy az elemzett komplex hálózat megjeleníti az országra jellemző fő tényezőket, mint:

- Budapest túlsúlya és regionális torzító hatása, mely országos szinten állandósult jellemző [12],
- nyugati, fejlett, kedvező földrajzi és közlekedési adottságokkal rendelkező régió, valamint
- kedvezőtlenebb földrajzi adottságokkal rendelkező, de megyei jogú városi integráló régió.

A következőkben az egyes paraméterek kalibrációját szemléltetjük. A kalibrációt kezdeti feltételezések mentén, a teljes abszolút hiba minimalizálásán keresztül végeztük el. Abszolút hibának tekintjük a modellel becsült- és az adatbázisban szereplő utazások különbségét, a (11) szerint; ezek összessége a hálózatra jelenti a teljes abszolút hibát ($e_{i;sum}$) (12).

$$e_i = |F'_i - U_i| \tag{11}$$

$$e_{i;sum} = \sum_{i=1}^{12} |F'_i - U_i| \tag{12}$$

Ahol: e_i jelöli az i relációra vonatkozó hibát, U_i pedig az utazások számát az adatbázis szerint. A kalibráció során feltártuk az egyes, módosított Newton modellben paramétereken keresztül megjelenő tényezők (alternatív mobilitási szolgáltatás, útkategória) hatását.

Az alternatív mobilitási szolgáltatás paraméterében két tényezőt jelenítettük meg. Az első az adott viszonylatban, munkanapon közlekedő, helyjegyes vasúti járatok napi száma; a második pedig a személyautóval elérhető időmegtakarítás a vasúthoz képest. A járatok helyjegyes jellege lényeges volt, hiszen ezek a jellemzően konzisztensen, a legrövidebb úton járnak, ami az egyes hálózati elemek összehasonlítását segíti. A járatok számát a MÁV-Start internetes útvonaltervezőjéből nyertük ki, míg az időmegtakarítást az menetrendi adatok és a személyautóval, az adatbázisból számított átlagos eljutási időadatok különbségeként állapítottuk meg. A paraméter tehát ebben a környezetben (13) szerint írható fel:

$$R(i;j) = T_{max} \times \frac{1}{\alpha_1 \cdot t_{járat} + \alpha_2 \cdot t_{időm}} \tag{13}$$

Ahol: α_1 és α_2a kalibrálandó paraméterek, $t_{járat}$ a napi járatszám, db-ban kifejezve, $t_{időm}$ pedig a megtakarítható idő, percben kifejezve. A paraméterek kalibrálása során meghatároztuk a legkisebb és legnagyobb t_i értékhez tartozó, $\alpha_i$paraméterértékek optimális (adatbázistól legkisebb eltérést mutató) nagyságát, valamint közelítettünk egy köztes $t_i; \alpha_i$-t. Ezután a három pontból meghatároztuk a paraméter függvényét; ebből pedig a többi, legkisebb abszolút hibát eredményező paraméterértéket. Az α_i értékek vonatkozó függvénye (14) – (15) szerint:

$$\alpha_1 = -0{,}0363 \cdot t_{járat}^2 + 1{,}235 \cdot t_{járat} - 8{,}168 \tag{14}$$

$$\alpha_2 = 3{,}343 \cdot 10^{-5} \cdot t_{időm}^2 - 0{,}0129 \cdot t_{időm} + 1{,}026 \tag{15}$$

A megállapított összefüggéskbe helyettesítve a relációban jelentkező járatszámot, illetve az elérhető időmegtakarítást számítható a paraméterérték.

A közútkategória szerinti $\beta(i;j)$ paraméter esetében először az egyes útkategóriák jellemzőit tártuk fel. A vizsgált hálózatban háromféle kategóriát különböztetünk meg, a 2. táblázat szerint.

2. táblázat: A hálózatban megkülönböztetett úttípusok

Leírás	v_i	K_i
Autópálya	130 (130 km/h)	2 (útdíj fizetés)
Főút, helyenként 4 sávval	100 (90 és 110 km/h között)	1 (ingyenes)
Országút	90 (90 km/h)	1 (ingyenes)

A táblázat a második oszlopban tartalmazza a maximális megengedett sebesség értéket, amit figyelembe vettünk (a zárójelben a valós megengedett sebesség szerepel). A harmadik oszlopban a díjfizetési kötelezettséget adtuk meg; 2-es értékkel a díjfizetést, 1-es értékkel pedig annak hiányát. Az útdíj bináris kódolása nem lehetséges, hiszen β_2 nem vehet fel 0 értéket. A több megyén áthaladás (több megyematrica) esetleges igényét K_i növelésével javasoljuk reprezentálni.

Az útdíj lényegében nem befolyásolja a ride-sharing utazások számát. Úgy találtuk, hogy β_2 optimális értéke 1-hez közelít. A maximális megengedett sebesség hatása már jelentősebb. A $\beta_1$értékeket kalibrálásánál szintén a hiba minimalizáló célt követtük. A maximális megengedett sebesség belső paraméterének minimális abszolút hibával járó függvénye a (16) szerint:

$$\beta_1 = 0{,}000495 \cdot v_i^2 - 0{,}093 v_i + 5{,}036 \tag{16}$$

A javasolt, kerekített értékkészleteket és magyarázatukat a 3. táblázatban összesítettük.

3. táblázat: A javasolt paraméterértékek

Paraméter	Értékkészlet	Magyarázat
Alternatív eljutás szerint: $R(i;j)$	$[4{,}7; 48]$	4,7-es értékkel jellemezhető a Budapest-Bécs vasútvonal; 48-as értékkel a Pécs környéki nagy kerülőutakkal és ritka menetrenddel közlekedő viszonylatok.
Közúttípus szerint: $\beta(i;j)$	$[61; 172]$	61-es értékkel jellemezhető egy autóút (90 km/h, ingyenes), míg 172-es értékkel egy autópálya (130 km/h, útdíj); a típusok kombinációi a paraméter képlete szerint írhatók fel.

A (14) – (16) összefüggések érzékenységének vizsgálatával feltárható a változók fontossága. Az ezeken belül végzett változtatások (pl. 1-1 új járat indítása, esetleg megálló kivétele-betétele, útépítés stb.) a 3. táblázat paramétereinek értékeire hatnak. Ezek a paraméterek a kialakított modellben természetesen változtatják F' értékét.

A tényezők befolyásoló erejét egy minta-reláción szemléltetjük: itt a végpont települések jellemzői hasonlók, az egyetemi hallgatók aránya 10%, a távolság 100 km, a közúti összeköttetés autóúton (90 km/h) valósul meg, a relációban napi 20 helyjegyes vasúti járat közlekedik. A személyautóval elérhető időmegtakarítás 15 perc. Elsőként az új járatok indításának hatását mutatjuk be. Ha 1 új járatot indítunk a mintarelációban, akkor a ride-sharing utazások száma 6,35%-kal csökken (vélhetően a vasutat választják).

A megtakarítható idő elemzésével szemléltethető a következő összefüggés. Ha korszerűbb vasúti járműveket szerzünk be és a megtakarítható idő 15 percről nullára csökken, akkor 24%-kal kevesebb ride-sharing utazás valósul meg. Így felmérhető, hogy hány fő utastöbbletre és ezzel bevételre számíthatunk a beruházás végrehajtásakor, kizárólag a ride-sharingből átvett utasokat tekintve.

Infrastrukturális beruházások hatásvizsgálatára a következő példát hozzuk. Ha a minta-relációban az autóutat négy sávossá alakítjuk, a megengedett sebességet pedig 100 km/h-ra emeljük, akkor hozzávetőlegesen 3%-kal magasabb lesz a ride-sharing utazások száma.

A vizsgált módszer, a hálózat jellegéből adódóan általánosítható Magyarországi viszonylatokra. Megtalálható benne egy óriási súlyú központi részhálózat (Budapest és környéke), egy fejlett közlekedésű és kedvező gazdaságföldrajzi adottságokkal rendelkező részhálózat (Győr és környéke), valamint egy kevésbé fejlett közlekedésű és gazdaságföldrajzi adottságú részhálózat (Pécs és környéke). Külföldi alkalmazáskor figyelembe veendők a regionális sajátosságok (pl. szocio-demográfiai jellemzők), a földrajzi (pl. közlekedési kapcsolatok, domborzat, országhatárok közelsége) és a gazdasági (pl. GDP, munkaerőpiaci helyzet) viszonyokat.

4. Konklúzió

Megállapítottuk, hogy a kialakított módosított Newton modell alkalmazható a ride-sharing utazások elemzésére. A változásának vizsgálatával értékeltünk vasúti járműveket érintő, valamint vasúti és közúti infrastrukturális beruházásokat. A paraméterek kialakítása és alkalmazása során általános megközelítést alkalmaztunk. A módszer másféle módok, kapcsolatok jellemzésére is használható. A vizsgált hálózat általánosítható, hasonló távolságtípusokban külföldi alkalmazást is lehetővé tesz. Megállapítottuk, hogy

- a kialakított modell kisebb távolságokban elsősorban eltérő tömegű végpontok között ad pontos eredményt; következtetésképpen a kiemelkedő (tömegű) részhálózati központok jelentősége altámasztható,
- nagyobb távolságokban elsősorban hasonló tömegű végpontok között használható; nagyvárosok közötti viszonylatokban tervezett beruházási döntések alátámasztására, hatásvizsgálatra alkalmazható,

- az teljes abszolút hiba minimalizálásával elérhető egy egész hálózatra értelmezhető pontosság,

A modell kialakítása közben, az abszolút hibák minimalizálása rávilágított a szubjektív utazói tényezők fontosságára. A kialakítás során feltártuk, hogy a szocio-demográfiai tényezők (az egyes települések „tömege") jelentős szerepet játszanak. Az alternatív eljutási lehetőségek és az útkategóriák mellett a szubjektív tényezőket is érdemes kiemelten kezelni, a legnagyobb részletességgel megismerni. Ezen tényezők részletes ismeretével a hibák magyarázhatók, a hibák vizsgálatával pedig alátámaszthatók az utazói szubjektív hatások.

EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén - A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP-MI/FM) tématerületi programja keretében.

Irodalomjegyzék

[1] T. Nam, T. Pardo. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In. ACM International Conference Proceeding Series (2011) pp. 282-291. doi:10.1145/2037556.2037602

[2] M. Höjer, J. Wangel. Smart Sustainable Cities: Definition and Challenges. In. Hilty, L., Aebischer, B. (eds) ICT Innovation for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 310. Spriner, pp. 333-349

[3] C. Stach. Saving time, money and the environment – *vHike* a dínamic ride sharing service for mobile devices. In. 2011 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops). pp. 352-355

[4] N. Agatz et al. Optimization for dynamic ride-sharing: A review. In. European Jornual of Operational Research 223 (2012) pp. 295-303

[5] B. Caulfield. Estimating the environmental benefits of ride-sharing: A case study of Dublin. In. Transportation Research Part D 14 (2009) pp. 527-531

[6] M. Stiglic et al. The benefits of meeting points in ride-sharing systems. In. Transportation Research Part B: Methodological 82 (2015) pp. 36-53

[7] Z. Yi, Y. Hong, Z. Zhang. Do Ride-Sharing Services Affect Traffic Congestion? An Empirical Study of Uber Entry. In. SSRN Electronic Jornual, 2016, pp. 1-29 doi:10.2139/ssrn.2838043

[8] S. Evans. A relationship between the gravity model for trip distribution and the transportation problem in linear programming. In. Transportation Research Vol.7 (1973), pp. 39-61 doi:10.1016/0041-1647873990005-1

[9] L. de Grange et al. Gravity model estimation with proxy variables and the impact of endogeneity on transportation planning. In. Transportation Research Part A: Policy and Practice 43 (2009) pp. 105-116 doi:10.1016/j.tra.2008.07.002

[10] Z. Kovács, Zs. Sági, Z. Dövényi. A gazdasági átalakulás földrajzi jellemzői a budapesti aggromelációban. In. Földrajzi Értesítő 2001, L. évf. 1-4. füzet, pp. 191-217 http://mtafki.hu/konyvtar/kiadv/FE2001/FE20011-4_191-217.pdf

[11] Gy. Csomós. A közép-európai régió nagyvárosainak gazdaságirányító szerepe. In. Tér és Társadalom, 25(3), 2011, pp. 129-140

[12] T. Fleischer. Budapest regionális szerepköre és az autópályák. In. Budapest – nemzetközi város. Magyarország az ezredfordulón. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 163-180 ISSN 963-508-077-8

Road Fatalities In Jordan: Trends, Prediction And Strategies

Khair Jadaan[1] - Haneen Tanash[2]- Tala Hmaid[3]- Aya Ibrahim[4] - Hala Ghnaimat[5]

[1]**Civil Engineering Department, University of Jordan**
telephone: +962796222868
e-mail: kjadaan@gmail.com

[2]**SETS International**
telephone: +962799968322
e-mail: haneen_gh92@yahoo.com

[3]**Al-Ihsan Trading Agencies Co.**
telephone: +962796247124
e-mail: tala.k.hmaid@gmail.com

[4]**Civil Engineering Department, University of Jordan**
telephone: +962796516691
e-mail: Aya199813@hotmail.com

[5]**Civil Engineering Department, University of Jordan**
telephone: +962798988239
e-mail: halaghnaimat@yahoo.com

Abstract: Road traffic accidents (RTA) and their resulting fatalities are a considerable concern especially in developing countries because of their significant social, economical and health impacts. Statistics show a relatively low level of traffic safety in Jordan compared to developed countries. The number of accidents has increased more than five-fold between 1995 and 2018. Despite its importance, limited work, only of aggregate nature, was carried out on accident predictions in Jordan. A more accurate estimates of accidents would enable a better selection of appropriate countermeasures.

This paper provides an overview of road safety on Jordan's road network. It reviews the efforts that were done for predicting RTA and their resulting fatalities then describes the development of a prediction model for estimating road fatalities in Jordan. Using the data provided by the Traffic Department for the number of fatalities and related factors for the period from 2004 to 2018, a new relationship is established between fatalities and a number of related factors in an attempt to improve the models' prediction power through adding new predictors. The results showed that the developed model can be used with confidence to predict road traffic fatalities under Jordanian conditions. The paper also reviews various potential countermeasures that are believed to combat the problem, and describes the details of a recommended National Road Safety strategy to improve traffic safety in Jordan.

Keywords: Accident Trends, fatalities, Prediction Models, Countermeasures, Strategies, Jordan

Introduction

Road Traffic Accidents (RTAs) represent a noticeable concern in both developed and developing countries due to its significant economic, social and environmental impacts.issues . According to the World Health Organization (WHO), RTAs caused an estimated 1.35 million deaths in 2018 which ranked them as the 8th leading cause of death accounting for about 2.2% of all deaths globally [1] .

Developed countries have considered road accidents as a preventable issue that could be prevented by precautionary countermeasures and accordingly applied various measures to lessen this issue (Jorgesen, 2002). In contrast, the problem of road accidents is much greater in developing countries; There has been no reductions in the number of RTAs observed in any of developing country [1] due to not adopting serious actions to enhance the level of traffic safety.

The level of traffic safety in Jordan falls well behind many countries [2] . The speed of economic development and population growth are expected to produce further increase in traffic volume and

consequently an increase in traffic accidents. During the last 15 years, traffic accidents increased from 70,266 accidents in 2004 to 150,398 accidents in 2018.

The magnitude of the problem, its rates of growth and the associated impacts are alarming, calling the need for a detailed analysis of the present and future evolution of the problem, its causes, costs and possible effective countermeasures in an attempt to improve road safety.

This study provides an overview of accidents trends and characteristics in Jordan in addition to their estimated cost. A modeling process is used to predict the future number of accidents and potential countermeasures are identified. A comprehensive national road safety strategy is developed to serve as a long-term remedy.

1. Trend analysis of the number and rates of accidents

The lack of reliable data constitutes a serious challenge to researchers in developing countries including Jordan. Trend analysis is one of the approaches used to forecast future events worldwide. This analysis based on assuming that the contributing factors will still be effective at the point of estimation and will stay valid, so that next events in the future can be easily expected by extrapolation. Nevertheless, this may be done with caution.

Two major factors that affect traffic accidents are Population and number of vehicles. Both factors showed consistent increase in Jordan over the years. The population has increased more than 93%between 2004 and 2018 from 5,350,000 to 10,309,000 During the same period the number of registered vehicles has increased by about 167% from 614,614 vehicles in 2004 to 1,637,981 vehicles in 2018. Many political events that took place in the Middle East region have significantly contributed to the population growth while the rising per capita income added to the reduced customs on imported cars and the inferior public transport service encourage private vehicle ownership. The growth in population, the number of registered vehicles and the vehicle ownership (vehicles/population) over the 15-year period between 2004 and 2018 are shown in Figure.1

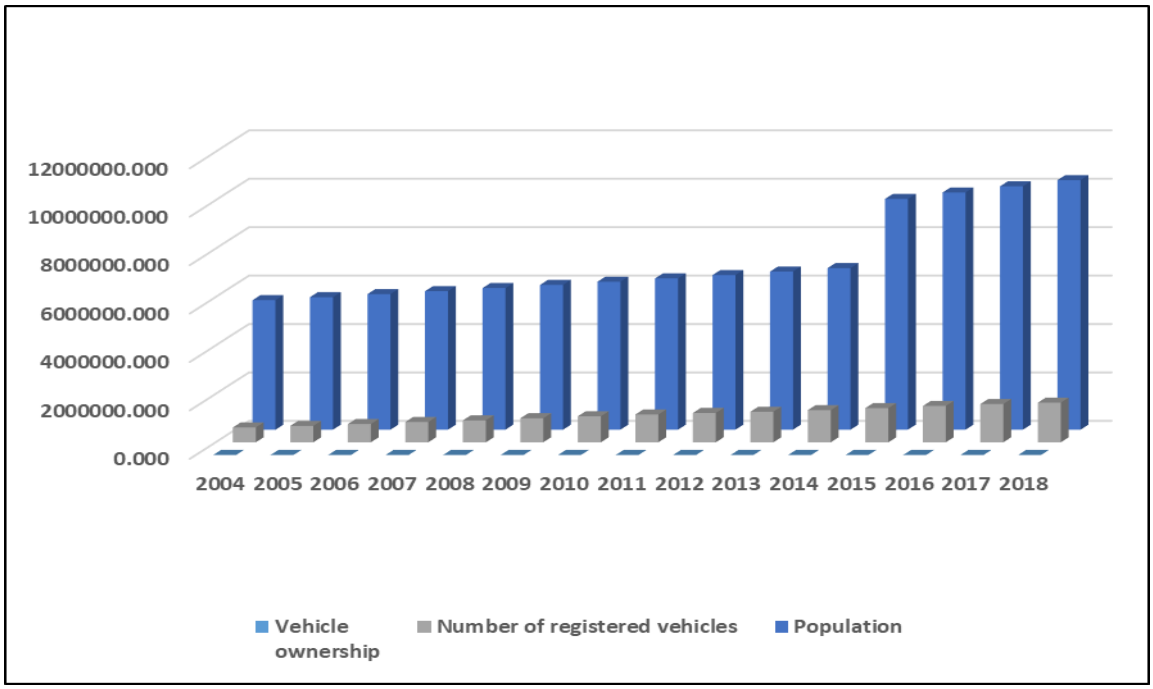


Figure 1. Growth in Population, Number of Registered Vehicles and Vehicle Ownership between 2004 and 2018.

Based on the available statistics, Jordan show a relatively low level of traffic safety where RTAs increased from 70266 in 2004 to 150398 in 2018 with an estimated cost of JOD 313 million. On the other hand, the resulting casualties (injuries and fatalities) have improved leading to a reduction in severity rates from 0.25 to 0.11 casualty/ accident during the same period. Figure 2 illustrates the changes in number of total accidents, injuries, and fatalities in Jordan during the period 2004-2018. The increasing trend in the number of accidents dictates the need to study and predict the changes of these parameters and their impact on traffic accidents in the future in order to help in taking the necessary actions and set strategies that would contribute improving traffic safety in Jordan.

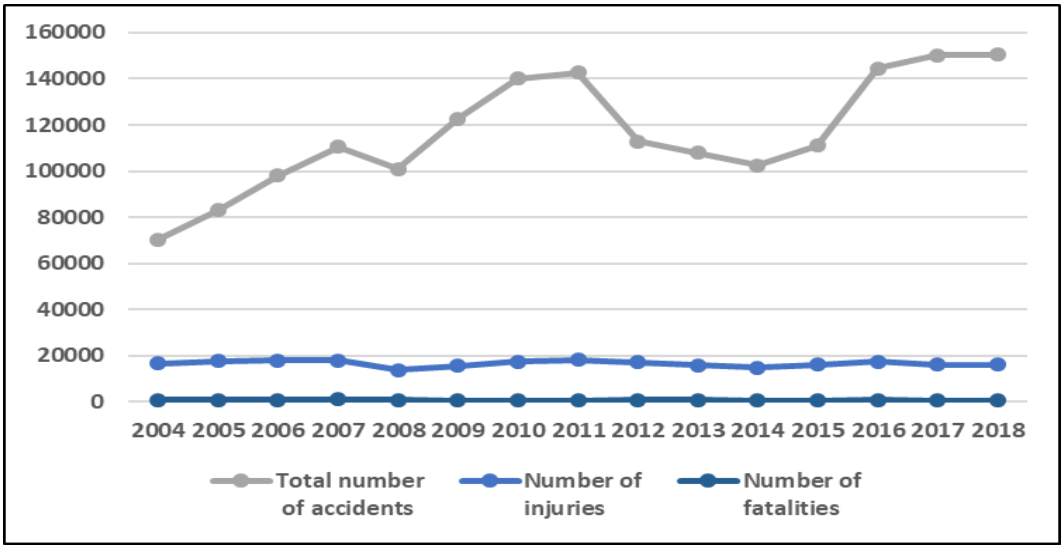


Figure 2. Trends of Total Accidents, Injuries and Fatalities

Many accident rates are used to compare the safety performance of different locations and to prioritize safety improvements. Three parameters, total number of fatalities , fatality rate per population and fatality rate per distance traveled, are considered particularly significant for comparative purposes and economic evaluation of projects. The other two parameter, fatality rate per vehicle and fatality index are commonly used to identify the seriousness of the road accident situation in one particular country .

Due to lack of data on vehicle usage in many developing countries, traffic safety is measured in fatalities per 100,000 vehicles whereas personal safety is measured in fatalities per 100,000 persons.

Table 1 shows the changes in injury and fatality rates during the period 2004-2018. During the 15-year period, there has been an increase of almost 38% percent in vehicle ownership accompanied by 30% percent reduction in fatality rate (per 10,000 vehicles).

Table 1. Trends of traffic accidents related statistics during the period (2004-2018)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Fatalities/ 1000 accidents	11.6	9.5	9.16	8.9	7.3	5.5	4.8	4.9	7.2	5.6	6.7	5.47	6.50	4.56	3.79
Injuries/1000 accidents	238	211.5	183.7	162.4	137.7	127.5	124.3	127.1	151.9	147.9	144.4	145.3	152.2	108.1	107.7
Fatality Index*	0.048	0.044	0.049	0.055	0.053	0.043	0.038	0.038	0.047	0.046	0.046	0.037	0.043	0.042	0.035
Fatality/10,000 vehicles	13.3	11.6	11.9	11.8	8.2	6.8	6.2	6	6.7	6.08	5.2	4.03	4.99	4.33	3.49
Injury /10,000 vehicle	272.1	258.6	238.5	213.4	153.6	157.1	161.8	158	141.2	126.2	111.1	114.2	116	102.6	98.9
Fatality/100,000 populations	15.3	14.4	16.1	17.3	12.6	11.3	11	11.1	12.8	11.67	10.31	6.38	7.65	6.81	5.54
Injury/100,000 populations	312.6	321.2	321.8	3141	237.8	261.9	284.7	290	268.4	244.3	221.5	169	177.9	161.6	157.1
Severity Rate**	0.24	0.21	0.183	0.162	0.137	0.127	0.124	0.127	0.151	0.148	0.144	0.145	0.152	0.108	0.107

*Fatality Index = No. of Fatalities/No. of Casualties

** Severity Index = No. of Casualties/No. of Accidents

2. Prediction of accidents

The importance of accident prediction arises from the frequency and severity of these accidents and the congestion associated with them especially on urban roads. In addition, accident prediction models(APMs) assist practitioners such as policy makers and road authorities to satisfactorily manage road safety. APMs are also used to define the relation between the safety level of current existing road networks and affecting variables which illustrate this level [3] .

Regression analysis is one of the most widely used methodologies for expressing the dependence of a response variable on several independent (predictor) variables APMs are basically regression equations in which the frequency of accidents or their severity represents the dependent variable and accident causes factors representing the independent variables [4 , 5] . APMs are also used to define the relation between the safety level of current existing road networks and affecting variables which illustrate this level. (Lakshmipriya, 2018).These models describe the relation between the safety level of existing roads (i.e. accidents, victims, injuries, fatalities etc.) and variables that explain this level (road length, width, traffic volume etc.) thus enables forecasting of future accidents and their consequences under specific road and traffic conditions. Mustafa [6] reported various researches that studied the prediction topic using regression approach. However, limited work has been carried out to build APMs for developing countries such as Al-Matawah, et al [7] who investigated the application of prediction techniques in Kuwait, Ibrahim [8] who developed regression model for accident prediction in Sudan, and Al- Sharari [9] developed APMs for Saudi Arabia using regression analysis .

In Jordan, limited work of aggregate nature was carried out on prediction of accidents. Al-Haj Yaseen [10] has developed accident prediction models for Amman to forecast road accidents. Jadaan, et al. [11] investigated the effect of population , number of registered vehicles , gross domestic product and length of paved roads on the number of accidents in Jordan. Abojaradeh [12] developed several APMs for Greater Amman Area.

A recent approach to analyze prediction of accidents is the artificial neural networks (ANN) which has been proposed and employed successfully by many scientists as an alternative to the conventional regression approach.

In Jordan, the application of ANNs is still very limited. Jadaan et al.[11] applied ANNs to produce an APM for Jordan by relating the number of accidents to the number of registered vehicles, length of paved road, population and gross domestic product. Many alternatives were developed and the best model of highest R2; was validated and found to produce good results under Jordanian traffic conditions thus can be used with confidence to predict future traffic accidents on the national road network.

As fatalities are fully reported and therefore confidently used, the following section describes the development of an APM for fatalities in Jordan using more recent and comprehensive data

3. Model Development

RTA and other related data including the variables population, registered vehicles and length of paved roads for the period 2004-2018) were obtained from the Jordanian Traffic Institute (JTI) and the Ministry of Public Works and Housing (MPWH). Table (2) shows the variables with their descriptive statistics. The Statistical Package for the Social Sciences software-SPSS IBM V.24 was used to formulate the APM.

Table 2.Descriptive Statistics of the Variables used in the Model

Variable	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Fatalities	15	571.0	992.0	744.3	109.1
Population (1000)	15	5350.0	10309.0	7041.5	1842.7
Number of registered vehicles	15	614614.0	1637981.0	1130712.4	328572.3
Total length of paved roads (km)	15	7038.0	7891.0	7466.9	252.3

A road Fatality Prediction Model was built to find the relationship between frequency of road fatalities and a number of contributing factors variables for Jordan by applying MLR model .In order to ensure that the developed model will provide valid outcome , normality of data distribution and Multicollinearity were tested.

Two descriptive indicators for the normality of data distribution were measured in this study ; Skewness and kurtosis . Their values are considered to be close to the normal distribution if it lays between (-3 and +3) for the skewness and kurtosis [13]. According to the Table (2) it can be concluded that the mentioned values suggest a data distribution close to the normal distribution .

One method of multicollinearity testing is the variance inflation factor (VIF) which used to determine If there is a significant relationship between predictors. VIF value of (10) or less express low Multicollinearity result [4] . The included values in the table(3) declares that the Multicollinearity among the predictors is considered to be minimized (low) as the greatest revealed value was assigned to the Number of registered vehicles (1.408) i.e that there are no independent variable correlated linearly to any other independent variable .

Table 3. Skewness ,Kurtosis and VIF values

Variables	Skewness	Kurtosis	VIF	tolerance
Fatalities (dependent)	.68	.67	-	-
Population / 1000	1.05	-.73	1.408	.710
Number of registered vehicles	-.028	-1.15	1.144	.874
Total length of paved roads (km)	.095	-.79	1.281	.780

Table 4 gives particulars of the developed model to predict the number of fatalities in Jordan with R^2 value of 71.1%. The detailed model coefficient are given in Table 5

Table 4. indicators of multiple linear regression model

Variables (predictors)	Regression indicators		
	r	R^2	Adjusted R^2
Population / 1000 Number of registered vehicles Total length of paved roads (km)	0.843	0.711	0.633

Table 5. model coefficients

Variables (predictors)	coefficients				
	Un Standardized B	Standardized β	t	Sig(t)	constant
Population	.033	.564	2.934	.014	22.268
Number of registered vehicles	.000144	.435	2.510	.029	
Total length of paved roads (km)	.043	.100	.547	.595	

The beta coefficient reflects the impact calculated value for each independent variable . The results reflect the simultaneous impact of all the mentioned predictors on the dependent variable. Inspecting the standardized values, obviously we can see that the population (per thousands) recorded the greatest impact value to the dependent variable (0.564) followed by the Number of registered vehicles (0.00144) ; this is due to the increasing of the interaction between vehicles on roads . However, the total length of

paved roads had recorded the least impact value to the dependent variable since its respective p-values are (0.100) >0.05. The model was found to have the following form

$$\mathbf{F = 22.268 + 0.033(P) + .000144(N) + 0.043(R)}$$

where:

F: Number of fatalities

P: Population

N: Number of registered vehicles

R: Total length of paved roads (km)

3.1 Model Validation (ANOVA Test)

Table 6 indicates the SPSS output of ANOVA analysis , f(3,11) =9.040 which is significant since P-value is less than 0.05 which means that the regression equation is significant at 95 % confidence limit in levels of variability within a regression model.

Table 6 . ANOVA, Multiple Linear Regression Analysis

Regression	**118506.295**	**3**	**39502.098**	**9.040**	**0.03**
Residual	48067038	11	4369.731		
Total	166573.333	14			

4. A RECOMMENDED NATIONAL ROAD SAFETY STRATEGY

Current traffic safety conditions are already extremely serious in Jordan and will undoubtedly worsen in the near future. A key problem is that the public and the officials do not perceive road accidents to be a top priority nor there is a little sustained pressure for corrective action. However, the problem is tractable and the toll could be greatly reduced if appropriate CMs are taken.

The recommended road safety strategy for Jordan would incorporate two phases:

1. As a short-term remedy, Identify the most effective and acceptable CMs as perceived by road users, implementing them, then monitor and evaluate their performance. These were found to include: Improving roads and road furniture, Provide pedestrian crossing facilities free of obstacles, introduce automatic jail sentences for drunk drivers, forbid truck and big-vehicle drivers from using middle and fast lanes without necessity, reduce all speed limits at night and in bad weather conditions [15]
2. Formulating a comprehensive strategy for long-term remedy.

In addition to the successful CMs suitable under Jordan driving conditions, there is an essential need to develop a National Road Safety Strategy (NRSS) in order to encompass the various negative impacts of road accidents in Jordan. The main purpose of this strategy is to design a coordinated approach which will cooperate in creating the most appropriate solutions for road safety problems.

The main targets of the strategy include:

- Improve the coordinatio and cooperation between all parties concerned with road safety.
- Establish a clear framework for developing and implementing traffic safety plans at both local and national levels to ensure that these plans are implemented correctly
- Determine priorities and target areas for road traffic safety programs to achieve the best results at the lowest costs.

- A periodically follow up and review of all the plans and targets in order to create appropriate set of guidelines for the situation as it develops.
- The creation of a descriptive database of all the existing programs freely accessible to any department or organization with an interest in road safety.

The targets of the strategy reflect the problem areas in road safety which must be addressed in the process to improve safety performance. The target areas include people, vehicles, roads, operators, and systems (emergency services and training). The suggested NRSS can be achieved successfully through sufficient allocated resources, and coordinated effort and commitment among safety professionals in engineering, education, enforcement, and public officials at both local and national levels.

Conclusions

Road traffic safety in Jordan is and continues to be a serious problem and is growing over the years. A statistical model that can be used for predicting the number of RTAs on Jordanian roads was developed using data for the period 2004 – 2014. The model is multiple linear regression and incorporates as independent variables the population(P), number of registered vehicles(N) , total length of paved roads(R).The model has the following form:

$$F = 22.268 + 0.033(P) + .000144(N) + 0.043(R)$$

The results of this study show that the level of road safety on Jordanian roads is low. However, the risk of traffic accidents can be reduced through applying adequate countermeasures acceptable to the road users. A preliminary NRSS is recommended to set out a path for national action on reducing RTAs on Jordanian roads. The strategy is derived mainly from the experience of other countries and incorporates two phases; short and long-term. The details of the strategy are described. The results of the study would help decision makers to take the necessary actions towards encompassing the problem.

References

[1] WHO, World Health Organization, Global Health Observatory (GHO) data. www.emro.who.int

[2] Jadaan, K., Gammoh, H. and Braizat, E. (2012). A Crash Prediction Model for Jordanian Roads. *Sudan Engineering Society Journal*, *58* (1), 1-11.

[3] Lakshmipriya, CP. (2018). Development of Crash Prediction Models for Uncontrolled Intersections. International Journal of Engineering Technology Science and Research, Volume 5, No. 5, 104-110.

[4] Greibe, P. (2003). Accident prediction models for urban roads. Accident Analysis & Prevention, 35(2), 273-285.

[5] KIM, S. H., CHUNG, S. B., SONG, K. H., & CHON, K. S. (2005). Development of an Accident Prediction Model using GLIM (Generalized Log-linear Model) and EB method: A case of Seoul. Journal of the Eastern Asia society for Transportation studies, 6, 3669-3682.

[6] Mustafa, R., " Road traffic Accidents : Prediction and Potential Countermeasures ", Graduation Project, University of Jordan, 2011.

[7] Al-Matawah, J., Jadaan, K., "Application of Prediction Techniques to Road Safety in Developing Countries", International Journal of Applied Science and Engineering, 2009, 7, 2: 169-175.

[8] Ibrahim, O. A , "An Econometric Model For Road Crashes in Khartoum State", PHD Thesis, faculty of economic and social studies, University of Khartoum , 2008.

[9] Al- Sharari, A. I. " Development of statistical Models for Traffic Safety in Saudi Arabia", M.Sc Thesis, faculty of Graduate Studies , University of Jordan , 2010

[10] Al-Haj Yaseen, W., " Road accidents prediction Models for Amman, Jordan", M.Sc. Thesis, faculty of Graduate Studies, university of Jordan, 2005

[11] Jadaan, K., Gammoh, H., and Al-Rafayia, S., " Artificial Neural Network Models Versus Regression Models in Predicting Traffic Accidents", International conference on Advanced Technology and Sciences , Antalya, August 2014.

[12] Abojaradeh, M., "Traffic Accidents Prediction Models to Improve Traffic Safety in Greater Amman Area", Civil and Environmental Research, 2013, Vol.3, No.2.

[13] Kline, R. B. (2005). Principles and practice of structural equation modelling. New York: The Guilford Press .366 PP.,S40.50paperback ,ISBN 978-1-57230-690-5 .

[14] Katz, M. H. (2011). Multivariable analysis: a practical guide for clinicians and public health researchers. Cambridge University Press, 2011

[15] Jadaan k,Al-Nahhas,a, Jbour N, Nashquai S, Ali M,Perceived Effectiveness of Jordanian Drivers Towards Traffic Accidents Countermeasures, International Conference on Transport Sciences Győr 2020, 26-27 March, Gyor , Hungary (accepted)

Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi utakon

S. Vígh Judit[1] - Józsa Bálint[2]

[1]FŐMTERV Mérnöki Tervező Zrt.
telefon: +36 20 5794342
e-mail: s.vigh.judit@fomterv.hu

[2]FŐMTERV Mérnöki Tervező Zrt.
telefon: +36 70 9493405
e-mail: jozsa.balint@fomterv.hu

Kivonat: A motorizációs fok növekedése maga után vonja a baleseti esetszámok növekedését, és a közúti kapacitás csökkenését. Célunk egy olyan tanulmány kidolgozása volt, mely átfogó képet ad arról, hogy a magyarországi autópályákon (M1, M3, M7) a forgalmi volumen, a kapacitás-kihasználtság és a baleseti esetszámok között milyen összefüggés található. Megállapításra került, hogy a 80% alatti kapacitás-kihasználtságú szakaszokon nincs korreláció az átlagsebességgel, azonban a 80% feletti kapacitás-kihasználtsági mutatóval rendelkező szakaszokon az átlagsebesség a kapacitás-kihasználtsággal fordított arányban hirtelen kezd el csökkeni. Továbbá megállapítást nyert az is, hogy a kapacitás-kihasználtság kiugró változása minden esetben arányosan hat a ráfutásos balesetek esetszámának változására. A vizsgálataink, és a nemzetközi szakirodalom alapján behatárolhatók az autópályákon azon szakaszok, ahol torlódásveszélyes állapotok alakulhatnak ki. Azon szakaszokon, ahol a kapacitás-kihasználtság 80% körüli érték felett ingadozik javasoljuk változtatható sebességjelzésű rendszer telepítésének részletesebb vizsgálatát. Tanulmányunkban bizonyítottuk, hogy a sebesség dinamikus szabályozásának alkalmazásával egyszerű módon lehet a kapacitást növelni, mely többletforgalom esetén segítheti a forgalom lefolyását és mérsékelheti a torlódás kialakulását. Gyorsforgalmi utakon ennek egyik kulcsa a dinamikus sebesség-szabályozás, fő – és belterületi utakon pedig a statikus sebesség-csökkentés.

Kulcsszavak: autópálya, baleseti-elemzés, sebességcsökkentés

Bevezetés

Célunk egy olyan tanulmány kidolgozása volt, mely átfogó képet ad arról, hogy a magyarországi autópályákon (M1, M3, M7) a forgalmi volumen, a kapacitás-kihasználtság és a baleseti esetszámok között található-e összefüggés, és amennyiben ezek realizálhatók, akkor milyen módon írhatók le. A vizsgált jellemzők közötti összefüggések alapján a tanulmány megállapításokat fogalmaz meg, hogy a lokálisan alkalmazott sebességcsökkentésnek milyen hatásai lehetnek a vizsgált mutatókra, esetszámokra.

1. Vizsgálati adatbázisok létrehozása

Vizsgálatunk elvégzéséhez a következő adatbázisok létrehozására volt szükség:

- baleseti adatbázis – WEB-BAL adatbázis alapján,
- forgalmi adatbázis – Magyar Közút Országos Közúti Adatbank (továbbiakban OKA) adatbázis alapján,
- átlagsebességek adatbázisa – Magyar Közút mérőállomásai alapján.

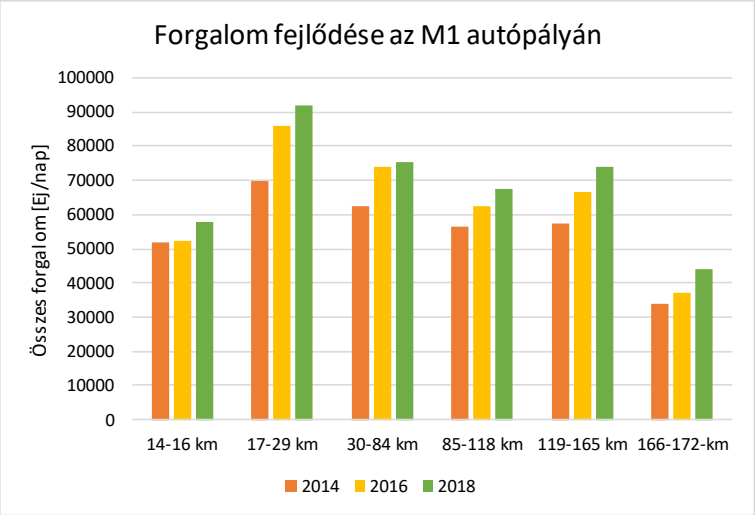
A **baleseti adatok** eléréséhez és elemzéséhez a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ által 2011-ben fejlesztett a WEB-BAL 1.7 elnevezésű programot használtuk, melyen keresztül a tárolt adatok számunkra is elérhetővé váltak. Az adatok a baleset helyszínén a helyszínelő rendőr által rögzített információkat tartalmazzák, melyet az Országos Rendőr-főkapitányság (továbbiakban ORFK) a baleset bekövetkezése után 48 órával, illetve 30 nappal ellenőriz, majd a Központi Statisztikai Hivatal (továbbiakban KSH) részére átad. Az alábbi elemzésekben a balesetek kimenetelét azok bekövetkezése után 30 nappal vizsgáltuk. A három vizsgált autópályaszakaszra a vizsgált időszakban összesen 1798 esetet vizsgáltunk. A baleseti adatok alapján a WEB-BAL adatbázisban rögzített adatokat tekintettük irányadónak, rendőrségi nyilvántartásba nem volt lehetőségünk betekinteni.

A **forgalmi adatokat** az OKA nyilvánosan elérhető adatbázisából gyűjtöttük össze. Az OKA adatbázisából a vizsgált autópályák teljes magyarországi szakaszára vonatkozóan (adott szelvényekben) keresztmetszeti forgalomnagyság és kapacitás adatok váltak elérhetővé.

A **sebességi adatbázis**t az „*M1-es autópálya 2x3 sávra bővítése Tatabánya-Újváros - Győr (M19) csomópontok között*” c. projekt keretében a Magyar Közút által a FŐMTERV Zrt. rendelkezésére bocsájtott 1004 sz. (M1 autópálya 62+322 szelvény) és 1107 sz. (M1 autópálya 84+200 szelvény) mérőállomás adatait felhasználva hoztuk létre.

2. M1 autópálya vizsgálata

Az M1 autópálya forgalmi paramétereit az alábbi diagramon szemléltetjük.



1. ábra: Forgalom fejlődése az M1 autópályán (2014 - 2018)

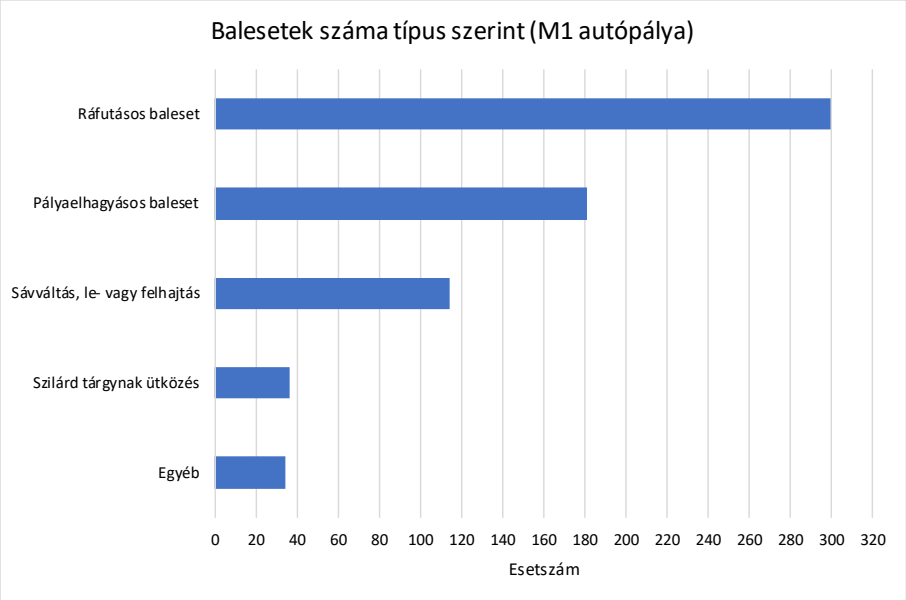
A fenti ábráról leolvasható, hogy a forgalomnagyság vertikális kiterjedése – Budapesttől az országhatárig – folyamatosan csökken, míg az időbeli kiterjedése – 2014-től 2018-ig – folyamatosan nő.

Az M1 autópálya baleseti esetszámainak alakulását a következő diagram szemlélteti.

2. ábra: A balesetek száma évenkénti bontásban az M1 autópályán (2014 - 2018)

Az M1 autópályán a vizsgált időszakban 665 db baleset került rögzítésre az illetékes hatóságok által, melynek időbeli lefolyása a fenti ábrán látható.

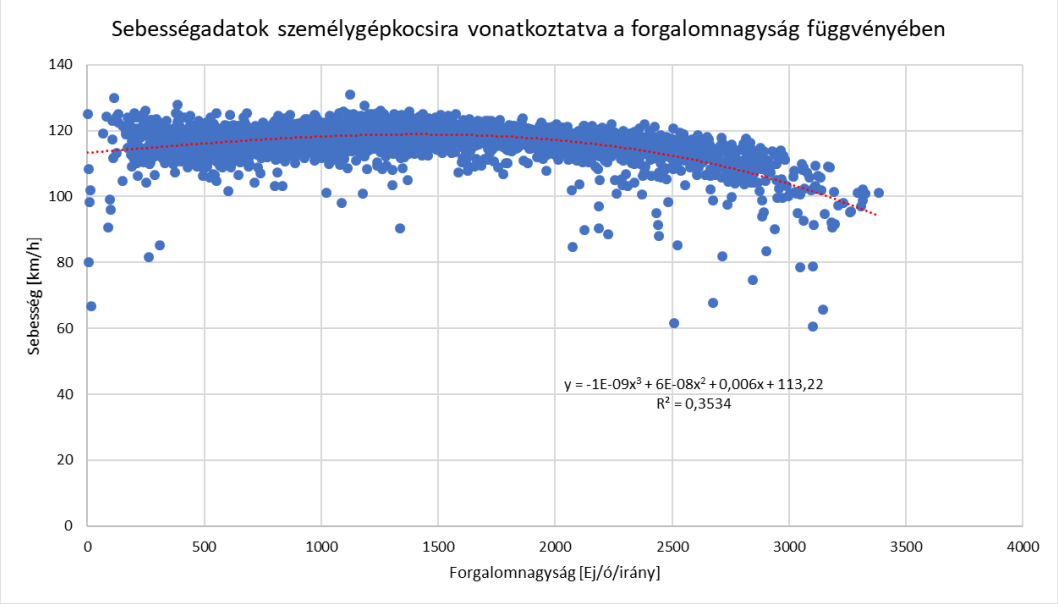
A vizsgált szakaszon a balesetek típus szerinti megoszlását a következő ábra szemlélteti.



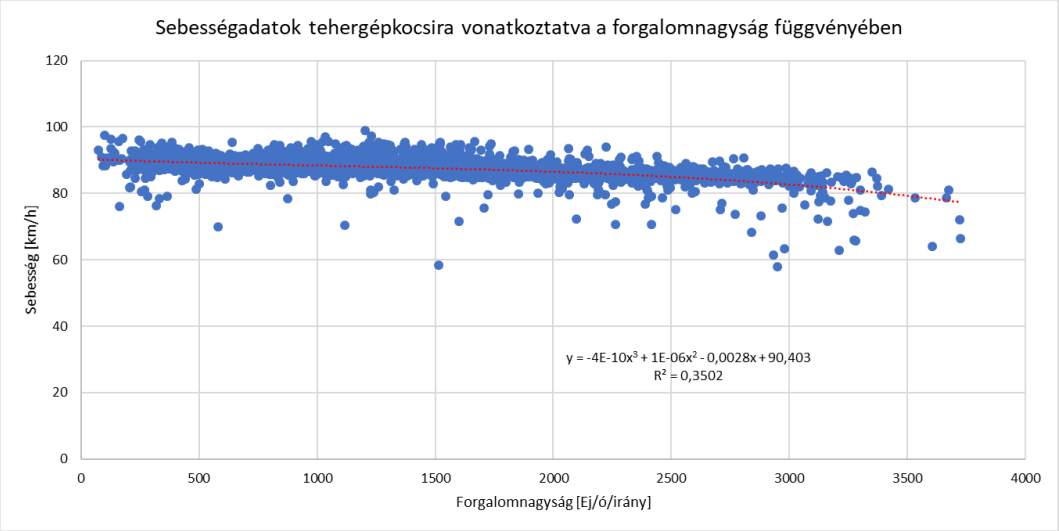
3. ábra: A balesetek megoszlása típusok szerint az M1 autópályán (2014 – 2019. I. félév)

Az esetszámokat csoportosítva a baleset típusok szerint az olvasható le, hogy a ráfutásos balesetek a teljes esetszám majdnem 50%-át teszik.

A rendelkezésünkre álló sebességi és forgalmi adatok alapján a polinom-illesztés módszerével kapcsolatot állapítottunk meg az autópálya egy adott keresztmetszetére (jobb és bal pályára elkülönítve) jellemző átlagsebesség és a keresztülhaladó forgalomnagyság között. A sebességi eloszlások egyértelműen különbséget mutattak személygépjármű és tehergépjármű eloszlások között, ennek megfelelően a két járműkategóriára két függvény került meghatározásra. A meghatározott két függvényt az alábbi ábra szemlélteti.



4. ábra: Polinom-illesztés a sebesség és a forgalomnagyság között (szgk)



5. ábra: Polinom-illesztés a sebesség és a forgalomnagyság között (tgk)

Egy járműkategóriára összesen négy (két mérőpont és két pálya alapján) függvénykapcsolatot tudtunk meghatározni a sebesség és a forgalomnagyság között, ezen polinomok átlagát tekintettük az adott járműkategóriára vonatkoztatható átlagsebességfüggvénynek. Az autópályák egyes szelvényeiben jellemző átlagsebességet a kapott összefüggések alapján az adott keresztmetszetre jellemző jármű kategóriák megoszlással súlyozva állapítottuk meg.

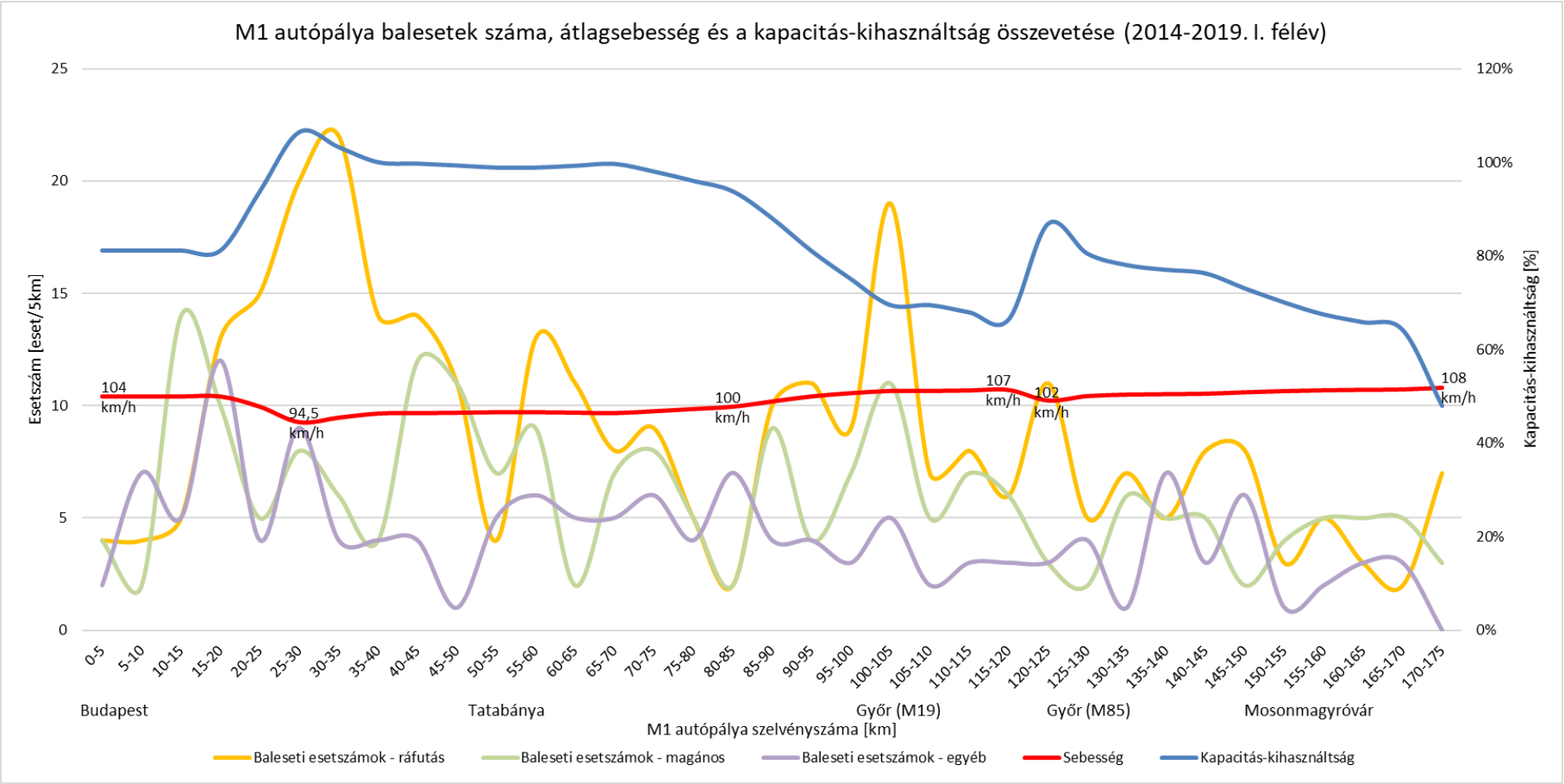
A baleseteket típus szerint három kategóriába soroltuk:

- *„ráfutásos”*,
- *„magános”* (csak egy járművet érintő),
- *„egyéb balesetek”* (sávváltás-, elalvás-, szemben haladó jármű okozta).

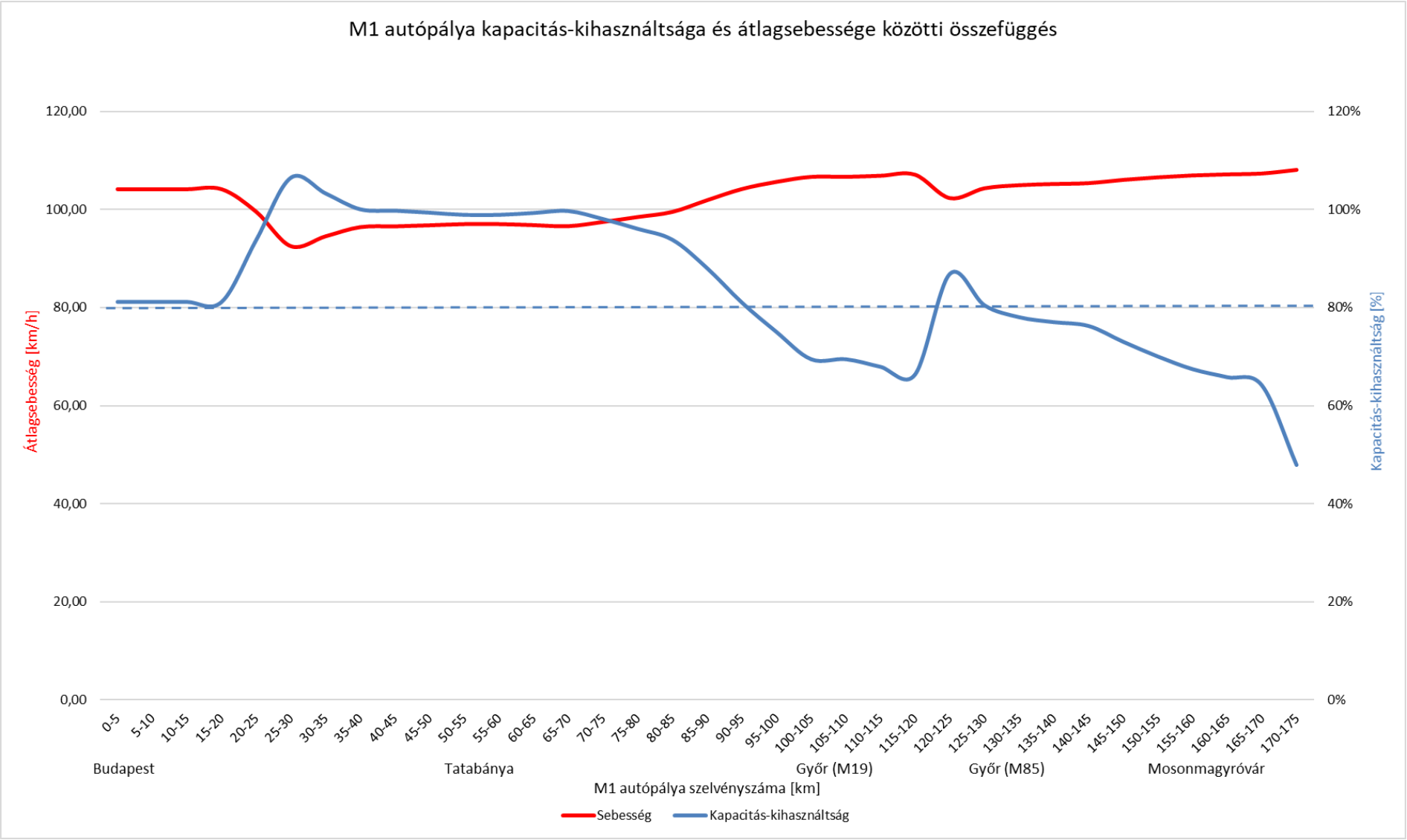
Az autópályaszelvényének függvényében azonos diagramon ábrázolva a baleseti esetszámokat, a forgalomnagyságot és a kapacitás-kihasználtságot a következő állapításokat tehetjük:

- azokon a szakaszokon, ahol a kapacitás-kihasználtság nagy meredeksséggel emelkedik 80% vagy akár 100% fölé a *„ráfutásos”* balesti esetszámok is megnőnek (~15-30 km között – Budapest elővárosa az M1-M7 autópálya közös szakaszának szétválása, illetve M0/1. sz. főút felhajtó után, illetve ~120-130 km között Győr elkerülő szakasz – Győr – Szabadhegy felhajtó utáni szakasz, amely magában foglalja Győr – Ménfőcsanak és M85 felhajtókat),
- szintén ezen a két szakaszon megállapítható, hogy a *„ráfutásos”* balesetek emelkedő tendenciája mellett a vizsgált másik két baleseti típus az átlagos érték körül szóródik,
- a kiugró kapacitás-kihasználtsággal rendelkező szakaszokon az is leolvasható, hogy az átlagsebesség-értékek változó mértékben visszaesnek.
- a teljes vizsgált szakaszra vonatkozóan megállapítható, hogy az *„egyéb balesetek”* esetszáma és a sebesség, illetve a kapacitás-kihasználtság között egyértelmű kapcsolat nem állapítható meg; bár a számuk a forgalom nagyságát követve változik.

Külön diagramban vizsgáltuk, milyen összefüggés állapítható meg, ha csak a kapacitás-kihasználtság és a sebesség viszonyát vizsgáljuk. Leolvasható, hogy amint a kapacitás eléri a 80%-ot, a sebesség hirtelen visszaesik, és a kapacitás-kihasználtság növekedésének függvényében az átlagsebesség csökken. Amennyiben a 80% kapacitás-kihasználtsági érték alatt történik forgalomnagyságingadozás (akár 10-15%), az az átlagsebesség értékére nincsen hatással.



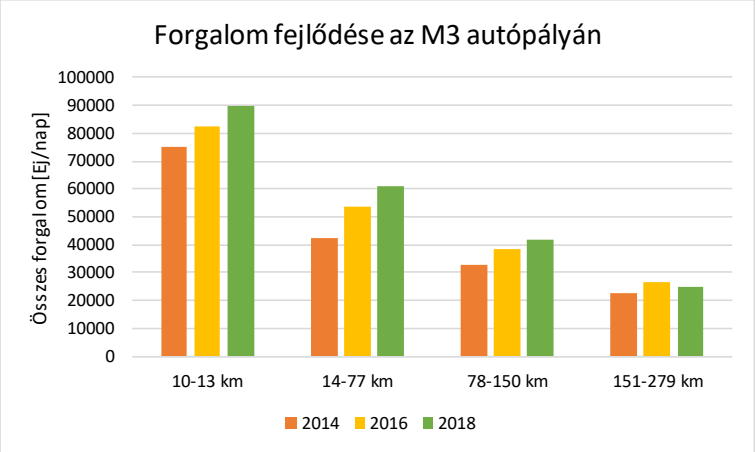
6. ábra: A balesetek száma, az átlagsebesség és a kapacitás-kihasználtság összevetése az M1 autópályán (2014 – 2019. I. félév)



7. ábra: A kapacitás-kihasználtság és a sebesség közötti összefüggés az M1 autópályán

3. M3 autópálya vizsgálata

Az M3 autópálya forgalmi paramétereit az alábbi diagramon szemléltetjük.

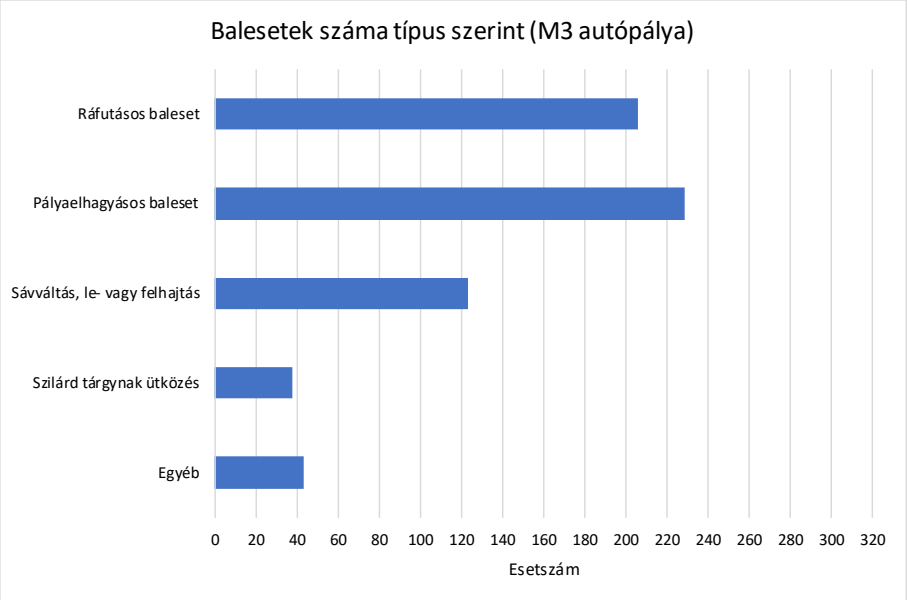


8. ábra: Forgalom fejlődése az M3 autópályán (2014 - 2018)

Az M3 autópályán a forgalom mind térbeli, mind időbeli lefolyása hasonló az M1 autópályához – Budapesttől távolodva csökken a forgalom, az évek szerinti bontásban pedig minden szakaszon növekszik.

9. ábra: A balesetek száma évenkénti bontásban az M3 autópályán (2014 - 2018.)

A vizsgált időszakban összesen 639 regisztrált baleset történt, melynek időbeli lefolyása a fenti diagramon látható.



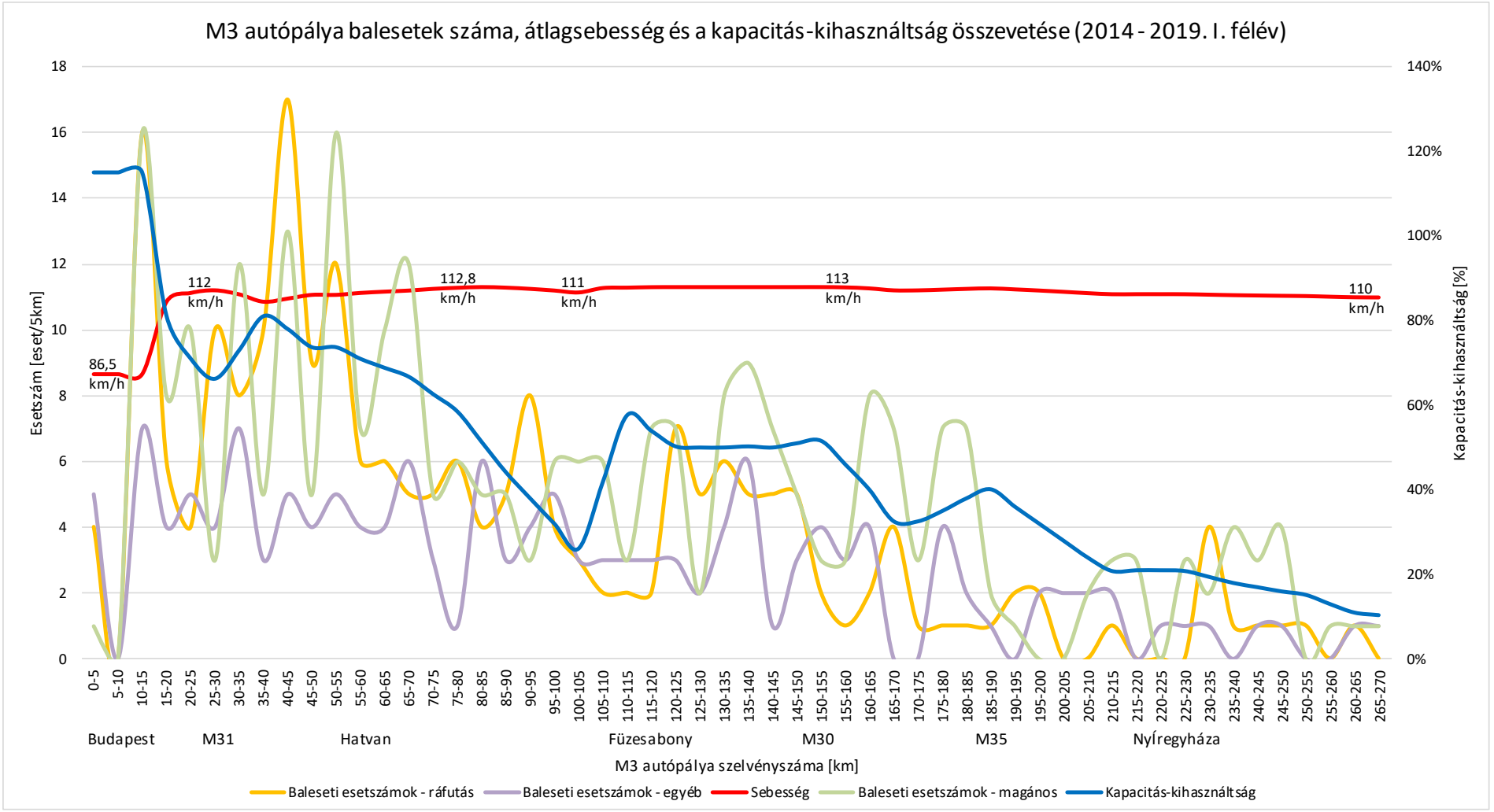
10. ábra: A balesetek megoszlása típusok szerint az M3 autópályán (2014 – 2019. I. félév)

A baleseteket típus szerint csoportosítva leolvasható, hogy a pályaelhagyásos balesetek után szintén ráfutásos balesetből volt a legtöbb.

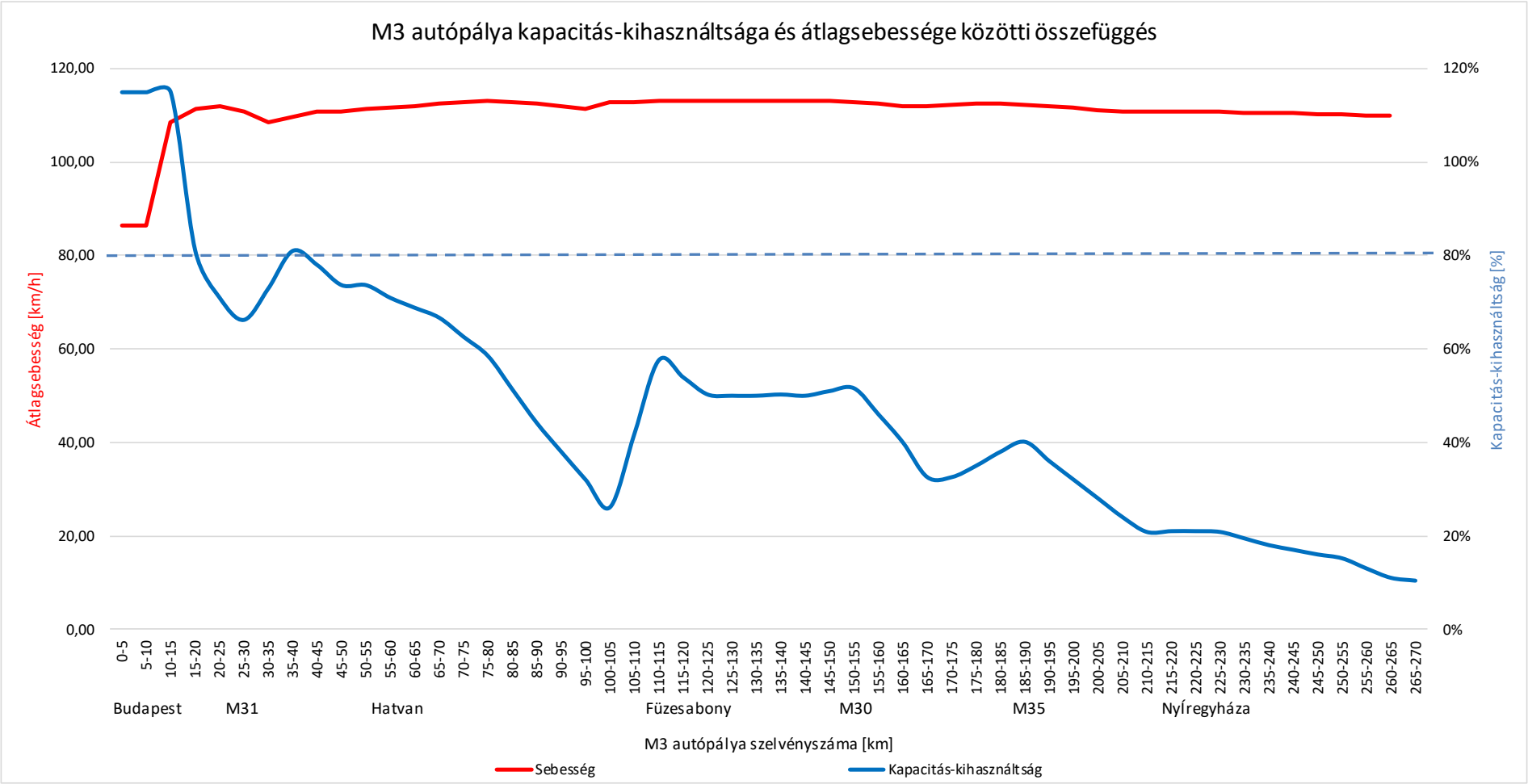
Az előző fejezetben ismertetett módszer szerint egy diagramban ábrázoltuk a baleseti esetszámokat (típus szerint csoportosítva), a forgalomnagyságot és a kapacitás-kihasználtságot, ezek alapján a következő megállapításokat tettük:

- a teljes szakasz hasonló összefüggéseket mutat, mint amit az M1 autópályánál tapasztaltak,
- kimutatható a *„ráfutásos”* balesetek számának megugrása azon szakaszokon, ahol a kapacitás-kihasználtsági érték átlagosan 80% feletti,
- a kiemelkedő baleseti értékek egyértelműen leolvashatók a Budapesten belüli szakaszon (0-20 km között), illetve az agglomerációban, illetve az M31-es autópálya becsatlakozása utáni szakaszokon (30-40 km között),
- a *„ráfutásos”* baleseti esetszámok szintén növekvő trendet mutatnak egy, a 110 km és 150 km között tapasztalható kihasználtság érték növekedés esetén; azonban itt a *„ráfutásos”* esetek átlagértéke nem tér el a többi típusú esettől, csak trendjében követi a kapacitás-kihasználtságot,
- továbbá leolvasható az ábráról, hogy a *„magános”* balesetek a stabil sebességek mellett gyakoriak.

A sebesség és kapacitás-kihasználtsági értékeke közötti összefüggést külön diagrammon vizsgálva szintén hasonló összefüggés mutatható ki, mint az M1 autópályán: 80%-os kapacitáskihasználtság fölött az átlagsebesség a kapacitás-kihasználtsággal fordítottan arányos. Az összefüggés legerősebben a budapesti, illetve az agglomerációs szakaszra jellemző. A kapacitás ingadozása 80% alatt már nincs hatással a sebességre. A megállapítást alátámasztja a 105 km és a 120 km közötti szakasz elemzése, ahol a kapacitás-kihasználtsági érték mintegy 40%-ot változik, de az átlagsebesség csupán 1-2 km/h változást mutat.



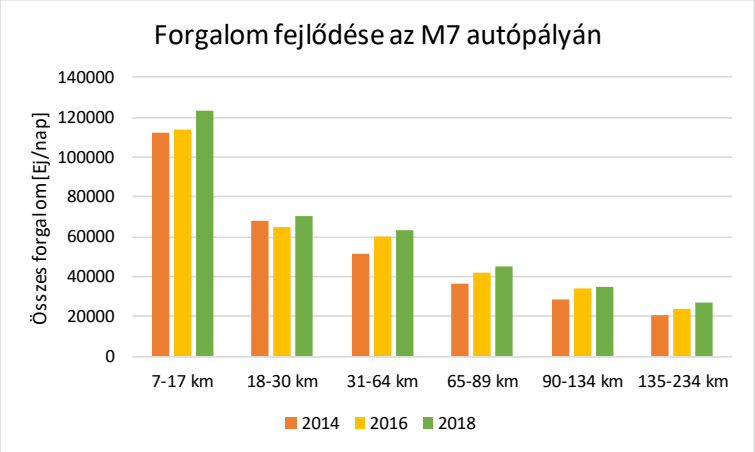
11. ábra: A balesetek száma, az átlagsebesség és a kapacitás-kihasználtság összevetése az M3 autópályán (2014 – 2019. I. félév)



12. ábra: A kapacitás-kihasználtság és a sebesség közötti összefüggés az M3 autópályán

4. M7 autópálya vizsgálata

Az M7 autópálya forgalmi paramétereit az alábbi diagramon szemléltetjük.

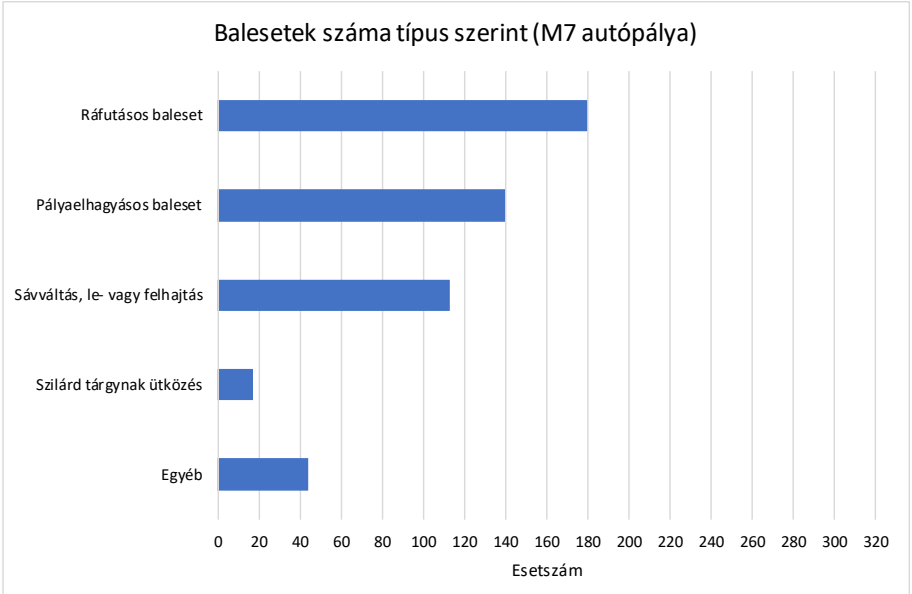


13. ábra: Forgalom fejlődése az M7 autópályán (2014 - 2018)

A vizsgált autópálya forgalmi paraméterei hasonló lefolyást mutatnak, mint az M1 és az M3 autópálya.

14. ábra: A balesetek száma évenkénti bontásban az M7 autópályán (2014 - 2018.)

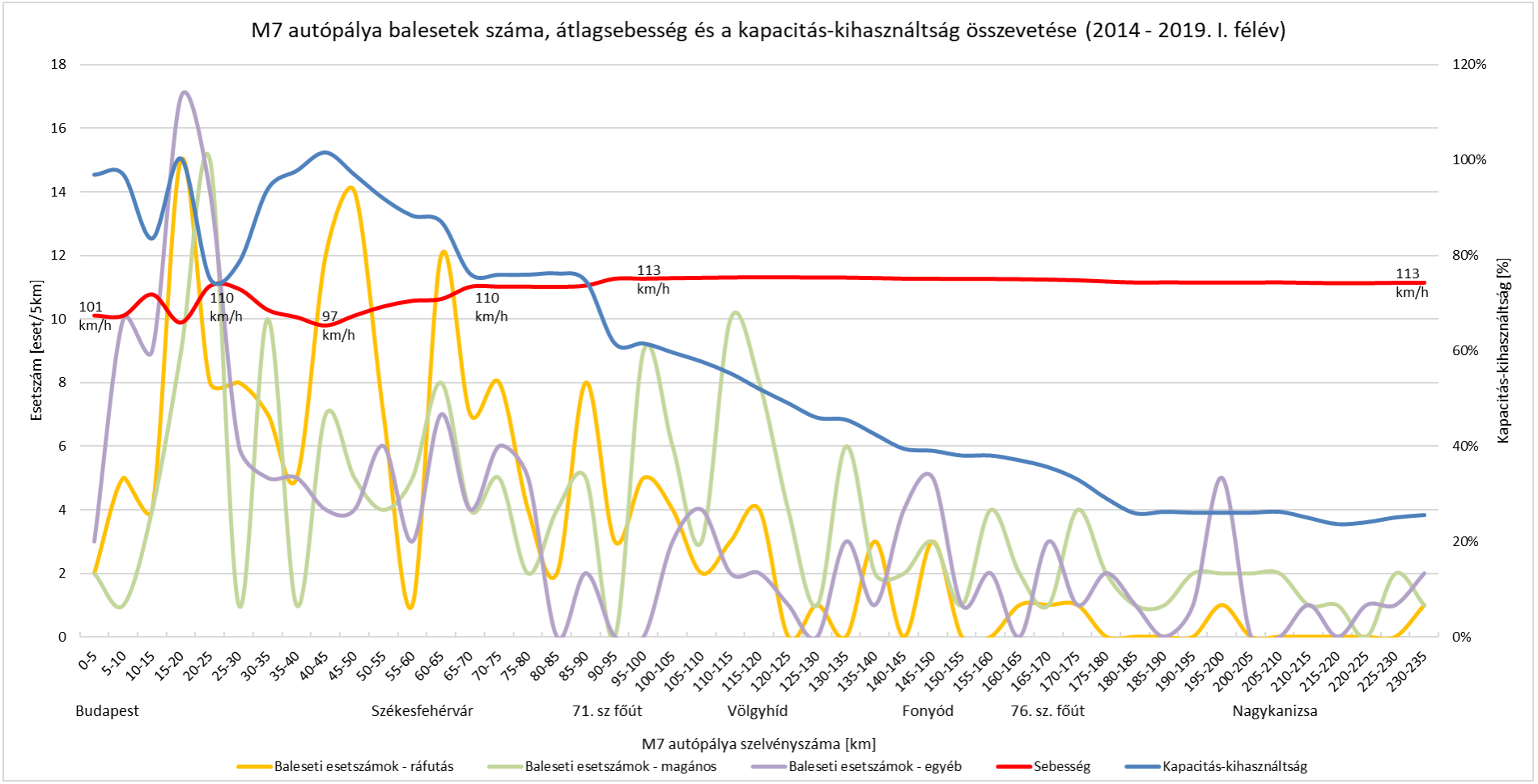
A vizsgált időszakban az összesen 494 regisztrált baleset történt, melynek időbeli lefolyása fent látható.



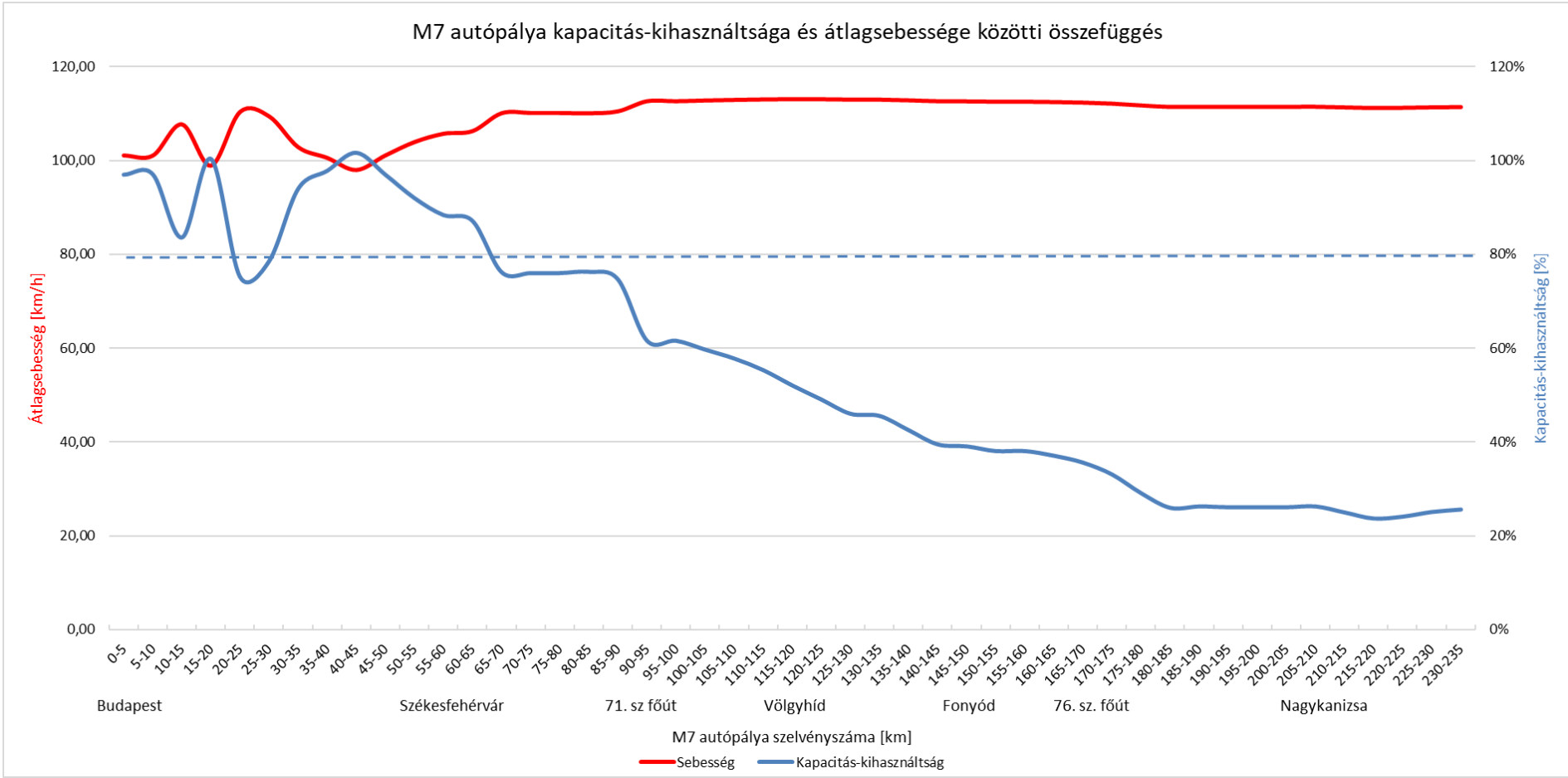
15. ábra: A balesetek megoszlása típusok szerint az M7 autópályán (2014 – 2019. I. félév)

A baleseteket típus szerint csoportosítva leolvasható, hogy utoléréses-ráfutásos balesetből volt a legtöbb a vizsgált időszakban.

Az M7 autópálya kapacitás-ingadozási mutatják leginkább azt a törvényszerűséget, amelyet az M1 és M3 autópályán megállapítottunk: minden egyes esetben, amikor a kapacitás-kihasználtság 80% fölé emelkedik, kiugróan megnő a *„ráfutásos”* balesetek száma (15-25 km és 35-55 km szelvények között), az átlagsebességsebesség pedig visszaesik. Szembetűnő, hogy az alacsony kapacitás kihasználtságú szakaszokon, az autópálya országhatárhoz közelebbi végén a *„ráfutásos”* balesetek esetszáma számottevően visszaesik, míg a másik két típus ennél magasabb átlagértéket mutat.



16. ábra: A balesetek száma, az átlagsebesség és a kapacitás-kihasználtság összevetése az M7 autópályán (2014 – 2019. I. félév)



17. ábra: A kapacitás-kihasználtság és a sebesség közötti összefüggés az M7 autópályán

Konklúzió

Tanulmányunkban azt vizsgáltuk van-e összefüggés a balesetek, a sebesség és a kapacitás-kihasználtság között. Ennek érdekében baleseti elemzést végeztünk, ezeket összevetettük a számunkra elérhető kapacitás-kihasználtság és sebességadatokkal. Három autópályát vizsgáltunk: M1, M3, M7. Ezek az állandósult problémák miatt kerültek kiválasztásra: elsősorban a balesetek növekvő, stagnáló száma, illetve, hogy - akár csak bizonyos szakaszokon vagy bizonyos időszakokban is - a szabad áramlás eléri a kapacitáshatárát emiatt torlódások, visszatorlódások alakulnak ki.

A baleseti, forgalmi és sebességadatok vizsgálata alapján az alábbi összefüggések állapíthatók meg a sebesség, a kapacitás-kihasználtság és a balesetek száma/típusa között:

- azokon a szakaszokon, ahol a kapacitás-kihasználtság ~80% fölé emelkedik, az átlagsebesség a kapacitás-kihasználtsággal fordított arányban hirtelen csökkeni kezd;
- azokon a szakaszokon, ahol a kapacitáskihasználtság nem éri el a ~80%-ot, a kapacitás-kihasználtság változása nincsen hatással az átlagsebességre;
- a kapacitás-kihasználtság kiugró változása minden esetben arányosan hat a *„ráfutásos”* balesetek esetszámának változására, amennyiben a kihasználtság ~80% fölé emelkedik úgy kimagaslóan megugrik a *„ráfutásos”* balesetek száma a többi vizsgált baleset típushoz képest.

A vizsgálataink, és a nemzetközi szakirodalom alapján behatárolhatók az autópályákon azon szakaszok, ahol torlódásveszélyes állapotok alakulhatnak ki. Azon szakaszokon, ahol a kapacitás-kihasználtság 80% körüli érték felett ingadozik, javasoljuk változtatható sebességjelzésű rendszer telepítésének részletesebb vizsgálatát. A javasolt helyszínek a következők:

- M1 autópálya – Budapest elővárosi szakasza, Győr elkerülő szakasza; Budapest és Győr között távlatban,
- M3 autópálya – Budapest elővárosi szakasza M31-ig; M31 és Hatvan között távlatban,
- M7 autópálya – Budapest elővárosi szakasza Székesfehérvárig; Székesfehérvár és a Balaton északi partja felé vezető 71. sz. főút között távlatban.

Bár kimondható, hogy van összefüggés a forgalom nagysága és a baleseti számok között, de az esetszámokat nem csak ez befolyásolhatja, hanem más tényezők is például a járművezetők egyéni döntései, az út- és időjárási viszonyok.

Kutatási tevékenységünket Magyar Mérnöki Kamara által kiírt „Feleadat Alapú Pályázat 2019” projekt keretén belül elnyert támogatás segítségével tudtuk elvégezni.

Stratégiai indikátorok a fenntartható városi közlekedésben

Hajnal Tünde – Halmos Tamás – Vágány András

BKK Budapesti Közlekedési Központ;
telefon: +36 30 774 1094; +36 30 774 1043; +36 30 774 1147
e-mail: tunde.hajnal@bkk.hu; tamas.halmos@bkk.hu; andras.vagany@bkk.hu

Kivonat: A cikk a fenntartható mobilitástervezéshez készülő európai indikátorrendszert és az ehhez kapcsolódó budapesti méréseket mutatja be

Kulcsszavak: Fenntartható városi közlekedésfejlesztés, SUMP, SUMI, mobilitási indikátorok, Budapesti Mobilitási Terv, monitoring és értékelési rendszer,

Bevezetés

A 2010-es évek európai uniós közlekedéstervezési trendje, a városi mobilitástervezési gyakorlat alkalmazása eredményeképpen 2020-ra közel ezer európai városnak van elfogadott fenntartható városi mobilitásterve, SUMP-ja. A fenntartható közlekedésfejlesztési célok kitűzése és megvalósítása az emberek jogos igényét foglalja magába az élhetőbb, zöldebb, emberközpontú városi környezet kialakításához. Az Európai Bizottság 2019 decemberében hozta nyilvánosságra a „Green Deal" (Európai Zöld Megállapodás) intézkedéscsomagot, melyben elköteleződött a tisztább, olcsóbb és egészségesebb közlekedési módok fejlesztése iránt mind az egyéni, mind a közösségi közlekedés terén. A Green Deal [1] legfontosabb célkitűzése, hogy az EU 2050-re klímasemlegessé váljon a károsanyag kibocsátások radikális csökkentésével. A SUMP tervek fontos eszközei annak, hogy az össz-károsanyag kibocsátás 25 százalékáért felelős közlekedési szektort zöldebbé, tisztábbá tegyük.

A SUMP alapján megvalósuló közlekedési intézkedések, projektek hatásainak értékeléséhez elengedhetetlen a közlekedési rendszer folyamatos figyelemmel kísérése, a releváns adatok rendszeres felvétele, és kiértékelése. Jelen cikkben bemutatjuk a SUMI projektben definiált indikátorok budapesti mérését, és bemutatásra kerül ezek kapcsolata a 2019-ben elfogadott Budapesti Mobilitási Tervhez készült Monitoring és értékelési kézikönyvben meghatározott indikátorrendszerrel.

1. A Budapesti Mobilitási Terv indikátorai

A Budapesti Mobilitási Terv [2] (BMT) hierarchikusan felépített célrendszeréhez hasonló logika szerint felépített indikátorrendszer tartozik. Az indikátor értékek elemzése lehetővé teszi a SUMP folyamathoz szükséges helyzetértékelést, az elemzések következtetéseinek új tervezési ciklusba való visszacsatolását. Így lehet hatékonyabbá tenni a közlekedésfejlesztési intézkedéseket, módosítani a közlekedési projektcsomagokat. A Budapesti Mobilitási Tervhez készült „Monitoring és értékelési kézikönyv" c.[3] dokumentum bemutatja a célok méréséhez javasolható indikátorokat, és leírja a szükséges értékelési folyamatokat. (Magát a BMT Monitoring kézikönyvét a "A fenntartható mobilitástervezés monitoring és értékelési rendszerének kialakítása Budapesten" című cikk [4] mutatja be részletesen, jelen cikkünkben a legfontosabb indikátorok és a SUMI projektben kidolgozott indikátorok összevetése történik meg).

A BMT legfontosabb un. átfogó céljainak mérésére három indikátort definiál:

- modal split (városhatárt átlépő forgalomra és Budapesten belül)
- CO2 kibocsátás,
- Primer energiafogyasztás,

melyek közül a modal split közvetlenül kapcsolódik a város közlekedési módjaihoz, míg a másik két indikátor fenntarthatósági és környezeti szempontokból ad képet a közlekedés hatásairól.

A Budapesti Mobilitási Terv 3 stratégiai céljához rendelt indikátorokat az alábbi ábra foglalja össze:

1. ábra: A BMT stratégiai céljainak indikátorai

A mobilitási tervben a beavatkozási területekhez választott meghatározó indikátorok az alábbiak:

2. ábra: A BMT beavatkozási területekhez tartozó indikátorok

A felépített monitoring rendszerrel figyelemmel lehet kísérni a BMT céljainak teljesülését, és azt, hogy érvényre jutnak-e azok a fenntarthatósági szempontok, amelyekre a SUMP-ot alapozták.

2. Európai szinten egységes indikátorok kidolgozása

2.1 SUMI projekt céljai

A budapesti és a többi európai város SUMP tervezési útkeresésével párhuzamosan folyamatos igényként jelenik meg egy európai szinten ajánlható indikátorkészlet létrehozása.

A SUMI (Tecnical support related to Sustainable Urban Mobility Indicators) [5] projekt célja a SUMP tervezéshez kapcsolódó, európai szintű egységes indikátorrendszer kidolgozása, használhatóságának tesztelése, értékelési feladatok előkészítése és a projekt keretében megfogalmazható európai szintű ajánlások tervezetének összeállítása. A projektben a Budapesti Közlekedési Központ a kutatást támogató partnerként segített az indikátorok meghatározásában, és elvégezte a fenntarthatósági célok mérésére legalkalmasabbnak ítélt mobilitási indikátorok budapesti mérését. A SUMI projekt keretében definiált indikátorok meghatározása egyidejűleg, egységesen történt, Budapest mellett mintegy 50 városban, köztük Bécs, Barcelona, Manchester, Helsinki és Ljubljana. A 2017-ben kezdődött projektben 18+1 indikátort definiáltunk és ezek mérhetőségét és használhatóságát a résztvevő városokban folytatott méréssekkel ellenőriztük. A mérések és elemzések tapasztalatai alapján az Európai Bizottság felé olyan ajánlások fogalmazhatók meg, amelyek a jövőben az SUMP tervezés során egységesen alkalmazhatók.

A SUMI projekthez kapcsolódott egy benchmarking program kidolgozása is, amely intézményi háttérrel és web felülettel segíteni fogja a városokat az adatgyűjtésben az indikátorok számításában. Ezek az eszközök támogatják a jövőben az európai szinten egységes adatbázis kialakítását.

2.2 SUMI projektben vizsgált indikátorok

A SUMI projektben eredetileg 19 indikátort terveztek tesztelni, de a tesztek eredményeként találtak olyan indikátorokat, amelyek elvetésre, vagy összevonásra kerültek. A projektben a BKK feladata az úgynevezett alap (core) indikátorok budapesti mérése volt, így a BKK 14 indikátorhoz gyűjtött adatokat. A projektben egységesen meghatároztuk azokat az adatokat, amelyek egy adott indikátor kiszámításához szükségesek. 11 indikátor esetében a szükséges adatok közel teljes egészében a rendelkezésünkre álltak, és 3 olyan indikátor volt, amelyeknél nem tudtunk beszerezni megfelelő mennyiségű és minőségű adatot. Az alábbiakban bemutatjuk a BKK által is vizsgált indikátorokat.

2.2.1 A közösségi közlekedés megfizethetősége a legszegényebbek társadalmi rétegek számára

Az indikátor célja, hogy megmutassa, hogy a szegényebb társadalmi rétegekben élőknek mekkora pénzügyi teret jelent a közösségi közlekedés használata. A mutatószám meghatározásához szükséges adat a budapesti közösségi közlekedés havi bérletének az ára, illetve a budapesti átlagos háztartásméret és a népesség legszegényebb 25%-nak átlagos jövedelme. Az indikátor számításához, a KSH-nál rendelkezésre álló jövedelem megoszlási adatokat használtuk fel.

2.2.2 A fogyatékossággal élők mobilitási lehetőségekhez való hozzáférése

Ennek az indikátornak az a szerepe, hogy megmutassa, hogy a mozgásukban korlátozottak milyen eséllyel férnek hozzá a közösségi közlekedéshez. Bemenő adatként meg kellett adni a közösségi közlekedési járművek (busz, villamos, metró, troli stb.) számát minden módra vonatkozóan, és azt, hogy ezek közül mennyi alacsonypadlós, illetve, hogy a megállók hány százaléka érhető el akadálymentesen. A számítás során az egyes közösségi közlekedési módokat súlyoztuk az átlagos napi utasmennyiség alapján. A mutatószám meghatározásához az eddigieken felül meg kellett adni azt is, hogy a jegyautomaták és ügyfélközpontok milyen arányban közelíthetők meg akadálymentesen. Az indikátor meghatározásához a BKK belső adatbázisát használtuk fel, amiből minden szükséges adatot meg tudtunk határozni.

2.2.3 Levegőszennyezés

Ennek az indikátornak a célja, hogy a járműkategóriánkénti futásteljestmény alapján megállapítsuk, hogy milyen mértékben járul hozzá a levegőszennyezéshez a városokban a közlekedés. Ehhez meg kell adni, hogy járműkategóriánként mennyi utaskilométert tesznek meg az emberek a városban, illetve tehergépjárművek esetén mekkora a futásteljesítmény, továbbá, hogy a járműállományban járműkategóriánként milyen arányok vannak a meghajtás típusa és a motor környezetvédelmi besorolása alapján. A futásteljesítmény adatait az Egységes Forgalmi Modell alapján tudtuk meghatározni, míg a járműállomány összetételéről az Innovációs és Technológiai Minisztériumtól kaptunk adatokat.

2.2.4 Zajvédelem

A zajszennyezés indikátor mérésének célja, hogy megvizsgáljuk a laksűrűség alapján, hogy milyen mértékű zajszennyezés éri a lakosságot. Ehhez, az egyes zajterhelési sávokban élő emberek számát szükséges ismerni, amihez az adatforrásunk egy Fővárosi Önkormányzat által készített felmérés volt.

2.2.5 Halálos közlekedési balesetek

Ez az indikátor azt méri, hogy 1 év alatt, közlekedési módonként mennyi halálos baleset történt a városban. Az indikátor meghatározása szempontjából nem az a fontos, hogy milyen közlekedési módot használt a baleset felelőse, hanem hogy milyen közlekedési módot használt az áldozat. A számításhoz a bemenő adatokat a rendőrség adatbázisából szereztük be.

2.2.6 A közlekedési szolgáltatásokhoz való hozzáférés

Ez az indikátor azt mutatja meg, hogy a lakosság számára milyen nehéz megközelíteni a közösségi közlekedés megállóhelyeit. Ehhez SUMI projekt részéről készült egy, a legközelebb található megállók távolságát bemutató skála, amihez társítani kell, hogy az egyes kategóriákba mennyi lakos esik. Sajnos az indikátor számításához nem tudtunk megfelelő adatot gyűjteni, mert a bemenő adatokhoz a számításhoz szükséges GIS software nem állt rendelkezésünkre. A megállóhelyek pozíciói elérhetők GIS formátumban is, de a legfrissebb lakossági adatok nem, így ezt az indikátort nem tudtuk kiszámolni.

2.2.7 Üvegház hatású gázszennyezés kibocsátás

Az indikátor azt mutatja meg, hogy mennyi üvegházhatású gáz kibocsátás származik Budapesten a közlekedésből. Ugyanaz a bemenő adatkészlet szükséges hozzá, mint a „Levegőszennyezés”-t mérő indikátorhoz.

2.2.8 Torlódások

Az indikátor célja, hogy megmutassa a csúcsidei és az optimális eljutási idők közötti különbséget közösségi közlekedés és közúti közlekedés esetében. Ehhez mind a két közlekedési hálózaton meg kellett határoznunk a 10-10 legforgalmasabb útvonalat. Közút esetében figyelni kellett arra, hogy a sugárirányú bevezető utak mellett harántirányú utakat is vizsgáljunk. A közösségi közlekedés esetében több közlekedési ezközből kellett viszonylatokat választani, így három metró, két villamos és öt busz viszonylatot választottunk ki, mindegyikből a legforgalmasabbakat. A közúti forgalom esetében, ahol lehetőség volt rá, ott a Budapest Közút által rendszámfelismerő kamerák által mért eljutási időkkel számoltunk, ahol pedig erre nem volt lehetőség, ott a GoogleMaps adatait használtuk. A közösségi közlekedés esetében a BKK Futár rendszerében lévő időkkel dolgoztunk. Mind a közúti, mind a közösségi közlekedés esetében az útvonalak mutatószámai súlyozva voltak az adott útvonal csúcsidei forgalomnagyságával, illetve utasszámával, amiket forgalomszámlálási adatokból számoltunk ki.

2.2.9 Energia hatékonyság

Ehhez az indikátorhoz ugyanazok a bemenő adatok szükségesek, mint a „Levegőszennyezés”-t vagy az „Üvegház hatású gázszennyezés kibocsátás”-t mérő indikátorhoz, és azt mutatja meg, hogy Budapesten mekkora energia kerül felhasználásra egy kilométer megtétele során, mind a személy, mind a teherforgalom vonatkozásában.

2.2.10 Aktív közlekedési módok (gyalogos és kerékpáros közlekedés) lehetősége

Ez az indikátor azt határozza meg, hogy a teljes közúthálózaton milyen aránnyal lehet megfelelő kényelmi szint mellett aktív közlekedési módot használni. A számításhoz szükséges ismerni a burkolt közúthálózat hosszát (a gyalogos zónák kivételével úthálózat teljes hosszát, autópályák kivételével. Ezek az adatok a Budapest Közút nyilvántartásában elérhetők.

2.2.11 Intermodális integráció

Ebben az indikátorban meg kellett határozni a városban lévő legfőbb közösségi közlekedési átszálló csomópontokat. Ezek száma minden városban más, Budapesten mi összesen 27 fontos átszállási lehetőséggel bíró csomópontot állapítottunk meg. Minden csomópont esetében meg adtuk, hogy a közösségi közlekedési módok közül melyik és összesen mennyi található az adott csomópontban.

2.2.12 Utaselégedettség a közösségi közlekedésben

Az utaselégedettség meghatározáshoz az Eurostat minden európai nagyvárosban készített egységes felméréseket, melyek eredményét figyelembe vettük az indikátor kiszámításához. Mivel Budapesten legutóbb 2013-ban volt ilyen mérés, és azóta változott a módszertan, ezért nem állt rendelkezésünkre az indikátor kiszámításához szükséges összes adat.

2.2.13 Az aktív közlekedési módok közlekedésbiztonsága

Az indikátor célja, hogy megmutassa a gyalogos és kerékpáros közlekedés esetében, hogy éves utazásszámra vetítve mennyi halálos baleset történik. Az indikátor kiszámításához meg kellett adni a budapesti gyalogos és kerékpáros halálos balesetek áldozatainak számát, valamint a gyalogos és kerékpáros éves utazásszámot. Mind a négy adat a BKK belső adattárházából elérhető.

2.2.14 Modal split - közlekedési módok megoszlása

A modal split mint általános mutató került meghatározásra. A javaslat szerint a modal split számítási módszerére a SUMI projekt nem ad utasítást, mert azt a városok a saját módszereik, gyakorlatuk szerint mérik, nehéz lenne elérni az egységesítést. Fontos kérdés a területi lehatárolás, a vizsgált terület definiálása (városhatár / funkcionális várostérség). A legtöbb városban hasonló korlátokkal találkoztak a mérési ajánlások megfogalmazásánál, mint amivel mi is a BKK-ban, amikor az EFM adatai alapján távolság (járműkm) alapján kezdtük el meghatározni a közlekedési módok arányait. A régebbi adatok a mérési eltérések (utazásszám alapú mérés) miatt nem összevethetőek. A mérési módszertan európai szintű egységesítése megváltoztatása extra terheket jelentene a városoknak, ezért ezt nem javasolják az EU Bizottság felé, de a projekt javaslatot tesz arra, hogy további kutatás hogyan segítse a modal split (távolság alapú) / modal share (utazás szám alapú) számítás módszertanának kidolgozását. A modal split számításra az egységes forgalmi modellből számítható érték lehetne általánosan elfogadott, de sok kisebb városnak a forgalmi modell még nem elérhető eszköz. A Walk21 szervezet részéről megfogalmazták azt, hogy az utaskm alapú számítás azért torzító, mert állandósítja azt, hogy ez a módszer egyoldalúan a motorizált közlekedésnek kedvez, (afelé torzít) és kevésbé érzékenyen mutatja be az aktív közlekedési módok arányait, azok változását, az aktív közlekedési módokkal töltött utazási időt.

A BKK 2014 óta ugyanazzal a módszertannal készíti modal split felméréseket, így a legfrissebb, 2019-es mérés eredményei segítségével határoztuk meg az indikátor értékeit.

2.3 A SUMI projekt eredményei Budapesten

A 20+1 indikátorkészletet eredetileg 14 „core”, 6 „nem core” és „+1” kiemelt indikátor a modal split alkotta. A mérések előrehaladtával a lista úgy módosult, hogy a 14 core indikátorból 2 összevonásra került, így 13 core indikátor maradt, amelyeket a BKK Budapestre ki is számított. Az indikátorok számításához az adatok ugyan más kutatásokból, részben a BKK-nál, részben társszervezeteknél nagyrészt rendelkezésre álltak, de sok esetben nem a SUMI projektben szükséges formátumban, bontásban, így azok beszerzése idő és energiaigényes volt. A kiemelt indikátor, a modal split, külön figyelmet kapott a projektben, ezt Budapesten 2013 óta minden évben egységes módszertannal méri a BKK. Az alkalmazott mintanagyság eredetileg 1000 fő, amely nagyon kicsi Budapest és agglomerációjának lakosszámához képest. Az eredmény megbízhatóságát javítandó, 2019-ben a hétköznapi modal split érték méréséhez alkalmazott mintát a korábbi 1000-ről 2000 főre emeltük. Ezzel ugyan a statisztikai hibát csökkentettük, de a kedvezőtlen időjárás miatt torzított arányokat mértünk. 2019-ben a májusi időjárás eltérő volt a korábbi évektől, nagyon sokat esett az eső az eredetileg kiszemelt mérési napon. Az időjárás miatt a mérést megállítottuk és egy héttel később folytattuk. Sajnos az időjárás ekkor sem kedvezett, az időpont további tolására pedig már nem volt lehetőség így a mért értékek a személygépjármű közlekedés növekedését mutatták.

Konklúzió

Az indikátorok számításához szükséges adatok összegyűjtése erőforrás igényes, de az indikátorok rendszeres számítása naprakész adatokból különösen fontos. Az adatok begyűjtése érdekében szeretnénk a BMT Monitoring kézikönyvére alapozva egy olyan működő budapesti rendszert kialakítani, amelyben az indikátorok számításán túl pontosan meg kell határozni, hogy melyik szervezeteknek, milyen adatszolgáltatási kötelezettsége van. A Budapesti Mobilitási Terv készítése során elkészült Monitoring és értékelési kézikönyv további alkalmazása érdekében javasolható a BKK-n belül olyan szakterület kijelölése, amelynek dedikált feladata lenne a mobilitásstratégiai adatok gyűjtésének összefogása, az indikátorok számítása, elemzések készítése.

A SUMI projektben a BKK a kutatást támogató partnerként segített meghatározni az Európai Bizottság által kidolgozni javasolt, egységes európai fenntartható mobilitási indikátorokat, részt vettünk az indikátorok meghatározásához szükséges adatgyűjtésben a Budapestre vonatkoztatott értékek meghatározásában.

A SUMI projektben kidolgozott ajánlások Európai Bizottsági elfogadása után a Budapesti Mobilitási Tervhez készült Monitoring és elemzési kézikönyv felülvizsgálata lesz szükséges, hogy a BMT indikátorok mind tartalmukban, mind mérési módszerükben lefedjék az EU által várhatóan kötelezően elvárt indikátorcsomagot.

A SUMI projekt brüsszeli záró workshopján, javaslat született arra, hogy szerepeljen a Bizottság felé megfogalmazott ajánlásokban az, hogy az SUMP tervezésben a helyzetértékelés és a felülvizsgálatok során mely indikátorcsoport bemutatása legyen kötelező. Amennyiben az Európai Bizottság elfogadja az indokátorokra vonatkozó ajánlásokat, úgy a városi projektek különböző támogatási forrásainak feltételéül szabhatja azok mérését a fenntartható városi mobilitási tervek készítéséhez hasonlóan.

Irodalomjegyzék

[1] Green Deal 2019
https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf
[2] BUDAPESTI MOBILITÁSI TERV 2030, 2019, BKK
http://einfoszab.budapest.hu/list/fovarosi-kozgyules-nyilvanosulesei;id=100859;type=5;parentid=11032;parenttype=2
[3] BUDAPESTI MOBILITÁSI TERV 2030 Monitoring és értékelési kézikönyv 2019, BKK
[4] A fenntartható mobilitástervezés monitoring és értékelési rendszerének kialakítása Budapesten Hajnal Tünde – Kerényi László Sándor – Dr. Juhász Mattias, Közlekedéstudományi Konferencia Győr2019
[5] SUMI Tecnical support related to Sustainable Urban Mobility Indicators,
http://www.eurocities.eu/eurocities/documents/Sustainable-Urban-Mobility-Indicators-SUMI-WSPO-BCMPYS

Személyszállítás motorvonattal, de milyen legyen: emeletes, vagy egyszintes?

Kovács Károly

ny. MÁV mérnök főtanácsos
telefon: +36 30 236 2772
e-mail: edkopres@gmail.com

Kivonat: A magyar közforgalmú személyszállító vasúttársaságok a gazdaságosabb, korszerű FLIRT motorvonatos fejlesztésébe kezdtek az ezredforduló után. A MÁV-START Zrt 2018-ban új útra lépett és 40 nagykapacitású emeletes villamos motorvonatot rendelt, amely tendert szintén a Stadler nyert meg, így 24000 klímás utasterű, korszerű ülőhellyel gazdagodik az utazóközönség.
A járműbeszerzés lényege – a tenderkiírás szerinti műszaki, kereskedelmi, szolgáltatási és fontos hangsúlyozni gazdasági szempontoknak megfelelő – összességében a legmegfelelőbb motorvonatok beszerzésére törekvés, a motorvonatok több százmilliárd forintnyi forrásigénye miatt.
Kérdések: melyik a jobb, az emeletes, vagy az egyszintes? Melyik a komfortosabb, és még sorolhatjuk az összehasonlítás szempontjait. Mivel FLIRT és a KISS gyártója azonos, a gyártmányok minősége a megrendelők igényeit elégíti ki, a járműveknek a felhasználói igényeknek megfelelése objektíven ellenőrizhető. Közismert, hogy a KISS-ek közforgalomban 2020 márciusában várhatók, ám e sorok írója az elmúlt évtizedben több emeletes motorvonatot kipróbálhatott, ezért felbátorítva érzi magát arra, hogy utas véleményt alkosson.
Eredmény: A vonattípusok összehasonlítása tényszerű, objektív, műszaki és szolgáltatási paraméterek szerint, valamint mérési adatok felhasználásával született meg. Az összehasonlítás szubjektív elemeit jeleztem, de azokat nem vettem figyelembe. A két motorvonat gazdasági összehasonlítása egy későbbi dolgozat témája lehet.

Kulcsszavak: Személyszállítás, motorvonatos vontatás, emeletes/egyszintes, utazási komfort, objektív összehasonlítás

Bevezetés

A járműbeszerzés lényege – a tenderkiírás szerinti műszaki, kereskedelmi, szolgáltatási és fontos hangsúlyozni, gazdaságos, – összességében a legmegfelelőbb motorvonatok beszerzésére törekvés, tekintettel a motorvonatflották sok százmilliárd forintnyi beruházási forrásigényére, értékére.
Kérdések, amelyekre írásomban objektív válaszokat keresek: melyik a jobb, az emeletes, vagy az egyszintes?

Melyik a gazdaságosabb üzemű, a komfortosabb, és még sorolhatjuk az összehasonlítás szempontjait.

Mivel FLIRT és a KISS gyártója azonos, a gyártmányok minősége a megrendelők igényeit maradéktalanul kielégíti, a járműveknek a felhasználói igényeknek megfelelése objektíven ellenőrizhető. Közismert, hogy a KISS-ek közforgalomban 2020 márciusában várhatók, ám e sorok írója az elmúlt évtizedben több emeletes motorvonatot kipróbálhatott, - ez év februárjában a KISS-t is,- ezért felbátorítva érzi magát arra, hogy utas véleményt is alkosson.

A vonattípusok összehasonlítása tényszerű, objektív, műszaki és szolgáltatási paraméterek szerint, valamint mérési adatok felhasználásával született meg.

Az összehasonlítás szubjektív elemeit írásomban megemlítem, ám azokat – mivel szubjektív - nem vettem figyelembe.

1. Előzmény

A MÁV START Zrt 2018-ban úgy döntött, hogy nagy kapacitású villamos motorvonatokat vásárol elsősorban a nagy forgalmú elővárosi közlekedés fejlesztésére. A kiírásban megfogalmazták, hogy a beszerzésre tervezet villamos motorvonatnak legalább 600 ülőhelyesnek, és legalább 720 férőhelyesnek kell lennie.

A MÁV-START 2019 őszén lehívta a 2. KISS opciót, ezzel megnyílt az út ahhoz, hogy 2022-ben 40 nagykapacitású, 6 részes 600 ülőhelyes motorvonatja legyen a MÁV START Zrt-nek.

A személyszállítás fejlesztésének helyes irányáról szakmai körökben a következő általános vélemény terjedt el:

A mobilizáció robbanásszerű fejlődése Nyugat Európában oda vezetett, hogy az erőteljesen fejlődő közúti konkurencia az érintett vasutakat a személyszállításnál is korábban kényszerítette a technológia erőteljes megváltoztatására. A „kisebb vonatokkal gyakrabban, gazdaságosabban" alapelv az ütemes, gyakori közlekedés bevezetését, az áruszállítás csökkenése miatt „szabaddá vált" infrastruktúrán a személyszállítási piaci kínálat növelését jelentette. Szükségesnek tartjuk felhívni a figyelmet arra, hogy a személyszállítás növekedésének üteme, néhány kiemelkedően jól működő európai vasútnál nagyobb, mint az EU várható átlagos növekedése. Az átlagszámok – noha kétségtelen növekedést mutatnak – tartalmazzák a gyengébb eredményességű (esetenként a MÁV-nál is gyengébb!) EU-s vasutak számait is. Itt elsősorban a görög, finn, ír, portugál vasutakra gondolunk. Ez a „markáns" technológiaváltás megkövetelte a járműpark módosítását, a kis egységek üzembeállítását, a mozdonyok helyett a motorkocsis üzem széleskörű bevezetését.

A személyszállítási szolgáltatások egyéb területeken történő javítása mellett a nyugat-európai vasutak személyszállítási sikereit elsősorban a járműparkjuk korszerűsítése, a könnyű motorvonatok elterjedésével alapozták meg. A hazai személyszállító vasúti járműpark magas életkora, műszaki elavultságuk feltétlenül szükségessé teszi a járművek cseréjét, részben rekonstrukcióját. A magyar vasút csak akkor számíthat a társadalom szempontjából hosszú távon szükséges, „környezetkímélő", költségtakarékos személyszállítási tevékenységének piaci sikerére, ha a járműcsere, illetve átalakítási program tervezése és megvalósítása során figyelembe veszi a fejlettebb vasutak tapasztalatait.

A könnyű építésű ezért kis tömegű, a vonatforgalomhoz méretezett kapacitású motorvonatok elterjedésének eredménye: a személyszállító vasúti járművek élettartamköltsége kisebb lesz, mintha túlméretett kapacitású vonatokat közlekedtetünk. Ezt az igen fontos eredményt a MÁV és a GYSEV villamos motorvonat beszerzésekkel is alátámaszthatjuk már.

Azok számára, akik jelen voltak a 2018. márciusi KTE konferencián, ismerősnek tűnhettek az előző gondolatok. Nem véletlen, mert 2006-tól az ezredfordulón megálmodott helyes útra lépett az első motorvonati tender megvalósításával a MÁV is. A közlekedjünk gyakran a szükséges méretű vonatokkal – a mi utasforgalmi viszonyink között előváros forgalomban is ez általában kis egységek óránként többszöri indítását, érkezését jelenti, - erre az útra tért át a MÁV és a GYSEV is. A „kis egységekkel gyakran" helyes elven változtatni igen kockázatos, mert a túlméretés, nagykapacitású vonatokon,- ha a közlekedő vonatokon napközben kevés az utas,- akkor a rosszul kihasznált járatokon a gazdaságos vasútüzem, mint alapvető vasútgazdasági érv nem teljesülhet. Azt gondolom és vallom, hogy a hivatásforgalomban, elővárosban a vasúti személyszállítás további fejlődése megköveteli a vonatközlekedés járatürüségének további növelését. A helyes út tehát, először kis egységekkel gyakrabban, majd ha már megtelt minden vonat, akkor szükséges a nagyobb kapacitású vonatok közlekedtetésére áttérés.

2. Az elővárosi célú vasúti személyszállítás

2.1 Budapesti elővárosi vasutak utasforgalma, sajátosságai

Ismert, hogy Budapest központú országunkban, a fővárosban és vonzáskörzetében élő lakosok utazási igénye a legnagyobb. A 188 településből álló, 3,8 millió lakosú budapesti agglomerációban az utasok túlnyomó részét a napi ingázók teszik ki. A budapesti elővárosi nagyvasutat használók száma a 11 vasútvonalon 2018. évben munkanapokon meghaladta a napi 165-170 ezer főt, amely figyelembe véve a munkanapokon közlekedő elővárosi vonatok számát (743) átlagosan 229 fő lesz ebben a menetrendi évben.

A MÁV-START információja szerint 2017-ben az elővárosi vasútvonalak közül bevételi szempontból a Budapest–Cegléd–Szolnok, a Budapest–Vác–Szob, a Budapest–Újszász–Szolnok, a Budapest–Székesfehérvár vonalak és a Budapest–Komárom vonalszakasz a legfontosabbak. Ez az öt vasútvonal adja az elővárosi bevételek háromnegyedét. Ebből következik, hogy napi átlagban 127 ezer utas jutott erre a legforgalmasabb 5 elővárosi vonalon közlekedő 380 járatra. (lásd az 1. táblázatot)

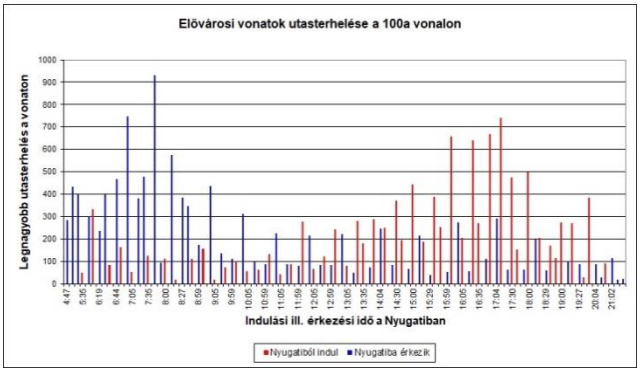
1. táblázat: A legforgalmasabb 5 Budapesti elővárosi vasútvonal napi járatszáma 2019/2020 évi menetrendben:

Vonal	Induló elővárosi vonat db	Érkező elővárosi vonat db	Napi összes elővárosi vonat db	Jellemző elővárosi vonattípus 2020-ban
1. Bp. – Komárom *Oroszlány	21+14*	23+12*	70	FLIRT
30a. Bp.-Székesfehérvár *Martonvásár	44 +16*	41 +18*	119	FLIRT
70. Bp. – Vác – Szob	47	44	91	FLIRT és V43-as ingavonat
100a. Bp.- Cegléd-Szolnok	36	33	69	FLIRT és V43-as ingavonat
120a Bp. - Újszász-Szolnok	26+2	26+10	64	V43-as ingavonat
Összesen közlekedő elővárosi vonat/nap	**173**	**207**	**380**	
Budapest előváros 11 vonalán összesen			**743**	

Az 1. táblázat utolsó sorában feltüntettük a teljes budapesti elővárosi járatszámot hétfői munkanapon. Feltételezve, hogy valamennyi elővárosi utas az elővárosi járatokat veszi igénybe és más távolsági, sebes és gyors vonatot nem, akkor egy járat maximális utas száma 229 főnél kisebb vonat terhelést mutat.

Elismerve a MÁV elővárosi vonalainak javuló állapotát, az elmúlt közel két évtizedben végrehajtott, illetve jelenleg is folyó infrastruktúrafejlesztéseket, (1., 2., 30a., 40a., 70., 71., 80a., és 100a., 120a vonalakon) nyilvánvaló a jobb menetrend, a rövidebb eljutási idő az új, gyors motorvonatokkal sikerre vezet, ezt visszatükrözi a több utas. A szolgáltatás javítását azonban mérséklik a sajnálatosan meglévő fejpályaudvari szűk kapacitások, amelyek sok évtizede sötét foltjai a MÁV-nak. A MÁV által kommunikált utas számok szerint a megvizsgált 5 legnagyobb forgalmú elővárosi vonalon egy közlekedő elővárosi vonatra az átlagos utas szám 334 fő volt 2016-ban. Tekintettel arra, hogy a MÁV-START majd a KISS motorvonatain lesz először utasszámláló berendezés, amely képes lesz majd ajtónként kimutatni a leszálló és felszálló utasok számát, arra ma nincs pontos adatunk, hogy az átlagos 334 utas/vonat érték konkrétan állomásközönként mennyi utast jelent az egyes vonatokon.

Ezen az 5 elővárosi vonalon a 2019/2020 évi menetrendben naponta összesen 380 elővárosi vonat indul és érkezik. A pontos mérési technika hiányában az utazok számának időbeni eloszlására fontos információkat nyerhetünk, ha egy korábbi 2009 -2010-ben készült vonalankénti utasfelmérés adataiból készített diagramokat megtekintjük. Lásd pl., a 100a vonal napi utas szám eloszlás diagramját. Hasonló „szőrős ábrákat" mutatunk, a 70 és a 120a vonalról. Lásd később a 13. és 14. ábrákat.



1. ábra: 100. a vonal napi elővárosi utas számának időbeni eloszlása

2. táblázat: A korszerűsítendő Budapesti elővárosi vonalakon jellemző elavult vonattípusok

Vonal	Szerelvény összeállítás	Egy szerelvény ülőhely kapacitása
70 Bp. Nyugati pu. – Vác – Szob	BDV V. motorvonat	298
	BDt + 6 Bhv (V43-as inga)	532
80a Bp. Keleti pu. – Gödöllő – Hatvan	BDt + 5 Bhv (V43-as inga)	456
	BDt + 3 Bhv (V43-as inga)	304
100a Bp. Nyugati pu. – Cegléd – Szolnok	BDt + 6 Bhv (V43-as inga)	532
120a Bp. Keleti pu. – Újszász – Szolnok	BDt + 6 Bhv V43-as (inga)	532

2.2 A nagykapacitású vonatbeszerzés indoklása:

A MÁV nagykapacitású elővárosi járműbeszerzésének tervezésekor a következő, elavult ülőhely kapacitású vonatok kiváltása volt a cél. (Lásd a 2. táblázatot.)

Következő kérdés, ezek szerint a MÁV-START kinőtte a FLIRT flottát?

Abban, szakmai körökben szinte mindenki egyetértett, hogy a fenti vonalak fejlesztés előtti utasforgalma is igényelt egy a FLIRT-nél nagyobb ülő és férőhely kapacitású villamos motorvonatot. A 2011. évi nagy villamos motorvonat beszerzési projekt megálmodásakor egy kb. 330 -350 ülőhelyes 70 db motorvonat és opcióként 18 IC motorvonat beszerzése volt tervezve. A terv csak terv maradt. Majd több mint egy év késleltetés után az uniós források kármentéseként a MÁV-START és a GYSEV közösen folytatta a FLIRT beszerzéseket. A nagyobb kapacitású motorvonatok beszerzésére további évekig várni kellett. Majd 6 évvel a meghiúsult nagykapacitású motorvonati tender után megjelent a tenderfelhívás, immáron 600 ülőhelyes motorvonatok beszerzésére.

Indokolt-e és főleg gazdaságos-e a közel 3 FLIRT ülőhely kapacitású KISS beszerzése?

2.2.1 Kezdjük a beszerzési árak összehasonlításával.

Az első motorvonati tender eredményeképpen a MÁV a 2006-ban a FLIRT-eket 4,8 millió Euróért vásárolta meg, azaz 1200 millió forint/motorvonat áron. 2011-ben az addigra világhírű FLIRT már 5,3 millió Euró lett, és akkori euró/forint árfolyamon átszámítva 1400 millió forint. Azaz 1 FLIRT férőhelyért 3,2 millió forintot (ülőhelyenként számítva közel 5,7 millió forintot) fizetett a MÁV és a MÁV-START.

A MÁV FLIRT-nél korszerűbb, kényelmesebb és magasabb szolgáltatási színvonalat képviselő 10 GYSEV FLIRT[3] teljes beszerzési költsége 2018-ban 21700 millió forint, azaz ülőhelyenként 10,3 millió Ft, férőhelyenként pedig 5,8 millió Ft volt.

A MÁV-START 2017-ben kötött negyven, emeletes motorvonat szállítására keretszerződést a közbeszerzésen kiválasztott Stadler céggel, ebből még 2017-ben 11 nagy kapacitású motorvonat gyártását megrendelték 60,5 milliárd forint, értékben majd 2018-ban további nyolc jármű megvásárlásáról írtak alá megállapodást 39 milliárd forintért. Végül a MÁV-START 2019. szeptember 3-án kötött megállapodást a Stadlerrel, amely azonban csak akkor válik hatályossá, ha mind az Európai Unió, mind a magyar nemzeti költségvetés finanszírozását megkapja. Az utolsó opcióban a 21 KISS beszerezési költsége 100,75 milliárd forint (337,7 millió USD). A 40 KISS vételára tehát összesen 200,25 milliárd forint lesz. Azaz 1 KISS férőhely ára 6,95 millió Ft, illetve 1 ülőhelyé 8,3 millió Forint lesz. Belátható, hogy a forint/euró árfolyam kedvezőtlen alakulása miatt a KISS lényegesen megdrágult forintban kifejezve. Tekintettel arra, hogy a MÁV FLIRT és KISS ülései és utas komfortja közel azonos, célszerűen ezek árát hasonlítom össze, a beszerzéskori euró árfolyamon. Az adatokat a következő táblázat mutatja:

3. táblázat: MÁV és GYSEV korszerű villamos motorvonatok beszerzési költsége

Motorvonat beszerzés éve	Vevő:	Jármű ára millió Euró /millió Forint*	1 ülőhely ára millió Forint*	1 férőhely ára millió Forint*
FLIRT 2007.	MÁV Zrt	4,8 / 1200	5,69	3,19
FLIRT 2012.	MÁV-START Zrt	5,3 / 1378	6,53	3,66
FLIRT3 2017.	GYSEV Zrt	7 / 2170	10,3	5,79
KISS 2018-2019.	MÁV-START Zrt	15,7/5019	8,37	6,97

Megjegyzés *szerződéskötés Euró/Forint árfolyamon átszámítva

A MÁV-START elővárosi villamos vontatású járműtípusainak ülőhely kapacitását összehasonlítjuk, a következő kép rajzolódik elénk. (lásd a 4. táblázatot). A táblázatban a MÁV-START Zrt, Budapestről kiinduló jellemző elővárosi felhasználású 2017-ben közlekedett vonattípusa szerepel. A táblázat utolsó oszlopa a 2020-ban üzembe álló korszerű KISS emeletes motorvonat ülőhely és férőhely adatait mutatja. A táblázat utolsó két oszlopa pedig az elővárosi vasúton szükséges gyors utas csere lehetőségét mutatja az összes ülőhely, vagy az összes férőhely /oldalanként nyíló ajtószárny mutatószámmal a MÁV-START egyes vonattípusainál. Ebből látható, hogy a korszerű motorvonatok gyorsabb utas cserére képesek. A 6 részes KISS motorvonat a reggeli és a délutáni csúcsidőszakban a jelenlegi ingavonatokhoz képest korszerű és minőségi, 21. századi szolgáltatás nyújtására lesz képes. Egy KISS férőhely kapacitása 720 utas, amely közel 2 FLIRT férőhelynek felel meg. (Egy FLIRT 376 férőhelyes. Állóhely területe 3fő/m^2-tel számítva). A férőhelyek összehasonlítását a szinkron üzemben közlekedő FLIRT nyerte meg 32 férőhely többlettel. Az ülőhelyeket összehasonlítva a kevés kerékpárszállításra berendezett KISS-ben 180, amíg a balatoni, nyári, sok kerékpárszállításra kialakított változatban 138-al több ülőhely van, mint a dupla FLIRT vonatban. Az ülőhely összehasonlítást tehát a KISS nyeri meg.

4. táblázat: MÁV-START elővárosi vonattípusok összehasonlítása

Vonattípus	Ülőhely	Férőhely max.	Oldalankénti ajtók/ajtószárny	Ülőhely/ajtószárny	Férőhely/ajtószárny
V43 + 4 német kocsi	332	**550***	8/16	20,75	34,4
V43+7 kocsis modernizált BHv inga	524	**740***	20/20	26,2	37
BDvmot 4 részes	312	**500***	7/14	22,3	35,1
FLIRT	211	**387****	6/12	17,6	32,3
2 FLIRT	422	**774****	12/24	17,6	32,3
KISS	560…600***	**720****	12/24	25	30

*a szokásos 3fő/m^2 állóhelyfelületre méretezéssel a felszálló ajtók és a WC-k előtti részek területe nélkül.

** azonos szempontú 3 fő/m^2 állóhelyfelület alapján számítva a jármű engedélyezett férőhelye.

***Kerékpár szállítási igénytől függően változtatható a KISS ülőhelye

A KISS és a FLIRT járműveket összehasonlítva megállapítható, hogy hangsúly eltolódás következett a MÁV-START-nál a motorvonat beszerzéseknél a férőhely és ülőhely vonatkozásában, továbbá a felhasználásban is, mert mindkét vonattípust egyre gyakrabban használja az üzemeltető hosszabb távú forgalomban is, ezzel javítva a hétvégi távolsági utazások kulturáltabb kiszolgálását. Ez a hangsúlyeltolódás a fokozottabb komfortra törekvés pl., a beépített WC-k számában is megfigyelhető.

A továbbiakban minden összehasonlítást a FLIRT és a KISS motorvonatokra korlátozunk.

2.3 Férőhely vagy ülőhely fontossága

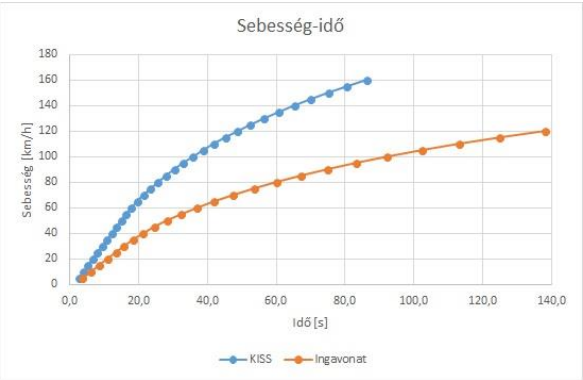
A rendszerváltozás utáni évtizedben a MÁV-START Zrt az elővárosi közlekedés fejlesztésekor a minél nagyobb férőhely beszerzésére fektette a hangsúlyt. Az első villamos motorvonati tender kiírásakor 2004-ben a személyszállítás vezetői azt hangsúlyozták, hogy a beszerzett motorvonatok férőhely kapacitása legyen az összehasonlítás egyik fontos eleme. A szélsőséges – metrószerű kevés ülőhelyet, ám igen magas férőhelyet- eredményező konstrukciókkal sikeres pályázást a jól megválasztott pontozási rendszerrel lehetett elkerülni. Ez a koncepció a MÁV-START-nál 2018-ig tartotta magát.

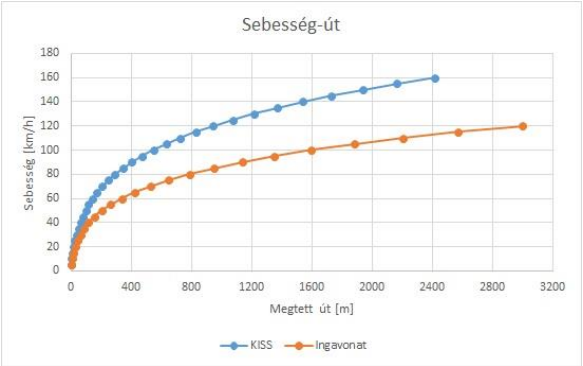
Nyilvánvaló, ha az új motorvonatok felhasználását hosszabb távolságú járatokban közlekedésre, azaz 2 óránál hosszabb utazásra is tervezik, akkor az utasok komfortját a rövid távú utazás komfortjánál magasabb, kényelmesebb ülésekkel, kényelmes fejtámlák, kartámok beépítésével, több WC és mosdó alkalmazásával, esetleg 1. osztályú ülésszakasszal büfé, vagy étkezőszolgálat biztosításával, stb., kell és lehet teljesíteni. A komfortosabb, több órás utazásra tervezett villamos motorvonat beszerzésben az úttörőszerep a GYSEV-é volt és 10 db FLIRT^3 egyszintes motorvonatának beszerzésekor valósult meg 2017 -2018. években. A GYSEV 10 db FLIRT^3 motorvonata napjaink legkomfortosabb regionális járműve, amellyel a GYSEV a több órás utasok kényelmes és komfortos kiszolgálását maradéktalanul biztosítani tudja.

A MÁV-START az emeletes KISS beszerzésével törekszik a hosszabb távú utazási igényeket is kielégíteni.

A KISS a 8 hajtott tengelyén kétszer nagyobb vonóerő kifejtésére képes, mint a 4 hajtott tengelyes FLIRT. Hasonlóan a két vonattípuson a fékezés is hasonló, és a KISS villamos fékteljesítménye a nagyobb. Az is nyilvánvaló, hogy a vonattömegek különbözősége miatt fékezéskor a KISS esetében szükség van a légfék intenzívebb használatára, mert a hajtott tengelyek villamos fékje nem elégséges a motorvonat elvárt üzemi lassulását kiváltani tisztán villamos fékkel. Az üres FLIRT-eknél a villamosan fékezett 4 tengelyre jutó tömeg az összesből közel 60%. Ezért a villamos fék igen hatásos, normális üzemi lassításkor a légfék mérsékelt használata a jellemező, a vonat alacsony sebességekor lép működésbe és a vonat állva tartását biztosítja. Nyilvánvaló a KISS nagyobb tömege miatt erre a FLIRT-hez hasonló mértékben nem lehet képes, a KISS-nél a légfék üzemi használata mindig szükségszerű. Noha a két vonattípus tényleges összehasonlítására a cikk lezárásáig nem volt lehetőség, azt valószínűsíteni lehet, hogy a KISS valamivel elmarad energiahatékonyságát tekintve a FLIRT-hez viszonyítva.

Mivel a KISS beszerzésekor a 70. és a 100a. vasútvonal V43-as vontatású ingavonatai voltak a kiváltandó célként megjelölve, számítások készültek egy MÁV V43-as ingavonat és a KISS ismert műszaki adatainak összehasonlítására.





2. ábra: a V43-as ingavonat és a KISS motorvonat sebesség-idő diagramja (Forrás: Gáspár Zoltán)

3. ábra: a V43-as ingavonat és a KISS motorvonat sebesség-út diagramja (Forrás: Gáspár Zoltán)

A korszerű KISS vontatási energetikai előnyét szemlélteti a 2. és a 3. ábra: amely szerint, amikor a KISS 120km/h-val száguld indulás után 50 másodperccel, akkor a V43-as ingavonat sebessége alig 70 km/h. Ez a gyorsulásban meglévő előny a fürgébb motorvonatok rövidebb menteidőben való közlekedtetését eredményezi.

A KISS és a FLIRT motorvonat intenzív gyorsító képessége nem csak a menetidőre, hanem az energiafogyasztásra is kedvező hatással van. Ezt szemlélteti a 3.b. ábra. A vizsgált vonattípusok rávilágítanak a nagyobb gyorsulással elérhető előnyökre. Az ábrán jól látható, hogy a V43-as ingavonat indulástól számított több mint, 3000 m megtétele után éri el a 100km/h sebességet. Vagyis a rövid megálló

távolságú elővárosi vonalakon a 100km/h-nál nagyobb sebességre megállapított menetrend a V43-as ingavonat számára teljesíthetetlen és vonatkéséseket okoz.

A cikkben összehasonlított FLIRT, FLIRT[3] és KISS főbb műszaki és szolgáltatási paramétereit az 5. táblázatban mutatjuk be.

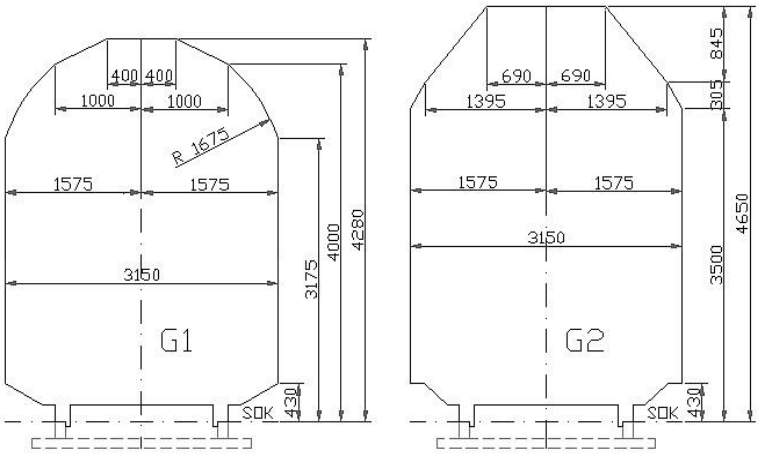
5. táblázat: A FLIRT és a KISS főbb műszaki paraméterei:

	MÁV, GYSEV FLIRT	**GYSEV FLIRT3**	MÁV-START KISS
Szállítás éve	**2007-2015**	**2017-2018**	**2020-2022**
Szállított jármű	133	10	40
Főbb műszaki adatok			
Szerkesztési szelvény	UIC 505-1	UIC 505-1	G2, EN 15273-2
Vonathossz (mm)	74278	77100	155880
Szélesség (mm)	2880	2820	2820
Magassság (mm)	4280	4280	4595
Vonat légtérfogata m3	823,2	851,2	1 839,0
Egy ülő utasra jutó légtérfogat utas/m3 utastér tartozékokkal együtt számítva	3,9	4,1	3,1
Férőhelyterhelésnél 1 utasra jutó légtérfogat utas/m3	2,2	2,3	2,6
Hajtott kerék átmérője	860	860	920
Vonattömeg (tara) (t) menetkész**	123	132	296/318**
Tengelyek száma	10	10	24
Átlagos tengelyterhelés ülőhelyfoglaltsággal	14	14,9	14,3
Legnagyobb, megengedett tengelyterhelés teljes ülőhelyfoglaltsággal (tonna)	18	18	21
Teljes terhelés esetén az átlagos tengelyterhelés(tonna)	15	15,3	14,7
Max. Teljesítmény (kW)	2600	2600	6000
Max. Vonóerő (kN)	200	200	400
Max. Sebesség (km/h)	160	160	160
Üzemi gyorsulás (m/sec2)	1,2	1,2	1,1**
Fékezési lassulás (m/sec2)	1,3	1,3	1,3
Fajlagos vontatási teljesítmény teljes terheléssel (kWh/tonna)	17,3	17,0	17
A vonat légállási felülete m2	12,33	12,07	12,96
Vonat homlokfelület nagysága FLIRT =%	100,00	97,92	105,12
Gyorsulás 0-160km/h sebességre, (a KISS adata számított érték)	63	62	85**
Feljáróajtók oldalanként 2 szárnyú legalább 1300 mm széles	6	6	12
Férőhely: fix ülések	200	194	580
Lehajtható ülések	11	14	20
Ülőhely összesen	211	208	600
Férőhely: összesen	376	375	720
Páholyos ülőhelyek aránya (%)	89	89	60
Páholyos ülésosztás mm	1800	1800	1800
Soros ülések aránya %	11	11	40
Soros ülésosztás mm	900	850	770
Közlekedő folyósó legkisebb szélessége mm	560	550	460
Minimális bejárható ívsugár üzemben (m)	150	150	150
Minimális bejárható ívsugár műhelyben (m)	125	125	125
Padlómagasság az alacsonypadlós részben (mm)	600	600	600
*Megjegyzés: **Tényleges mérési,vagy hiteles ellenőrzött adat 2020. február 15-én nem volt*			

További megjegyzések:

Mivel a KISS az írás leadásáig nem volt az üzemeltető által mérlegelve a vonat menetkész tömegére a KISS oszlopában megadott érték nem hiteles, változhat.

A 4. ábrán bemutatott G1 és G2 szerkesztési szelvényekről néhány gondolat. A magyar vasúthálózat űrszelvényébe illeszthető, ún., járműszerkesztési szelvény azokat a jármű kontúr méreteket mutatja, amelyen belül kell a jármű valamennyi méretének lennie. Ebből következtetni lehet a szállítandó jármű fizikai korlátaira, olyanokra, mint pl. az emeletes jármű felső szintjén, az állóhelyen az ülések felett nehezen biztosítható csomagtartók elhelyezése.



4. ábra: A MÁV által használatos G2 szerkesztési szelvény

Az álló utasoknak alkalmatlan teret szemlélteti az 5. és a 6. ábrán sárgával jelölt kapaszkodó, amely a KISS motorvonat emeletén, földszintjén végigfut.

5. ábra: A KISS emeleti utastér részlete

6. ábra: A KISS fölszinti utastér részlete

Az emeletes vonat alsó szintjén is végig húzódó sárgaszínű kapaszkodó jelzi, hogy „vigyázz! fejeket le” az ott elhelyezett csökkentett méretű poggyásztartó miatt a kocsik ülések felett részének egy része csak ülő utasok számára alkalmas. (6. ábra)

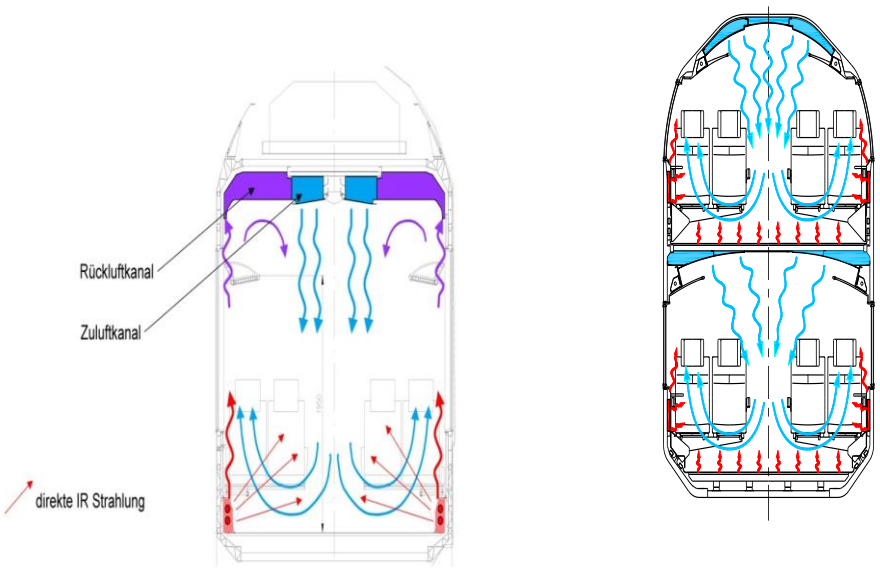
A következő 6. táblázat szolgáltatási paraméterei a megrendelők igényeit tükrözik, ezért ezek szerepeltetése inkább arra szolgál, hogy a megrendelő megkövetelje egy évtized fejlődését és a megrendelői igények változását. A gyártó cégek kötelessége azokkal a műszaki és szolgáltatási paraméterekkel szállítani a járműveiket, amelyekkel a megrendelő igényeit teljesíteni tudja.

Ezért a hosszabb távú utazásra is tervezett KISS vonatoknál sajnálatos tény, hogy a KISS ülések és ülésfejtámlák komfortja a régi FLIRT-el lesz azonos és nem a GYSEV FLIRT^3-al egyezik meg.

6. táblázat: A FLIRT és a KISS főbb szolgáltatási paraméterei:

FLIRT és KISS jellemző szolgáltatási paraméterei	MÁV-GYSEV "Flirt1"	GYSEV "Flirt3"	MÁV-START KISS
Beszerzés éve	**2007-2016**	**2017-2018**	**2020-2022**
Közlekedő folyósó legkisebb szélessége	560	550	460
WIFI szolgáltatás	van	van	van
USB csatlakozó ülésenként	nincs	ülésenként	ülések felénél
230V-os számítógép csatlakozó a fix üléseknél	nincs	ülésenként	ülések felénél
Villamos kerékpár, kereksszék akkumulátor töltéshez csatlakozó 230V-os	nincs	kialakítva	25%-ban
Villamos kerékpár töltéshez csatlakozó 36V-os	nincs	kialakítva	25%-ban
Kartámok az ülés mindkét oldalán	nincs	van	nincs
Ülés fejtámlák komfortja több órás utazásra	kényelmetlen	kiválló	jó
Páholyos ülés közé falra szerelt asztal	nincs	van	van
Soros elrendezésű ülések távolsága mm	850	900	770
Akadálymentes WC-k száma	1	2	4
ebből PRM TSI-nek megfelelő mozgássérült WC	1	1	1
pelenkázóasztal a WC-ben elhelyezve	0	1	1
Szállítható kerékpárok/kerekessszékek száma alapesetben	12 illetve 4	?	12 illetve 4
Szállítható kerékpárok száma nyári változatban + 24 kerékpár 72 ülés	változatlan	változatlan	36 illetve 12
Videó-megfigyelő rendszer	van	van	van
Klímaberendezés	van	van	van
Lehajtható ülés kartám	nincs	van	
Ülések kartámmal elválasztása	nincs	megoldott	
Ruhafogas kampók vizszintesen elmozdíthatók	nem	igen	nem
páholyos ülésosztás mm	1800	1800	1800
valamenyi ülésről aakdálytaln kilátás a vonatból	yobb részben megol	akadálymentes	akadálymentes
ülések borítása, kárpitozása, kényelme több órás utazáshoz	elégséges	kiváló	kiváló
szelektív hulladékgyüjtés lehetősége	megoldott	megoldott	megoldott
TSI szabványos méretű vizuális utas tájékoztató panel	korlátozott	van	van
vészkijárati funkcióra kocsinként, oldalanként 1-1 speciális, kalapáccsal betörhet	van	van	van
Szükségszellőztetés kocsinként oldalanként nyitható osztott üveges ablakkal,	van	4	van
Teljesértékű poggyásztartó páholyonként *	lacsonypadlós térbe	acsonypadlós térb	nincs
Kis kapacitású poggyásztartó páholyonként (500x260x150 mm)	nincs	nincs	felső szinten
Teljesértékű, nagyméretű a PRM TSI-nek megfelelő WC, mosdó, kézszárítóval	1	1	1
pelenkázóasztal a WC-ben elhelyezve	nincs	van	van
Szabványos zárt WC	nincs	1	3
UIC szabványú audió és vizuális utastájékoztatás	van	van	van
Utasszámláló berendezés fel illetve leszálló utasok külön megszámolásával	nincs	nincs	ajtónként
Vizúális tájékoztató, amely javasolja az utasoknak az egyenletes utaselosztását	nincs	nincs	van
Hang- és hőszigetelés a teljes vonatra	k⊡1,6 W/m2K	k⊡1,6 W/m2K	k≤1,6 W/m2K
Az utastéri zaj 120km/h sebesség esetén nem lehet magasabb, mint 70 dB(A).	teljesül	teljesül	teljesül
Futásjóság, sperlingszám legalább 2,3 legyen	teljesül	teljesül	még nincs adat
A vonat teljes hosszában áttekinthető egyik végéről	igen	igen	nem

7. ábra: A KISS ülései azonosak, mint a régi FLIRT-eké, ezért, változatlanul az elővárosi utazás komfortjának felel meg. 8. ábra: jobb oldali kép. A GYSEV FLIRT[3] tágasabb utastere a kisebbik WC-vel és a többcélú térrel



9. ábra: Az egyszintes FLIRT (bal ábra) tágasabb utasterében kedvezőbb a légáramlás, egyszerűbb a fűtés hűtés megoldása, mint a KISS-nél.

A 7-9. ábrák tanulmányozása rávilágít az emeletes és az egyszintes vonatok utastereinek különbözőségeire, bemutatja az utasok számára biztosítható előnyöket, a két járműtípusban rejlő lehetőségeket, illetve korlátokat.

2.4 A megengedett legnagyobb tengelyterhelés

Az ezredforduló előtt és után is fontos szempont volt a pálya kedvezőbb, alacsonyabb tengelyterhelésű igénybevétele, ezért az akkor egységes MÁV 18 tonna/tengelyben maximálta a beszerzendő személyszállító járművei tengelyterhelését. Fontos megjegyezni, hogy az ezredforduló után az egységes MÁV idején a pályakímélés a MÁV csoportban - hasonlóan az európai vasutak gyakorlatához - fontos szempont volt. Következésképpen a könnyű, alacsonyabb tengelyterhelésű motorvonati konstrukciók beszerzésének fontosságát elismerve azok beszerezését támogatták. Az is tény, hogy az ezredforduló után még létező MÁV FKI (MÁV Fejlesztési és Kísérleti Intézet) és jogelődje a MÁV VTKI (Vasúti Tudományos Kutató Intézet) számos összehasonlító vizsgálattal kimutatta, bizonyította, és alátámasztotta az alacsonyabb tengelyterhelés előnyeit, a pálya kímélésének fontosságát a pályavasúti költségekre gyakorolt kedvező hatását. Az első motorvonati tenderben a 18 tonna/tengely betartására erős szankcióval – a vételtől elállással fenyegetéssel - lehetett érvényt szerezni. Ezért a 18 tonna/tengely terhelése tartható volt az érvényes ajánlatokban. Az egyik ajánlattevő ennél nagyobb tengelyterhelésű vonatát ajánlotta, ám amikor megtudta, hogy győzelme esetén, - ha beigazolódik, hogy 250 kg-al meghaladná a 18 tonnát, és ez a jármű mérlegelésekor kiderül, - akkor a MÁV eláll a vételtől. Ezt követően az említett ajánlattevő visszavonta ajánlatát. Az is igaz, hogy a 18 tonna/tengely, kötelező betartása miatt akkor emeletes motorvonatokkal nem lehetett sikeresen pályázni, mert nem létezett, sőt ma sem létezik a 18 tonna/tengely maximális értéket teljesítő emeletes villamos motorvonat.

Részlet egy tanulmányból, amely 1992 készült, a MÁV Vasúti Tudományos Kutató Intézetben, és a V43-as 20 tonna tengelyterhelésű mozdonyos személyvonatot hasonlította össze a MÁV akkor új, korszerű BDv típusú motorvonatával, a pályára gyakorolt igénybevétel szempontjából.

Az ezredfordulón teljes mértékben igaz volt a következő állítás: A magyar vasúthálózat pályaviszonyainak ismeretében nem lehet túlértékelni a villamos motorvonatok azon műszaki sajátosságát, hogy kisebb (18-19 tonna/tengely) tengelyterhelésük és jobb futóművük révén ún. pályabarát, pályakímélő járművek, amelyekre adott határfeltételek között nagyobb sebesség engedélyezhető, mint a nagyobb 21-22 tonna/tengely tengelyterhelésű mozdonyokra. A pálya-igénybevétel, a motorvonat kisebb tengelyterhelése a hajtásrendszer és a gépi berendezések motorvonaton belüli megosztásával tovább csökkenthető. (16-18 tonna/tengely)

Emlékeztetni szükséges az 5 táblázatra, amely jól szemlélteti, hogy a megengedett 18 tonna/hajtott tengely terhelés mellett a FLIRT és a KISS villamos motorvonatok átlagos tengelyterhelése nem éri el a 15 tonnát. E tekintetben tehát mind a két járműtípus ún. „pályabarát" ami a könnyű, alumínium szekrényű járműkonstrukciónak köszönhető. Erre a tudásra lehetett alapozni 2017-ig a motorvonat beszerzések során a 18 tonna/tengelyterhelés korlátozás előírását.

A legnagyobb tengelyterhelés 18 tonnára korlátozásának következetes betartása eredményképpen 2006-2014 között több közbeszerzési eljárásban összesen 123 db 211 ülőhelyes, illetve 376 férőhelyes szinte mindenben azonos FLIRT beszerzése valósult meg a MÁV-START-nál. A GYSEV első 10 FLIRT vonata is maradéktalanul megegyezett a MÁV-START FLIRT-el. Ezzel a hazánkban üzembe helyezett 133 FLIRT egységes elővárosi célra készített, azaz 1 - 1,5 óra utazási komfortra tervezett és megépített járművet eredményezett.

A GYSEV-nél a kisebb forgalom, a nagyobb felhasználási távolság miatt a 2017-ben kiírt újabb 10 motorvonat beszerzésénél, a FLIRT^3 motorvonatok esetében némileg módosultak a kiírási követelmények. Előtérbe került a magasabb utazási komfort és több szolgáltatási paraméterre magasabb műszaki és kereskedelmi színvonalú járműveket eredményező beszerzésre történt a tenderfelhívás. A GYSEV Zrt e beszerzési tender eredményeképpen a Stadler FLIRT^3 motorvonatát választotta. A FLIRT^3 pálya igénybevétel a régi FLIRT-el lényegében megegyezik, legfeljebb 18 tonna/ hajtott tengely. A FLIRT^3-ban az utazási komfort markáns és látható eleme szerint is a több órás utazásnak mindenben megfelelő, kényelmes, vastagabban párnázott, kétoldali kartámos, komfortos fejtámlás ülésekkel tervezett járműbeszerzés valósult meg. A GYSEV az osztrák szakaszára vett Desiro ML Ventus villamos motorvonatok legnagyobb tengelyterhelése még a FLIRT-nél is kisebb, nincs 17 tonna. A GYSEV tehát következetesen kitart a kedvezőbb alacsonyabb tengelyterhelésű személyvonati üzem fejlesztése mellett.

2.5 A pályahasználati díj (PHD) és a pályakímélő motorvonatok

A pályahasználati díjak (PHD) szerkezete és díjelemei országonként, pályaüzemeltetőként eltérnek. A MÁV vasúthálózatra a PHD is több kisebb módosításokkal évről évre változik.

Mi lenne a legfontosabb PHD kritérium?

A PHD ösztönző díjszerkezetével segítse elő a korszerű, pályakímélő, energiatakarékos, villamos motorvonatos vontatás fejlődését, ezért ne részesítse előnyben a nagy tengelyterhelésű a pályát jobban igénybe vevő vasútüzemet, továbbá ösztönzőkkel korlátozza a környezetszennyező dízelvonatású vonatok közlekedését. Nagyon fontos követelmény és cél, a pályabarát és a környezetbarát vasútüzem támogatása közben az, hogy vasútról közútra ne terelődjön át a forgalom.

A fenti célok megvalósításának elősegítése: állami szerepvállalással a közlekedési ágak közötti munkamegosztásban növeljük az energiahatékonyabb és környezetbarát vasút szerepét, azaz olyan szabályzó, ösztönző és szankcionáló rendszer működtetésével, amely a környezetkímélőbb és pályabarát vasútra tereli át a forgalmat. Az államai szerepvállalásra azért is lenne szükség, mert elsősorban a közúti kamionközlekedés a felelős az autópályák, utak gyors elhasználódásért. A környezetvédelem fokozottabb érvényesítése a vasúton a PHD és a közúton pedig az útdíjak esetében sürgősen új gazdasági ösztönző, akadályozó elemek rendszerének bevezetését kell, hogy eredményezze. A bevezetőben említettük, hogy a MÁV-START 2017-ben szakított a korábbi, elővárosban férőhely maximálásra törekvéssel, és az új motorvonati tenderében elméletben a magasabb utazási komfort szerepelt, hogy Záhonytól Nagykanizsáig közeledhessenek a KISS vonatok. Sőt mivel jelenleg a pályahasználati díj nagyságában a tengelyterhelésnek nincs fontos szerepe, a pálya használója nem is érdekelt az alacsonyabb, azaz 16-18 tonna/tengelyterhelésű járművek beszerzésében, mint fontos és betartandó műszaki korlát fenntartásában. Ezért a KISS beszerzésekor a korábbi 18 tonna/tengelyterhelés korlátozás nem szerepelt, a hajtott tengelyek felett teljes ülőhelyfoglaltság esetén a 21 tonna/tengely megengedett érték engedélyezett lett. Ezzel megnyílt az út az emeletes kivitelű motorvonatok beszerzése előtt.

2.6 Vonatszerelvény maximális hosszának előírása

A 2017-es tenderfelhívásban betartandó követelményként szerepelt a 165 méteres vonathossz, amely a kiírásban előírt „Minimum 600 db másodosztályú ülőhely" követelményének megfelelés az egyszintes kivitelben ajánlattételt ellehetetlenítette.

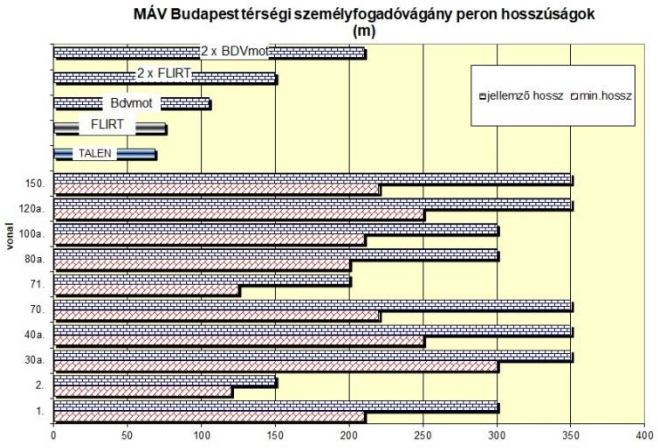
Tudniillik a FLIRT, vagy más egyszintes villamos motorvonat eddig megépített legnagyobb vonathosszai 8 részes kivitelben kb. 350-400 ülőhely kapacitással és kb. 150 méteres vonathosszban léteznek. A MÁV-

START Zrt 2017. évi tenderkiírásakor a 165 méteres vonathossz korlát miatt tehát egyszintes motorvonatokkal nem lehetett megfelelni a pályázati követelményeknek, azaz a 600 ülőhelyes vonatokkal pályázásnak megfelelni.

Kérdés, mi indokolhatta a MÁV-START-nál vonatok hosszának korlátozását?

A lehetséges válasz miatt szükség van a vasúti infrastruktúra vizsgálatára azokon a vasútvonalakon, ahol a beszerzendő járműveket üzemeltetni fogják. Első vizsgálati szempont: az állomási és a megállóhelyi peronok hosszúsága elégséges-e.

Ezért meg kell vizsgálni a MÁV állomásait és megállóhelyeit a megépített peronok hosszát, mindenütt, ahol a beszerzendő vonatokat közlekedtetni tervezik. Egy jármű beszerzési feltételeinek meghatározásakor a kiírás műszaki követelményeinek rögzítésekor szükség van az infrastruktúra adottságainak pontos ismeretére. A peronhosszok felmérése és diagramban rögzítése 2005-ben megtörtént.



10. ábra: Peronhossz a MÁV Budapesti elővárosi vonalhálózatán 2005-ben

A 10. ábrán feltüntettük az akkor jellemzően használt MÁV elővárosi vonattípusokat, azok hosszát. A KISS még nem volt tervben, sőt akkor nem is létezett, de az oszlopdiagram adatai szerint minden Budapestről kiinduló vonalon közlekedhet. Hozzátesszük, hogy a 2., 30a., és 40a. vasútvonalon 2006 után megvalósított, illetve napjaink infrastruktúra fejlesztései eredményeképpen tovább hosszabbodtak az állomási, megállóhelyi peronok. A KISS kiírásában az is szerepel, hogy az emeletes vonatok szinkronüzemét tervezi a MÁV-START vagyis a 300 m-es peronhossz továbbra is követelmény kell, hogy legyen az elővárosi vonalainkon és mindenütt, ahol a KISS üzemeltetését tervezik. A 300 m-es peronhosszúság tehát a KISS tender kiírásakor betartandó követelmény volt, ezért ez nem magyarázza, hogy miért írták elő a vonathossz 165 m-es hosszúságra korlátozását.

2.7 További infrastruktúra követelmények, adottságok és műszaki feltételek vizsgálata:

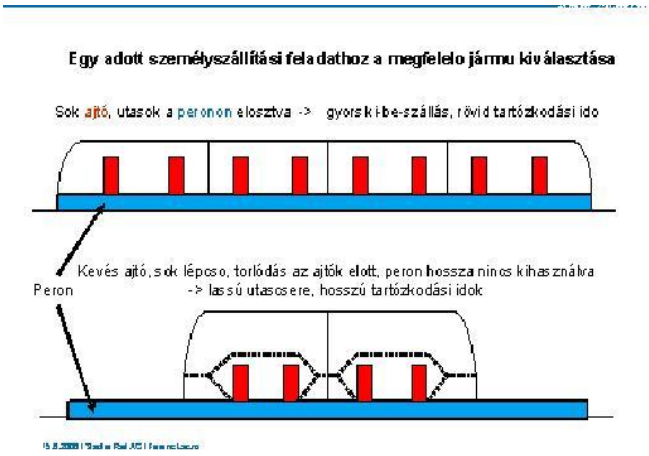
A következő vizsgált szempont a pályára megengedett tengelyterhelés. Elmondható, hogy a Budapestről kiinduló vasútvonalak közül a 142-es lajosmizsei – dízelvontatású - vonal lehet e tekintetben aggályos, de ezen a vonalakon az új emeletes KISS motorvonatok közlekedtetése nincs tervezve, a többi vonalon a szükséges 21 tonna/ tengelyterhelés megengedett.

Fő szempont a pályakímélés lenne. Az nyilvánvaló, hogy a 18 tonna / tengelyterhelésű FLIRT kevésbé terheli a pályát, mint a KISS, amelynek 21 tonna/tengely a pálya igénybevétele. Az űrszelvény, szerkesztési szelvény vizsgálata, egyes kritikus szakaszaiban meglévő korlátok, közlekedést gátló akadályok feltárása. Jelenleg a Budapest Déli alagút az, ahol átépítés nélkül nem közlekedhetnek emeletes vonatok. A Keleti pályaudvari emeletes akadály - a Kerepesi út átépítése után megszűnt. (Emlékeztetőül: az első motorvonati tender előtt a Bp. fejpályaudvarra bevezető vonalak is vizsgálva lettek arra, hogy emeletes kivitelű járművekkel járhatók-e. Akkor még a Keleti 100 lábú híd, a Déli alagút jelentett korlátot.). A következő, járműbeszerzési szempont a várható utasforgalom ismerete, amely a beszerzendő vonatok ülőhely és férőhely kapacitását döntően befolyásolja.

Tudni kell, ha és amennyiben az utasforgalom a vasútfejlesztés hatására oly mértékűre nőne, hogy azt a meglévő infrastruktúra bővítése, azaz 3. vagy 4. vágány építése nélkül már nem lenne lehetséges csúcsidőben óránként több vonat közlekedtetésével sem elszállítani, akkor két út marad az üzemeltető számára:

a./ az igen költséges új vágány építését a pályavasúttól, a tulajdonos államtól kikövetelni, vagy

b./ saját hatáskörben emeletes vonatok beszerzése.



11. ábra: Egy adott személyszállítási feladathoz megfelelő jármű kiválasztása (Forrás: Laczó Ferenc)

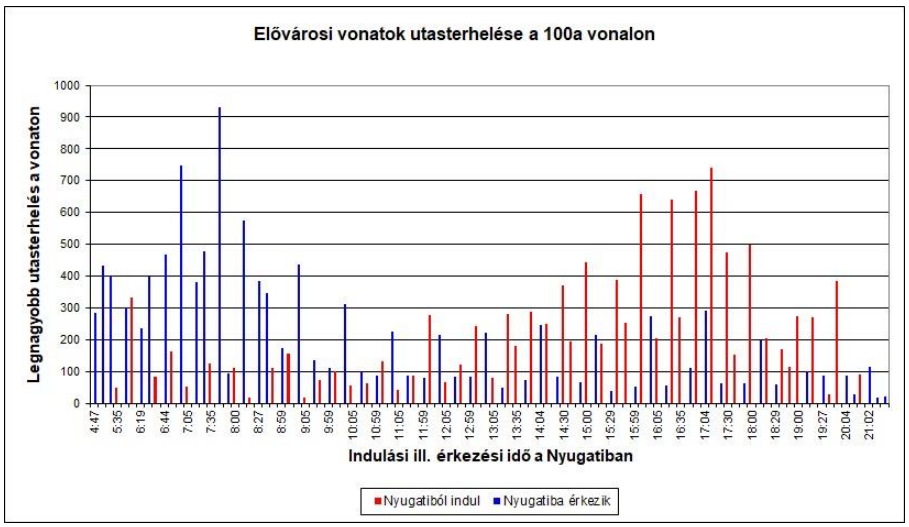
A 11. ábra egyik motorvonat szállító cég ábrája, amelyet a MÁV-nál tartott prezentáción mutatott be, erről leolvasható a két motorvonat típus főbb előnye, hátránya. Az emeletes vonatok bevezetése tehát kompromisszumra kényszeríti a vasúti operátort, lásd az ábra feliratait, ám kétségtelen előnye, hogy az egyébként szükséges járműbeszerzéskor saját hatáskörben egyszerűbb, járműves választ ad a nagyobb utasforgalom lebonyolítására és nem függ a pályavasúttól, így a 3. vágány építésének lassúságától, vagy a meglévő infrastruktúra felújításának pillanatnyi helyzetétől sem.

Tudni kell, hogy az emeletes vonatok közlekedtetése további hátránnyal is jár, ami a 10. ábra feliratából hiányzik. Egy kiváló MÁV-os személyszállítási szakember Gittinger Tibor tapasztalta, hogy a német vasúton az emeletes vonatok közlekedésekor az állomási tartózkodást a lassúbb utascsere miatt a tartózkodási idő növelésével oldják meg. Erre a MÁV-START-nak is fel kell készülnie a KISS-ek esetében.

A 11. ábra rávilágít annak a fontosságára, hogy ha lehet, kerüljük el az emeletes vonatok beszerzését. A következőkben vegyük sorra azokat az objektív szempontokat, amelyek után egy vasút üzemeltető a helyes döntést meghozhatja motorvonatai beszerzéséhez.

2.8 A tervezett, várható utasforgalom vizsgálata

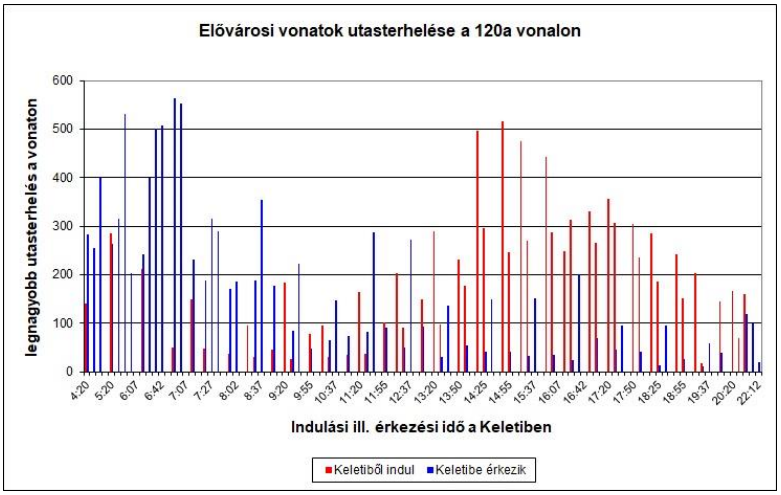
A kérdés az, hogy mekkora azoknak a vasútvonalnak a napi utasforgalma, ahol a MÁV-START ezeket a KISS vonatokat közlekedtetni tervezi. Az utasforgalmi adatok 2010. évi felmérés szerint a következő napi és óránkénti utas terhelést mutatnak a legforgalmasabb Budapest és az elővárosi vonalak végpontjai között.



12. ábra: Előváros vonatok induló, illetve érkező utas a 100a vonal elővárosi vonatain. (Egy 2009. év szeptemberi munkanapon készített felmérés adatai)

A 12. ábra adatai szerint a Bp. nyugati pályaudvarra érkező utasforgalom óránkénti csúcsértékét reggel 7:05 és 7:35-kor beérkező vonat érte el. 750 illetve 930 utassal. A diagramról leolvasható a napi utasforgalom erős ingadozása, időbeni változása a vonatonkénti 20-tól 930-ig érkező utassal. A diagramon pirossal ábrázolt oszlopok a Nyugati pályaudvaron elővárosi vonatra felszállt utasok számát mutatja, amely hasonlóan a vonatonkénti kb. 20-tól 740 utas/vonat érték között változott.

A diagram kék és piros értékeinek változása, az óránkénti utazási igények nagysága a munkahelyek, illetve az iskolák reggeli 8 óra körüli kezdési időpontját is megmutatja. A délutáni budapesti programok időbeni elnyúlása pedig a laposabb piros oszlopokat eredményezi és a vidékre hazautazás változóbb képét tárja elénk. Ha megnézzük a Budapest Keleti pu.- legforgalmasabb 120a vasútvonalának hasonló ábráját, a következő „szőrős ábra" rajzolódik elénk.



13. ábra: Előváros vonatok induló, illetve érkező utasok száma a 120a vonal elővárosi vonatain. (Egy 2009. év szeptemberi munkanapon készített felmérés adatai)

Ehhez igazodóan jól látható, hogy a Budapest irányú terhelési csúcsot reggel 5-8 óra közötti időszakban mérhetünk. A Budapest-vidék irányú utazások időben jobban szétterülnek 14 -20 óra közé.

Az utas felmérést megismételve, a közölt diagramokkal pontosan nem egyező, de valószínű a bemutatott példához hasonló, ám más értékeket eredményező napi utas volt, illetve lesz mérhető.

Könnyen belátható, hogy a vonatonként szükséges férőhely, illetve ülőhelyigényt az óránkénti közlekedő vonatok számából meghatározhatjuk. A csúcsra méretezés esetén 34 ezer utas /19 óra = 1789 utas/óra utazási igényre kell 2027-ben tervezni a 100a vasútvonalra induló illetve érkező vonatok esetében. Kerekítve 1800 utas/óra utasok száma 2027-ben csak úgy teljesülhet, ha a vonatra ráhordás körülményei, a vasút használatára ösztönzés erősödik, a közútról vasútra átszállásra a jelenleg még közúton érkező utas gazdaságilag és a rövidebb utazási eljutási idő előnye miatt motivált lesz.

Az összesített kb., 1800 fő óránkénti utas elszállítása egy induló és egy érkező vonattal is lehetséges, ám az is nyilvánvaló, ide nem fejlődhetünk vissza, mert az óránkénti 1 -2 vonat menetirányonként, csúcsidőben nem nevezhető 21. századi szolgáltatásnak!

Egyetértve a holland vasút törekvésével, az elővárosi közösségi közlekedésben, csúcsidőben kívánatos cél az 5-10 percenkénti induló, illetve érkező vonat. Sajnos ettől a vonatgyakoriságtól nagyon messze állunk. Szükséges azonban megjegyezni, hogy a budapesti elővárosi forgalom egy nagyváros sugárirányú vonalakon történő kiszolgálását jelenti, míg Hollandiában ez a feladat nagyjából azonos, - kisebb - városok egymás közötti összekötését. Szükséges emlékeztetni a budapesti fejpályaudvarok igen elavult biztosítóberendezéseire, amely miatt az 5-6 percnél gyakoribb vonatindítás ma sem lehetséges. Azt nálunk is kötelező megcélozni, hogy minél gyakrabban közlekedjenek az elővárosi vonatok. Reálisan kétvágányú pályán csúcsidőben a 10-15 perces járatgyakoriság bevezetése indokolt. Ez azt jelenti, hogy a KISS-ben, 15 percenként induló vonatok esetében óránként 4 induló vonattal számolva 2400 ülőhely áll majd rendelkezése. (érkező vonatoknál újabb 2400 ülőhely/ óra.) A kérdés, hogy ez az utas mennyiség egy napon belül mekkora időszakban fordul elő és mit mutat 20 órás üzemidőben?

A korszerű elővárosi vasútforgalom szervezés megkövetelné, hogy 10- 15 percenként induljanak csúcsidőben vonatok, illetve érkezzenek a végállomásra, ahol már kiépített nagykapacitású metrókon és más közösségi közlekedési eszközön tovább utazhatnak az emberek.

A jelenlegi tudásunk alapján azt állíthatjuk, hogy a 4800 utas/óra forgalom vasútvonalanként egész napra számítva egy vágyálom csupán. A 600 ülőhelyes KISS bevezetése lehetővé teszi, hogy csúcsidőben óránként vasútvonalanként 2-3 érkező vonaton csak ülő utasokkal érkezzen meg a végállomásra. Ez nagyon jó hír az utasoknak, a kérdés az, hogy a KISS, egy napon hányszor telik meg induló, vagy érkező utasokkal?

Erre a kérdésre a választ 2022. után remélhetjük.

Szükséges annak a tisztázása, hogy a hazai személyszállításban, elővárosi közlekedésben a gyakran közlekedő vonatok mekkora óránkénti járatsűrűséget jelentsenek. Mint az ismeretes a holland vasút már az 5 percenkénti irányonkénti elővárosi forgalom bevezetésére készül, és mi mikor tudunk az irányonkénti 15 percenként elővárosi vonatközlekedésre áttérni?

Az első villamos motorvonati tender kiírásakor a Budapestről kiinduló kétvágányú vonalakon csúcsidőben a 15-20 perces járatgyakoriságot terveztünk. Az egyvágányúra 30 perceset. A menetrendben ellenőrizhető hol tartunk e tekintetben a 2019/2020 évben munkanapokon. Lásd a 7. táblázatot). A 15 perces céltól tehát nagyon mesze vagyunk.

7. táblázat: Munkanapokon óránként közlekedő elővárosi vonatok száma a kezdő és a végpontok között

Vonal *Távolsági vonatok nélkül	nappal (csúcsidőben) óránkénti induló/érkező elővárosi vonatok száma	csúcsidőn kívül, óránként induló/érkező elővárosi vonatok száma	Vonal *Távolsági vonatok nélkül	nappal (csúcsidőben) óránkénti induló/érkező elővárosi vonatok száma	csúcsidőn kívül, óránként induló/érkező elővárosi vonatok száma
1. Déli – Győr ill. vissza	2 / 2	1 / 1	80a Keleti-Hatvan**	2/2	1/1
2. Nyugati - Esztergom	1 / 2	1 / 1	100a Nyugati – Szolnok***	3-4*** / 3	1-2*** / 1
30a Déli-Székesfehérvár	2 / 2	1 / 1	120a Keleti – Újszász	2-3 / 2 -3	1 / 1
40a Déli-Pusztaszabolcs	2 / 2	1 / 1	142 Kőbánya Kispest - Lajosmizse	1 / 1	1 / 1
70 Nyugati-Vác	3-4 / 2-3	1-2 /1-2	150 Keleti - Kunszentmiklós	2 / 2	1 /1
71 Nyugati-Veresegyház	2 / 2	1 /1			

**óránként 1 Gödöllőig közlekedik

*** Cegléd – és Nyugati között

A 7. táblázat nem tartalmazza azokat a távolsági vonatokat, amelyek az elővárosi vonalak kezdő pontjain, azaz Komárom, Székesfehérvár, Pusztaszabolcs, Vác, Hatvan, Szolnok, Újszász és Kunszentmiklós-Tass állomásokon megállnak. Nyilvánvaló, hogy a hivatásforgalomban utazók számára a pótdíjas utazások korlátozottan igénybevett szolgáltatások, ezért az elővárosi közlekedés utasai jól elkülönülnek a többi utastól. Ez a tény megkönnyíti az elővárosban szükséges vonatkapacitások tervezését.

A 7. táblázat rávilágít a Budapest környéki elővárosi közlekedésben legfontosabb infrastruktúra hibáira. A városba közvetlenül bevezető vonalszakaszok szűk kapacitása és rossz műszaki állapota, valamint a fejpályaudvarok elavult biztosítóberendezés miatt kis átbocsátó képességére, aminek következménye a MÁV-START lehetőségeinek korlátozása, járatbővítésének szűkössége. Jól látható, hogy a kétvágányú vonalainkon igen eltérően használja ki, illetve alig él a MÁV-START a járatsűrítés lehetőségével. Ennek fő oka, hogy a fejpályaudvarok biztosítóberendezése igen elavult, és ez nem teszi lehetővé a gyakoribb vonatközlekedést.

A vonathelyzet összefoglalva, a gyakrabban közlekedés hazánkban az elővárosi vonatokon jelentős elmaradottságot mutat az óránként 1-2 indítható, fogadható elővárosi vonat miatt.

2.9 Vonatgyakoriság fontossága és az utas megtartás

A naponta vonattal ingázó utasok, diákok számára az utazási lehetőség gyakorisága, tehát a vonatgyakoriság igen fontos a vasúti szolgáltatás megítélése szempontjából. A rendszerváltozáskor lecsökkent áruforgalom pozitív hozadéka az lett, hogy a személyszállítás előtt megnyílt a lehetőség gyakrabban közlekedni, azaz több vonatot közlekedtetni. Az utasok mindig is előnyben részesítették azt a közlekedési módot, amely számukra szabadság érzetét kelti, időben bármikor és gyakran közlekedő kényelmes járműveket kínál és árfekvése is előnyös.

A vonatforgalom nagyságát ábrázoló diagramok és a várható utasszám növekedés alapján a következő napi elővárosi utast prognosztizálta Budapest Nyugati pályaudvari induló és érkező utas főben összesen 2010-ben a MÁV-START megrendelésére készített tanulmány:

8. táblázat: Elővárosi utasforgalom alakulása a legnagyobb személyforgalmú vonalainkon

Vonalszám	2010.	2016. *	2027. mérsékelt	2027. fejlődő**
70	12981	13 ezer	14 ezer	15 ezer
100a	18998	20 ezer	30 ezer	32 ezer

*A pálya átépítése és járműbeszerzés megkezdése késik, 2020-2022-re tolódik!
**Folyamatosan magas foglalkozatás, gazdasági növekedés és a vasút fejlesztése esetén remélt utasforgalom.

Mi következik a fentiekből?

A naponta általában 4:30-tól, 23:30-ig tart az üzemidő, ebben a tartományban célszerű vizsgálni az induló, érkező vonatokat. (Lásd a 12. és 13. ábrát) Ha ismerjük a napi utas számot, sőt annak óránkénti eloszlását, akkor kiszámíthatjuk az egy elővárosi vonatra jutó utazok számát. A 100a vonalon Szolnok felől 7-8 óra között érkező 2 vonat utasainak száma együtt kb. 1500 fő, ez bizony indokolja, hogy 600 ülőhelyes vonatok érkezzenek Szolnok felől a Nyugati pályaudvarra. Az is tény, hogy reggel 7-8 között a Nyugatiból Szolnok felé induló utasok száma alig éri el a 100-100 főt, tehát egy fél, (4 részes) FLIRT is elég lenne induló vonatnak.

A V43-as vontatta egész nap 5-6-7 kocsival közlekedő változatlan kapacitású ingavonatok helyére sokkal gazdaságosabb lesz a jövőben rugalmasan változó szóló FLIRT, majd dupla FLIRT /KISS közlekedtetése. Ki kell mondani a 2011. évi nagykapacitású motorvonati tender kiírás törlése káros volt, a járművek hiányát még sokáig érezni fogja a MÁV-START Zrt. A meglévő 133 db FLIRT 211, illetve szinkron üzemben 422 ülőhely kínálata számos elővárosi vonalon elegendő. Viszont érzékelhetően hiányzik egy nagyobb 350, vagy duplaegységben 700 ülőhelyes motorvonat.

A KISS 600 ülőhelye hasonlóan merev ülőhely kínálatot eredményez, mint a leváltandó ingavonatok. A dupla KISS üzeme, noha lehetséges és szükségszerű, ám üzemszerűen igen korlátozottan várható.

A MÁV-START a jövőben szükségszerűen rákényszerül az elővárosi vonatok ülőhely és a férőhely kapacitásának rugalmas változtatására. A KISS szerepe csúcsidőben a 70, és 100a. vonalon domináns lesz, a nap többi szakaszán kisebb kapacitású FLIRT vonatok közlekedésére lesz célszerű.

A vonatgyakoriság kívánatos növelése, vagyis az elővárosi vonatok gyakori, 10-15 percenként indítása vagy fogadása a fejpályaudvarokon a 600 ülőhelyes KISS elővárosi vonatok esetében az induló, vagy érkező vonatoknál 2400-3600 ülőhely/óra ülőhely kapacitást eredményez, amelyre egy rövid csúcsidőszakot kivéve a nap többi részében, jelenleg nem, és bizonyára még sokáig nem is lesz szükség.

Az előzőekből következik, hogy a KISS 600 ülő- illetve 720 férőhely kapacitását rövid napszakban, időtartamban fogja a MÁV-START munkanapokon a legforgalmasabb 70 és 100a vonalakon kihasználni. Megjegyzem a 70-es vonalon jelenleg elővárosban közlekedő napi 91 vonat KISS-re cserélése 54 600 ülőhely kapacitást eredményez, ezáltal a jelenlegi teljes budapesti elővárosi utasforgalom közel 33%-ával egyenértékű ülőhelykínálat koncentrálódna a 70-es vonalra. Hasonlóan a 100a vonalon közlekedő 69 elővárosi vonat KISS-re cserélése 41400 ülőhelyet jelent. Az is valószínűsíthető, hogy hétvégeken nyári időszakban a távolsági balatoni utasforgalomban igen hasznos lesz a kerékpárszállításra átszerelt kb. 550 ülőhelyes KISS közlekedtetése.

A lecke tehát fel van adva a MÁV-START azon munkatársai számára, akik az új KISS motorvonatok hatékony és a napi legalább 550-600 km hasznos felhasználásához készítik a menetrendet, illetve felelnek a KISS gazdaságos vasútüzeméért.

Konklúzió

Bemutattam a magyar vasutak két meghatározó személyszállító cégének, a GYSEV-nek legmodernebb FLIRT[3] egyszintes és a MÁV-START-nak jelenleg beszerzés alatt lévő KISS emeletes villamos motorvonatát. A bemutatás kiterjedt a műszaki és szolgáltatási adatok ismertetésére, az egyszintes és kétszintes vonattípus közötti eltérések, különbözőségek hangsúlyozásra és képes illusztrálására.

Részletesen vizsgáltuk a MÁV elővárosi vasútvonalaiból a legnagyobb utasforgalmú vonalakat, a MÁV-START napi elővárosi vonatmennyiségét és az utazók számát. Elemeztük az elővárosi vasúti szolgáltatás

szükségszerű javításának korlátait, a menetidő lehetséges csökkentését és a napi vonatszám növelésének akadályait, növelésének szükségességét. Ezekből következtettünk a 2021 -2027 évek utas számára, és meghatároztuk a szükséges ülőhely és férőhely kapacitásokat. A GYSEV FLIRT^{3-} noha a legdrágább FLIRT és a KISS-nél is drágább ülőhelyre számítva, - végzett az első helyen valamennyi vizsgált objektív paramétert tekintve. Legyen ez az utazási komfort, a gazdaságos üzemeltethetőség, karbantartás vagy az energiafogyasztás. A korábban beszerzett FLIRT-ek utazási komfortja elmarad ugyan a GYSEV FLIRT^{3}-tól, de a többi műszaki paraméterét, energiafogyasztását és karbantartását tekintve a piros flotta a legolcsóbb üzemű a MÁV-START számára. Az első 60 FLIRT közeljövőben esedékes felújításuk után a vizuális utas tájékoztatásban és más szolgáltatási komfortot tekintve remélhetően eléri majd a kék flotta színvonalát. A kék FLIRT flotta ma még alacsony, a piros flottánál közel 100 km/nap hasznos futással kevesebbet teljesítő járművenkénti futásteljesítményén a MÁV-START remélhetően javítani tud. A KISS-nél is ez lesz a legfontosabb követelmény. A megrendelő igényei szerint gyártott KISS leggyengébb eleme az ülések komfortja, amely a tervezett több órás utazást nem támogatja.

Összefoglalva a KISS-ről alkotott szubjektív véleményem, hogy tetszetős, látványos megjelenésű, sokak számára bizonyára ezért vonzó, az elavult V43-as ingavonatokhoz képest sokkal magasabb minőségű szolgáltatást nyújtó ám, több tekintetben kompromisszumokat igénylő motorvonattípus lesz. A kompromisszum hiánya az utasok részéről az ülések komfortjára, a poggyász elhelyezésének nehézsége miatt fog panaszra okot adni.

A KISS esetében fontos szempont, feladat lesz a jegyvizsgálók megnyerése, ösztönzése, az emeletre közlekedés miatti nagyobb fizikai terhelésük és fárasztóbb munkájuk miatt. A KISS Szolnokra telepítendő karbantartó bázist szerencsésebb és gazdaságosabb lett volna az állomás területén kialakítani a jármű mosóvágány közelében, úgy ahogyan azt 2011-ben terveztük.

Voltak és lesznek is szerelmesei az emeletes motorvonatoknak, akiket nagy örömmel tölt el a MÁV-START döntése, a KISS motorvonatok beszerzése miatt. Sokan mások pedig az egyszintes motorvonatok előnyeit hangsúlyozzák, hangsúlyozták az elmúlt évtizedekben rávilágítva, hogy a FLIRT a világon az egyik legjobb és legsikeresebb motorvonat konstrukció. Sajnálatos, hogy a MÁV-START járműbeszerzési döntéshozói, - annak a kérdésnek a megválaszolásakor, hogy mekkora ülőhelyes, férőhelyes alapméretű motorvonatokra van szüksége a START-nak, - véleményem szerint nem voltak eléggé körültekintők, illetve egy olyan nagy utas számú elővárosi vasutat vizionáltak, aminek ma még nincs realitása. Azt kívánom, tévedjek és a KISS-eket a MÁV-START olyan fordulókban tudja közlekedtetni, hogy a 600 fős ülőhely kihasználásuk az üzemidő minden órájában legalább 50-60%-ot érje el miközben a dolgozó KISS-ek naponta 5-600 km-t teljesítsenek, mint ahogy a 211 ülőhelyes FLIRT-nél ez a napi hasznos futáskilométer teljesül. Ha pedig írásom meggyőzte az új döntéshozókat arról, hogy kívánatos lenne nagyobb kapacitású FLIRT beszerzésével létrehozni egy olyan egységes motorvonat flottát, amelynek ülőhely kapacitása az ismert 211, valamint egy új 330 fős FLIRT. Ezek rugalmas gyors vonategyesítése, szétosztása eredményeképpen a két alapegységből kombinálható 211….660 ülőhelyes vonattípusok üzemeltethetők a napszakonként változó utas igények szerint. A 40 KISS utazási komfortjának majdani felújítással egybekötött javítása után pedig bizonyára megtalálja a MÁV-START azok legjobb hasznosítását.

Irodalomjegyzék

[1] Kisteleki Mihály, Kovács Károly. A személyszállítás koncepciójától a FLIRT 10 éves történetéig Vasútgépészet 2015/3 és 2015. 4. szám.

[2] Herbert Welte, Sven Klein, Wolfgang Bösch. Bemutatjuk a Stadler Dosto/KISS emeletes villamos motorvonatot Vasútgépészet 2017. 3. sz. 2017.4. szám és 2018. 1. szám http://vasutgepeszet.hu/vasutgepeszet/2018/1

[3] Laczó Ferenc, Kovács Károly. Bemutatjuk a FLIRT^{3}-at Vasútgépészet 2018. 2.sz. http://vasutgepeszet.hu/vasutgepeszet/2018/2

[4] Dunai Zoltán, Kiss Csaba. Bemutatjuk a MÁV START Zrt. nagykapacitású járműbeszerzési tenderére adott Stadler választ. Vasútgépészet 2019. 2. szám és http://vasutgepeszet.hu/vasutgepeszet/2019/2

Tehergépkocsi szokásjellemzők feltárása pozíció adatok alapján

Albert Gábor[1] – Miksztai Péter[2]

[1]KTI SKFII Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont
telefon: 1/371-5828
e-mail: albert.gabor@kti.hu

[2]KTI SKFII Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont
telefon: 1/371-5829
e-mail: miksztai.peter@kti.hu

Kivonat: A tehergépkocsik használatarányos útdíjfizetési rendszerének bevezetését követően a járműkövetésből származó, az útvonalat pontosan leíró GPS pozíció állomány folyamatosan képződik, gyakorlatilag a hazai közúthálózaton rendszeresen megforduló teljes tehergépkocsi állományra. 2016-ban ebből az állományból származó anonim minta célirányos feldolgozásával hoztuk létre az országos tehergépkocsi forgalmi mátrixokat. Az adatok további elemzésével olyan módszereket dolgoztunk ki, amelyek alkalmasak az utazások olyan újabb jellemzőinek vizsgálatára és bemutatására, mint az utazások konkrét végpontja, ezek sűrűsödési pontjai, a fontosabb várakozási helyek, a parkolókban töltött idő. Cikkünkben a munka módszertani elemeit és az elért eredményeket egyaránt bemutatjuk.

Kulcsszavak: hőtérkép, külföldi tehergépkocsi célpontok, várakozási idők, pihenőhelyek, GPS pozíció adatok

Bevezetés

A tehergépkocsi forgalom a közúti közlekedés meghatározó része, több szempontból is:

Az útburkolat leromlása szempontjából mértékadó a nehézjármű forgalom nagysága, illetve aránya a teljes forgalmon belül.

A nehézjárművek mind méreteik, mind menetdinamikai tulajdonságaik következtében lényegesen nagyobb mértékben foglalják az utak kapacitását, mint a személygépkocsik.

A forgalom nehézjármű aránya befolyásolja a közlekedés biztonságát, s szerepük nem elhanyagolható a közlekedési környezetterhelésben sem.

Mindezek kapcsán elengedhetetlen, hogy minél mélyebben megismerjük, s ezek birtokában előre jelezni, sőt befolyásolni tudjuk a tehergépkocsik mozgását, útvonal választását, útközbeni viselkedését. Ehhez nyújt új lehetőséget a tehergépkocsik pozíció adatainak elemzése.

1. Előzmények

A tehergépkocsik forgalom áramlásának kérdéseivel a szakemberek igen régen foglalkoznak mind Magyarországon, mind külföldön. Ennek egyik markáns és rendszeresen megjelenő esete a célforgalmi mátrixok kidolgozása, amelyre hazánkban 1955-től mintegy tíz évenként sor került [1]. Az adatgyűjtés és -feldolgozás, az eredmények létrehozása és közreadásának módja minden esetben tükrözte az adott időszak tudományos és műszaki lehetőségeit, az esetleges korlátokat. A módszertani változások egyik fő iránya a vizsgálatba bevont utazások számának, arányának folyamatos növelése volt. Míg 1955-ben és 1963-ban helyszíni megállításos kikérdezést végeztek, 1973-ban már a műszaki állomásokon kitöltött kérdőívekkel biztosították a reprezentativitás magasabb fokát. Az egyre nehezebben lebonyolítható kikérdezésekkel felhagyva 2008-ban a tehergépkocsi mátrixok már döntően eltérő, mintavételes eljárással készültek [2]. A mintát a reprezentatívnak tekinthető KSH adatgyűjtés képezte, amely tartalmazta a hazai rendszámú, 3,5 tonna raksúly feletti tehergépkocsik utazásaira és egyéb jellemzőire vonatkozó adatokat (1654/06 sz. „A közúti teherszállítás belföldi és nemzetközi teljesítményei” elnevezésű adatgyűjtés). Ez az állomány a hibás rekordok törlését követően is a korábbiaknál nagyobb, mintegy 10%-os minta vizsgálatát tette lehetővé. Igaz, csak a hazai rendszámú járművek utazásait tartalmazta, ezt ki kellett egészíteni a külföldi járművek magyarországi utazásaival, amit a hagyományos módszerrel, határállomási kikérdezéssel hoztak létre.

A 2010-es évek közepére jelentős változások álltak be, mind a technológiai fejlődés, mind az áruszállítás terén. Egyre elterjedtebbé vált a tehergépkocsik GPS nyomkövetése, amit tovább serkentett a tehergépkocsik elektronikus, úthasználattal arányos útdíj-fizetésének bevezetése 2015-ben. Ez korábban soha nem látott méretű és pontosságú adatállományt eredményezett, egyrészt a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt-nél (NÚSZ), másrészt a flottakövető vállalkozásoknál. A műholdas helymeghatározással (GNSS, Global Navigation Satellite Systems) rögzített pozíció adatokra alapozva a korábbiaknál lényegesen nagyobb mintára támaszkodva lehetett a tehergépkocsi utazásokat vizsgálni. Igaz, a rendelkezésre bocsátott helymeghatározási adatok a koordinátákon felül csupán a hozzájuk tartozó időbélyegeket tartalmazzák, ezért az utazási paraméterek, távolságok és időértékek előállítása további feldolgozásokat igényelt.

A NÚSZ által az adott időszakban észlelt tehergépkocsik 46%-ának kéthavi mozgását lefedő adatállomány első alkalmazása a célforgalmi mátrixok létrehozása volt. Ezt követően volt módunk arra, hogy további vizsgálatokat végezzünk annak érdekében, hogy feltárjuk, milyen újabb lehetőségek nyílnak meg ezen adatok birtokában. A cikk ennek a munkának az eddig elért eredményeit mutatja be.

2. A pozícióadatok felhasználásának korábbi példái

A GNSS pozíció adatok felhasználása a közlekedési folyamatok elemzésében nem új keletű. Az alkalmazások többsége a forgalmi igények felmérésére és előrebecsléséhez kötődik, de készültek közlekedésbiztonsági, parkolóhely kihasználási vizsgálatok is.

Az Egyesült Államokban folyt az a GPS pozíció adatok feldolgozására alapozott kutatás, amelynek célja annak megállapítása volt, hogy mely parkolókat, s hogyan használják a helyközi közlekedésben résztvevő tehergépkocsik [3].

Short, J. and Jones, C., (2008) [4] azt vizsgálta, hogyan használhatóak fel a GNSS pozíció adatok a tehergépkocsi forgalomnagyság meghatározásához az USA teljes úthálózatán. Bemutatja, milyen módszer alkalmazható egy útszakasz, egy regionális hálózat esetében, hogyan vizsgálható a forgalom időbeli lefolyása. Kitér a torlódások elemzésének lehetőségére, sőt, az időjárási körülmények forgalombefolyásoló hatására is. Mindemellett a legfontosabb következtetések az adatgyűjtés egységességét, többletköltség-mentességét, teherjárműre célozhatóságát, valamint területi kiterjedtségét emelik ki, amelyek következtében az így nyert eredmények sokkal megbízhatóbbak a korábbi adatgyűjtési eljárásokra alapozottaknál.

2013-ban a Minnesotai Közlekedési Minisztérium megbízásából a Minnesotai Egyetem komplex, számos forgalmi jellemzőt vizsgáló módszert dolgozott ki a Twin Cities (Minneapolis és Saint Paul) várostérség áruszállítási teljesítményének GPS adatokra támaszkodó elemzésére [5]. Egy teljes év (2012) GPS adatainak felhasználásával vizsgáltak 38 kulcsfontosságú áruszállítási folyosót, elemezve a nehéztehergépkocsik mozgását, s annak megbízhatóságát. Számos teljesítmény indikátort vizsgáltak, mint a helyváltoztatások számát, a forgalom nagyságát, az utazási időt és annak megbízhatóságát, a késedelmet, s mindezt útvonalanként, azon belül szakaszonként, és különböző napszakokra. Az adatok megbízhatóságát, a GPS alapú sebességmérés pontosságát a telepített forgalomszámláló állomások adatainak felhasználásával ellenőrizték és verifikálták. Az eredmények azt mutatták, hogy a GPS adatok feldolgozásának eredményei egyaránt segíthetik az USA Közlekedési Minisztériumát a hálózat fejlesztésének tervezésében és a felszíni áruszállítás tervezőit a hatékony, torlódásos szakaszokat elkerülő útvonalak megtalálásában. A munka során tesztjármű adatokat is felhasználtak annak vizsgálatára, hogy ezek az adatok mennyiben használhatóak fel az áruszállítási sebesség értékének és változásának meghatározására az országos közúthálózaton a délelőtti és délutáni forgalmi csúcsidőszakban.

A mért és feldolgozott adatok szerint sorolták az útszakaszokat a megbízható, a mérsékelten megbízható és a nem megbízható osztályokba aszerint, hogy mekkora volt az adott szakasz utazási idejének szórása. A késési időket alapul véve kiszámították azt a veszteséget, amelyet a torlódásokból fakadó késedelem okoz, egyrészt összességében, másrészt egy jármű egy órás késésére.

A kutatás rámutatott arra is, hogyan használhatóak az egy hónapra, novemberre vonatkozó adatok a forgalom nagyságának, a sebesség változásának kiszámítására a délelőtti és délutáni csúcs időszakra.

A nottinghami egyetem egy vizsgálata a körforgalmak térségében az ott elhaladt járművek GPS adatainak elemzéséből levezetett vészfékezéseket veti össze az ugyanott bekövetkezett balesetekkel, kimutatva egy viszonylag laza, de mégis igazolható kapcsolatot [6].

A memphisi egyetem által vezetett kutató csoport arra kereste a választ, hogy milyen matematikai modellel lehet legjobban kapcsolatot teremteni a parkolók kihasználtsága és egyéb jellemzői valamint az azokat igénybe vevő, vagy a csatlakozó útvonalon elhaladó tehergépkocsik GPS adatai között [7]. Az eredmények azt mutatták, hogy megfelelő korreláció eléréséhez több tényezőt is figyelembe kell venni (tehergépkocsi forgalom nagyság, sávszám, stb), míg más összetevők, mint pl. a be- és kihajtó sávok illegális használata csökkentik a parkolóhelyek kihasználtságát. A vizsgálat kitért a kihasználtság napi ingadozására is.

A „Truck Activity Analysis using GPS Data" projekt keretében többek között azt vizsgálták, hogy a többnyire csak egy mintát képviselő, a kapcsolódó úthálózaton elhaladó, vagy az adott parkolóba beálló tehergépkocsik GPS pozíció adataiból hogyan lehet következtetni a különböző parkoló típusok tényleges, első sorban éjszakai foglaltságára [8].

Tehergépkocsi GNSS pozíció adatok nagy tömegű, forgalom elemzési célú felhasználására először az OCF 2016 projekt keretében nyílt módunk. Ahogy a bevezetőben említésre került, olyan flottakövető vállalkozásoktól vásároltuk meg az általuk követett tehergépkocsik kéthavi (2016 október-novemberi) mozgásait leíró anonimizált pozíció adatait, akik egyben a NÚSZ bevallási közreműködői, így ezek a járművek (szintén anonimizált formában) megtalálhatóak a NÚSZ adatállományában is. A két állomány összevezetésére azért volt szükség, hogy meghatározható legyen az adott jármű kategóriája, ezt ugyanis a flottakövetési pozíció adatok nem tartalmazták, a jármű anonimizált azonosítója mellett a jármű földrajzi elhelyezkedése és annak időpontja ismert.

Az OCF 2016 projektben az adott jármű utazásainak kiinduló és végpontjához rendelt forgalmi körzetet kerestük, egy-egy ilyen utazás jelenti a célforgalmi (honnan-hová) mátrix egy-egy elemét. Ennek meghatározása speciális algoritmust igényelt, amelyet a projekt során dolgoztunk ki [9]. Erre támaszkodva hoztuk létre három tehergépkocsi osztályra a forgalmi modellezés alapját képező célforgalmi mátrixokat.

3. A pozícióadatok felhasználása a nehéz tehergépkocsik várakozásainak és célpontjainak vizsgálatára - módszertan

A tehergépkocsik GNSS adatainak további feldolgozására 2019-ben nyílt módunk. Az ekkor indított projektben egyrészt a Magyarországot érintő, az országhatárt átlépő utazások végpontjainak pontosabb meghatározása, akár adott objektumhoz rendelése volt a feladat, egyúttal keresve ezek sűrűsödési pontjait, azaz a több jármű által is érintett célpontokat. Az OCF 2016-tól eltérően ez esetben nem elégedtünk meg a célpontok elnagyolt, körzet szintű megkeresésével külföldön sem, hanem város, városrész, ipari / logisztikai központ mélységben, pontossággal határoztuk meg a nehéz tehergépkocsik útjainak végpontjait. Másrészt kerestük a tömegesen használt parkolási és várakozási helyeket, valamint ezek használatának módját, például a különböző típusú várakozó helyeken eltöltött időtartamot. A tömeges várakozási helyszínek között megjelentek azok a határátkelőhelyek is, amelyeknél a tehergépkocsik hosszadalmasan várakozni kényszerültek.

Az adatbázis alapját a tehergépkocsik fedélzeti berendezései által szolgáltatott log-fájlok adták, melyek csupán azt rögzítik, hogy egy adott időpontban milyen földrajzi koordinátán tartózkodik a jármű, tehát rendelkezünk koordinátával és időbélyeggel. Ezeknek az adatoknak az egymás után szerepeltetéséből lehet következtetni a jármű mozgására, útvonalára, sebességére, várakozására. Számos előkészítő számításra volt szükség a tényleges feldolgozás megkezdése előtt, ugyanis először össze kellett rendelni az ugyanahhoz az egyedi azonosítóhoz tartozó pontokat, azokból sorozatot, így útvonalat kellett képezni, majd le kellett válogatni azokat, amelyek nem lépik át az országhatárt, ugyanis a feladat a nemzetközi fuvarok vizsgálata volt.

Az így megmaradt útvonalakat szakaszoltuk, illetve definiáltuk, milyen „viselkedési mintát" tekintünk valódi megállásnak, illetve végpontnak. A megállást látszólag egyszerű definiálni azzal, hogy ha a GPS pontok hosszabb időn keresztül ugyanoda (illetve inkább egy meghatározott kis sugarú területre) esnek, akkor az megállásnak minősül. Ugyanakkor egyáltalán nem mindegy, hogy az a megállás hol és milyen indokkal történik. Erre nem kapunk választ tisztán a koordináta-adatok vizsgálatával, hanem térinformatikai térképeket, adatbázisokat használtunk (elsősorban az OpenStreetMap térképeit), amelyek tartalmazták a parkolók, pihenőhelyek, üzemanyagtöltő állomások, határátkelők helyét és össze lehetett vetni, hogy a kiszámított megállások vajon összeesnek-e ezek területével. Ez jelentősen hozzájárult az adatok értelmezéséhez, ugyanakkor korlátai is vannak, hiszen csak azokat az objektumokat tudjuk figyelembe venni, amelyek szerepelnek a térképen. Éppen ezért a pihenők leképezéséhez több forrásból is építettünk térképet.

A másik fontos információ, amit ki kellett nyernünk, azok a fuvarok végpontjai. Mivel a célpont is egy speciális várakozás, ezért meg kellett tudni különböztetni az útközbeni várakozástól. Ehhez egyrészt felhasználtuk az OSM adatait és ami várakozásnak minősült, az nem minősült végpontnak, illetve azt is vizsgáltuk, hogy az útvonalat képező apró rész-szakaszok milyen irányba mutatnak, így meg lehetett állapítani, ha az iránya határozottan visszafordult. Sajnos ilyen „vegytiszta" eset nem fordult elő elegendő számban, ugyanis pl. már az is elegendő ahhoz, hogy ez az algoritmus ne adjon helyes eredményt, ha a célpont körül, annak közelében egy kört ír le a jármű, máris nincs határozott visszafordulásra utaló jel. De az is előfordulhat, hogy egy adott helyszínen tényleges fel-/lerakodás történik, tehát célpontnak minősül, de mégis tovább halad a jármű a következő célpontja felé. Ezeket úgy pontosítottuk, hogy leszűrtük a várakozásnak minősített eseteket és utána ahol lehetett, illetve ahol bizonytalanság volt, szintén az OSM térképeit vettük igénybe (pl. egy logisztikai központ szinte biztos, hogy célpontnak számít).

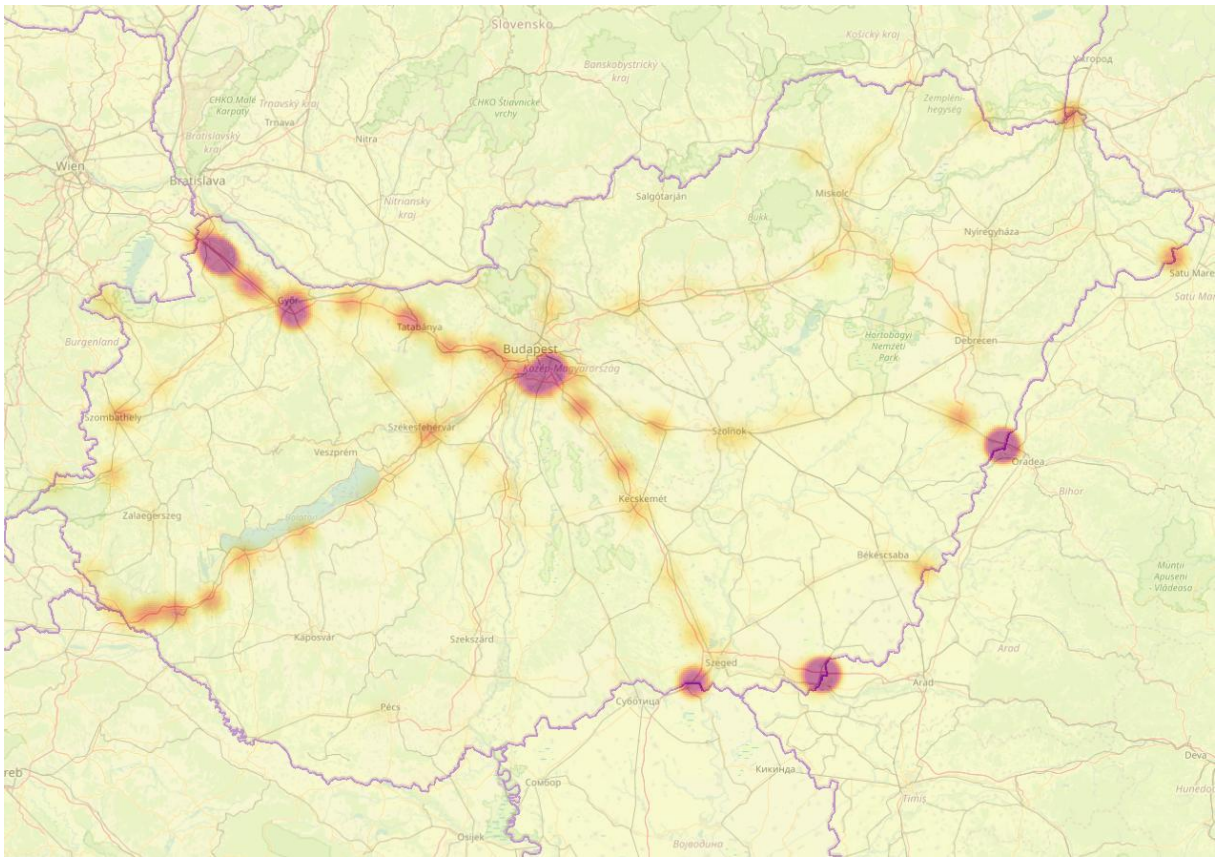
Az eredmények értékelésénél nem szabad figyelmen kívül hagyni azt, hogy az adatállományokból nem derül ki, hogy az adott jármű rakott volt-e vagy sem, mennyi terhet szállított, illetve arra is csak becsléseket tudunk adni, hogy a vizsgált (egyébként igen jelentős arányú) minta az összes forgalomnak hány százaléka. Ugyanakkor még ha pontos darabszámot nem is tudunk mondani, a fontosabb helyszínek, irányok, egymáshoz viszonyított értékek mindenképpen értékelhető eredményt adnak.

Az eredményeket több módon is meg lehet jeleníteni. Nagyobb területekre ún. hőtérképeket készítettünk, amelyek az egyes helyszíneken a pontok sűrűsödését mutatják be. Ha egy adott helyszínen több végpont vagy várakozási pont található, annak sötétebb a színe. Lokális vizsgálatokhoz használható az a megjelenítési mód, ahol minden egyes pontot (várakozást) ábrázolunk, ugyanakkor megkülönböztethetjük valamilyen jelkulcs, színkód alapján a várakozási idők hosszát.

4. A magyar közúthálózatot használó nehéz-tehergépkocsik várakozási hőtérképe

Először azt mutatjuk be, hogy a magyar közúthálózatot használó, nemzetközi forgalomban közlekedő tehergépkocsik jellemzően hol és milyen hosszan várakoznak Magyarország területén, illetve külföldön.

4.1 A várakozási hőtérképek vizsgálata Magyarország területén



1. ábra: A magyarországi várakozások áttekintő hőtérképe

Az 1.ábra Magyarország területére képzett összes várakozás hőtérképét mutatja be a teljes vizsgált időszakra. Jól kirajzolódnak az ismert tranzit útvonalak, illetve a jelentősebb nem schengeni határátkelők.

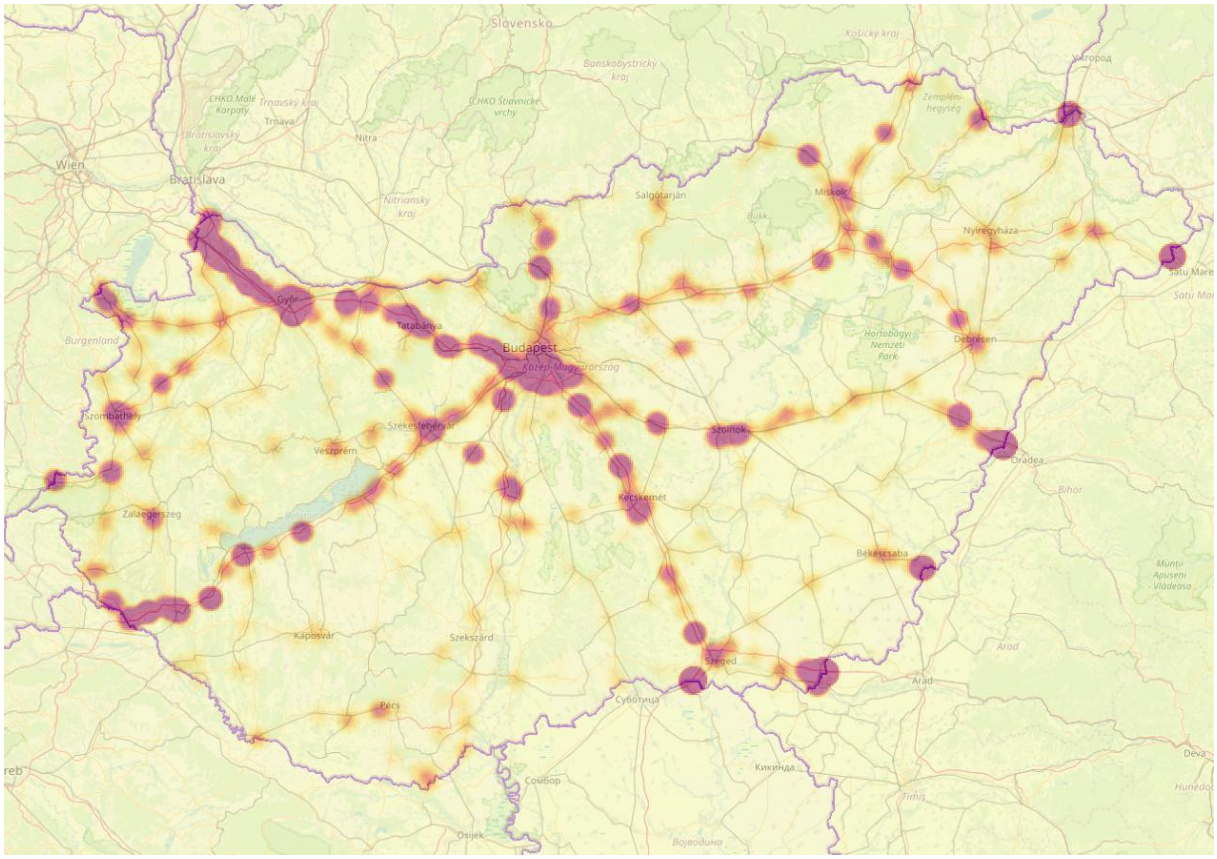
Jól láthatóak az autópályák mentén található pihenők, de néhány helyszín nagyon markánsan megjelenik. Az egyik legnagyobb ilyen pontegyüttes az M1 autópálya osztrák határhoz közeli szakaszán található. Legnagyobb részt az autópálya 162-es km szelvényében fekvő Mosoni pihenőhely adja, de komoly forgalma van az M1 autópálya és a 86-os számú főút csomópontjában fekvő kamionparkolónak és benzinkútnak, valamint a határ előtt a Miklóshalmi útról nyíló kamionparkolónak és motelnek.

Szintén a közelben látható egy másik sűrűsödési pont, az M1 autópálya 119-es km szelvényében található Arrabona pihenőhely. Hozzájárulhat a pontfelhő méretéhez, bár önmagában nem túl jelentős (kb. ötöde) az autópálya és a 81-es számú főút csomópontjában található parkoló.

Egy másik terület, ahol jelentős számú megállást regisztrálhatunk, az M0 déli szektora, illetve annak közvetlen környéke. Ezen belül is kiemelkedik a szigetszentmiklósi/csepeli pihenőhely a 19-es km szelvényben. Mintegy fele ekkora mértékű, de még így is jelentős számú megállást regisztrálhatunk az Alacska pihenőben. Ezektől jóval elmaradó számú, de lokálisan és összeadódva jelentős várakozási pontok adódnak az autóút közelében fekvő ipari-kereskedelmi létesítmények, logisztikai központok közelében, valószínűsíthetően a rakodásra várakozva.

A másik nagy csoport, ahol jelentős mennyiségű várakozást találhatunk, a határátkelőhelyek. Ilyen tekintetben a két legjelentősebb pont a román határon található. A legtöbb megállást a csanádpalotai határon láthatunk az M43 autópályán, de nem sokkal marad el tőle a 42. sz. főút Ártándnál. Az M5 autópálya röszkei átkelője is számottevő megállással bír, de kevesebb, mint fele annyi pontot láthatunk itt, mint az előző két említett helyszínen.

Mivel az egyes várakozások eltérő időtartamúak, a várakozások hosszának az elemzése is hasznos lehet. Ezzel megkereshetjük a hosszabb idejű tartózkodásra nagyobb tömegben igénybe vett helyszíneket, vagy éppen a rövid ideig igénybe vett helyszínek (pl. benzinkutak) is kirajzolódnak. Az 1.ábrán a hangsúlyos ÉNy-DK irányú forgalom miatt az egyéb helyszínek kevésbé látszódnak a kisebb elemszám miatt, de ha pl. megnézzük, hogy alakulnak a 15 percnél rövidebb megállások (amelyik a leggyakoribb fajta), akkor már több, magas tehergépkocsi forgalommal rendelkező autópályát és főutat is láthatunk. (2. ábra)

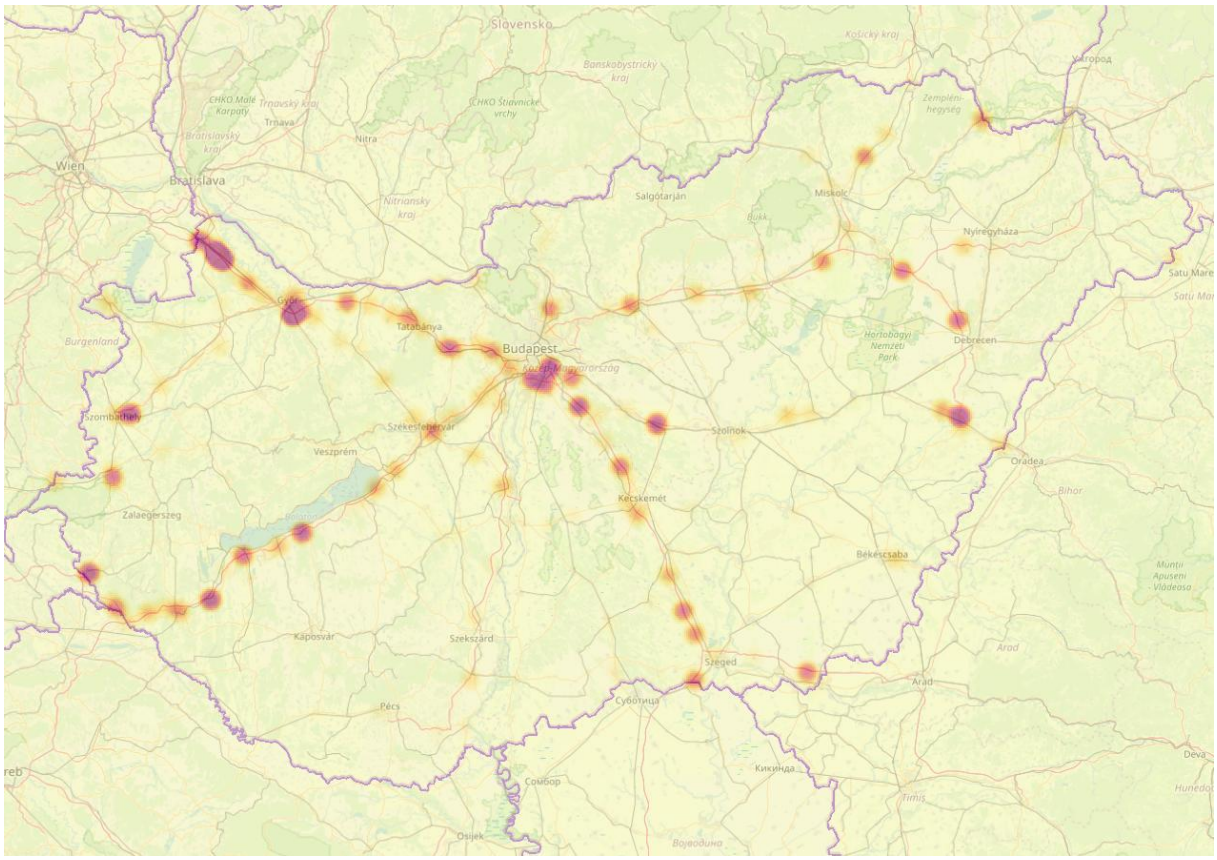


2. ábra: A 15 percnél rövidebb megállások hőtérképe

Természetesen az eredeti térkép, adatbázis tetszés szerint nagyítható és elemezhető, amennyiben vizsgálni szeretnénk az egyes pontok helyét, viszont mivel itt a teljes országot mutatjuk be, így az azonosítás csak hozzávetőleges lehet és a tendenciákat mutatja.

Több várakozási idő-osztályt is vizsgáltunk, de itt terjedelmi okokból nem tesszük mindet közzé. A belőlük levonható következtetések a következők: A 15-45 perc közötti várakozások szintén jelentős mennyiségben jelen vannak, hasonló térképet rajzolnak ki, mint a 15 perc alattiak. A 45-90 perc közötti várakozások esetében láthatjuk, hogy a főutak mentén egyre halványabbak a foltok, tehát kevesebb ilyen időtartamú megállás van, de az autópályákon még nem jelentős a csökkenés. Viszont 90 perc felett a főutak szinte teljesen eltűnnek (alig van ilyen hosszúságú várakozás) és az autópályákon is szinte csak a leggyakrabban használt helyszínek láthatóak. Ez a trend igaz egészen a 8 órát meghaladó várakozásokig, mivel a 8-12 óra közötti hosszúságú várakozások darabszáma jelentősen felülmúlja a 8 óránál rövidebb várakozásokét. De ez magyarázható, sőt logikus is, hiszen a gépkocsivezetők kötelezően letöltendő pihenőideje éppen ebbe a tartományba esik. A 3. ábrán láthatjuk, hogy ezek a nagy tranzitforgalommal rendelkező folyosókon fordulnak elő (érthető módon), és az adatok alaposabb elemzésével az egyes helyszínek is beazonosíthatóak, sőt az átlagos várakozási idő is minden helyszínre meghatározható.

12, vagy 16 órát meghaladó pihenőket igen ritkán láthatunk, térképen alig ábrázolható mennyiségben.



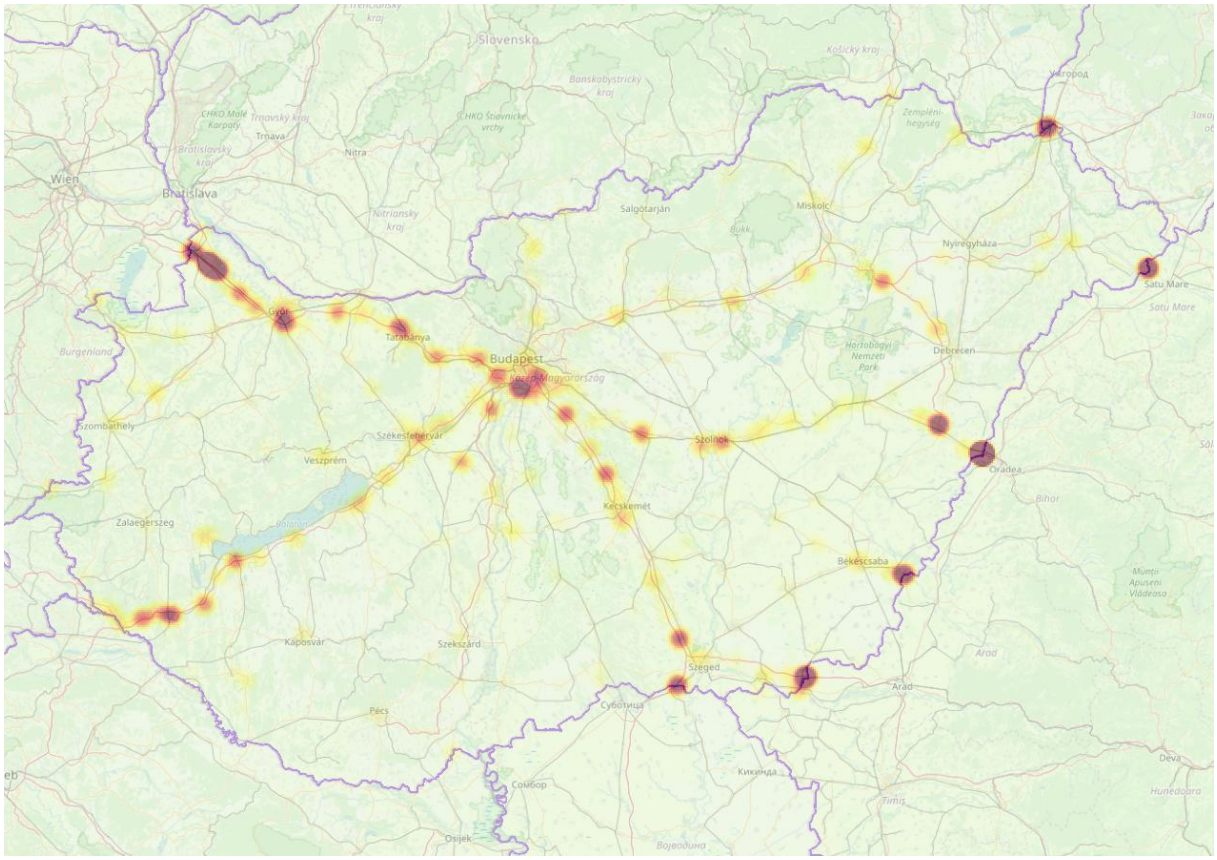
3. ábra: A 8-12 óra közötti megállások hőtérképe

Az eddigi megállapítások a teljes vizsgált időszak összességére volt igaz, tehát ugyanúgy tartalmazott munkanapi és hétvégi forgalmakat is. Érdekes lehet ugyanakkor megvizsgálni, hogyan alakul mindez, ha kiemelünk egy szerdai munkanapot vagy egy vasárnapot.

Szerdán is a 15 perc alatti várakozások adják a legnagyobb mennyiséget, alapvetően hasonló tendenciával, csak kisebb mennyiséggel, elsősorban a gyorsforgalmi utak látszanak, azon belül is az M1 autópálya dominál, a főutakon lényegesen kevesebben várakoznak.

Ha megvizsgáljuk a 8-12 óra közötti hosszúságú várakozásokat, kissé más képet láthatunk, az átlagoshoz képest. Győr és Mosonmagyaróvár térsége kiemelkedik a mennyiséget tekintve, de sem az M1 további szakaszai, sem az M0, sem az M5 autópálya vonalában nem figyelhetünk meg jelentősebb várakozási igényt ilyen időtartamban.

Bár vasárnap alapszabály szerint közlekedési tilalom van a nehéz tehergépkocsik számára, de mind a forgalomszámlálási adatok, mint az itt elemzett adatállomány azt mutatja, hogy létezik vasárnap is egy alacsony szintű tehergépkocsi-forgalom. Ha ismét a 15 perc alatti megállásokat vizsgáljuk, akkor láthatjuk, hogy a tranzit útvonalakon belül is főként a nem-schengeni országhatáron, az átkelés miatt, vagy a határ közelében láthatunk említésre méltó mennyiségű várakozásokat, ezeken felül Győr és az M0 térsége jelenik még meg markánsan (4. ábra)



4. ábra: A 15 perc alatti megállások hőtérképe a vasárnapi napokon

A hosszabb (8 órán túli) és nagyobb mennyiségű várakozások tekintetében szinte csak Győr, Mosonmagyaróvár és Hegyeshalom térsége említhető meg vasárnaponként.

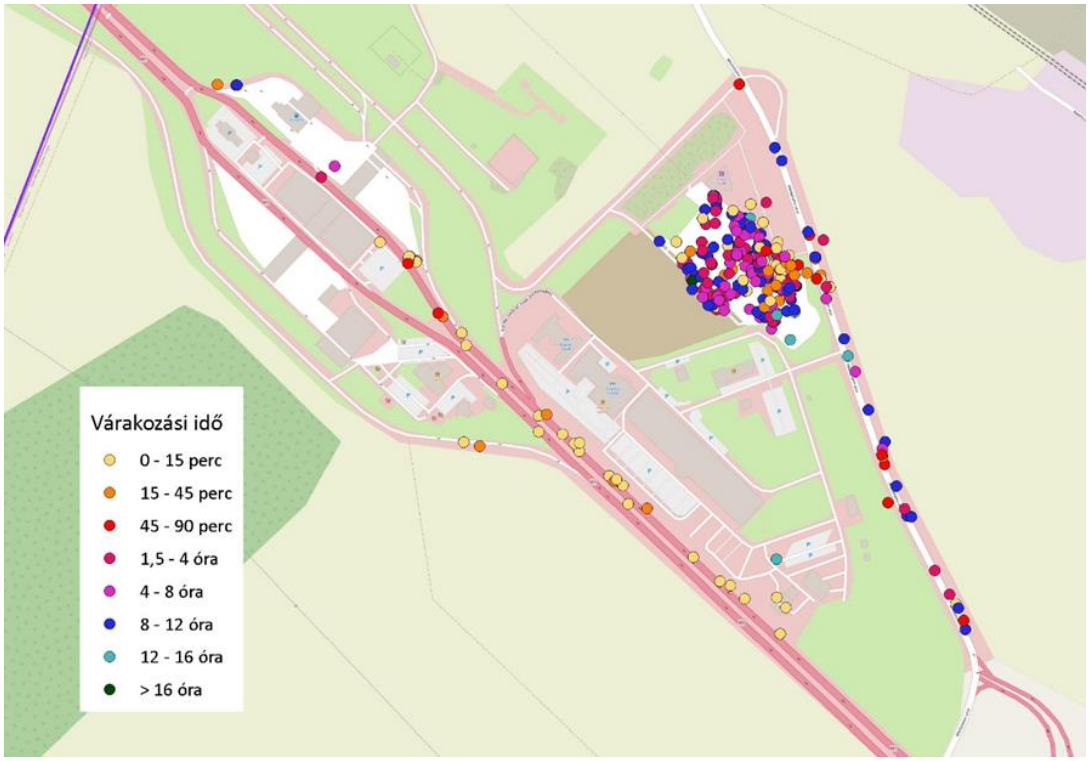
A klasszikus hőtérképes ábrázoláson túl az eredmények egyéb vizsgálatokra is módot adnak, egy-egy kiválasztott helyszínt is meg lehet vizsgálni részletesebben. Így nem csak a várakozások darabszámát, hanem az időtartamot is ábrázolni lehet (országos léptékben ez nem lenne látható).

Az 5. ábra egy példát mutat be, melyen az M5 autópálya inárcsi pihenőhelyén a szerdai napokon tapasztalható várakozási időket láthatjuk. Megfigyelhető a rövidebb várakozások túlsúlya (sárgás-pirosas színek), de van jó pár 8 órán túli várakozás is. A pontok elhelyezkedéséből az valószínűsíthető, hogy esetenként a parkoló bejáratában is megállnak, valószínűleg telítettségi problémák miatt.

Bemutatunk egy vasárnapra érvényes példaábrát is. Ezen a Hegyeshalom melletti, határ közeli parkolót láthatjuk (6. ábra). Látható, hogy kevés a rövid idejű megállás, a több órás várakozások dominálnak (lilás-kékes színek).

Láthatjuk, hogy a létrejött eredmények számos, még a bemutatottakon túli elemzést is lehetővé tesznek.

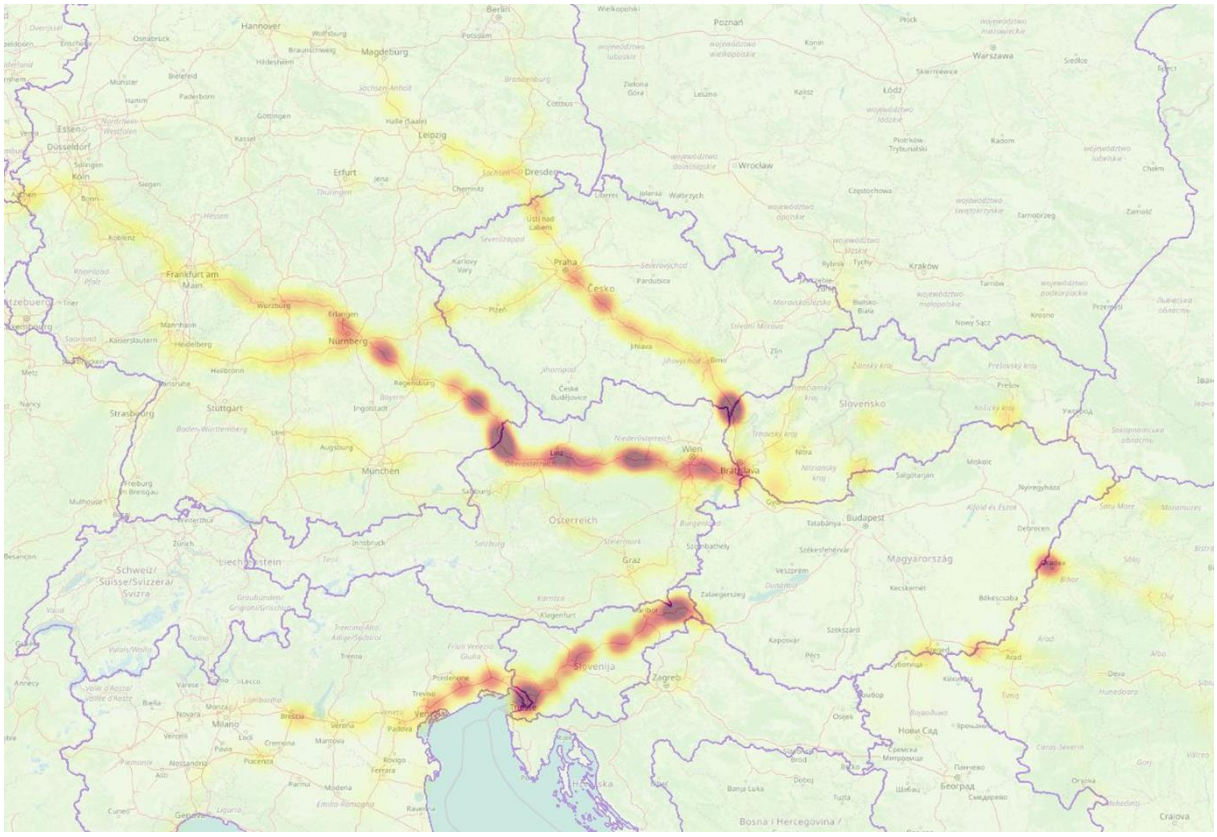
5. *ábra: A várakozási időtartamok megoszlása az M5 autópálya inárcsi pihenőjében szerdai napokon*



6. *ábra: A várakozási időtartamok megoszlása az M1 autópálya hegyeshalmi kamionparkolójában vasárnapi napokon*

4.2 A várakozási hőtérképek vizsgálata külföldön

Jelen vizsgálatnak lényegi része volt, hogy a Magyarországon áthaladó tehergépkocsikat külföldön is nyomon tudjuk követni. Az adatokból kirajzolódnak a jellemző útvonalak és azon belül a jellemző megállóhelyek is.



7. ábra: Várakozási hőtérkép külföldön, a várakozási idővel súlyozva

A 7. ábrán a külföldi várakozások hőtérképét láthatjuk, ahol nem csak a megállások darabszámát vettük figyelembe, hanem azok hosszát is.

Határozottan kirajzolódik néhány főbb útvonal: Bécs – Linz – Nürnberg – Frankfurt am Main – Köln/Bonn (Ausztria és Németország), Pozsony – Brünn – Prága, illetve kevésbé határozottan tovább Lipcse és Hannover felé (Szlovákia – Csehország – Németország), Maribor – Ljubljana – Trieszt – Velence (Szlovénia és Olaszország).

Magyarország környezetét vizsgálva láthatjuk, hogy a legtöbb várakozást a magyar-román határ túloldalán, a DN1-es úton, Bors település térségében találjuk. Itt részben a Magyarországra belépni szándékozó kamionok várakozását láthatjuk, de hasonló nagyságú a Romániába belépett járművek megállása az út menti benzinkutaknál, parkolókban közvetlenül a határátkelés után.

Szintén a román határon láthatunk nagy mennyiségű várakozást a magyar M43 autópálya folytatásában, a román A1 autópályán. Itt a várakozás a határátkelés miatt van, nem jellemző a határátlépés utáni pihenőben félreállás.

Jelentős várakozás koncentrálódik Szlovéniában, Muraszombat közelében az A5-ös autópályán, ezt a sötét folt is jelzi (az átlagos várakozási idő 106 perc).

Jelentős várakozási mennyiség figyelhető meg a magyar-szlovák határ után, a D2-es autópályán. Itt egyrészt az látható, hogy közvetlenül a határátlépés után állnak meg a járművek (átlagos várakozási idő 60 perc), ugyanakkor néhány km-rel távolabb, a Jarovce melletti pihenőben még több megállást regisztrálhatunk, az autópálya mindkét oldalán (átlagos várakozási idő 81 perc).

Továbbhaladva Csehország felé a D2 autópályán, több kisebb pihenő mellett egy nagyobb forgalmút is találhatunk a határ előtt nem sokkal, majd már Csehországban a határtól nem messze két nagyobb forgalmú pihenőt is találunk (itt az átlagos várakozási idő 110 perc körül van).

Ausztriában a magyar határ és Bécs között az A4-es autópályán egy pihenőhely emelkedik ki, a fischamendi pihenőhely.

Bécs után, az A1 autópályán gyakran találhatunk az autópálya mellett kiépített pihenőket, melyeket a nehéz tehergépkocsik használnak. Nem soroljuk fel az összest, a térképen látszanak a foltok. Jellemzően 105-120

perc között van a várakozási idő, de az egyik kiemelkedik közülük, a St. Pölten melletti kamionparkoló, amely méreténél fogva is különleges, illetve abban is, hogy itt az átlagos várakozási idő 228 perc.

Linztől nyugatra az A25-ös, majd A8-as autópályán halad tovább a fő forgalmi áramlat, de az itt található kisebb pihenőkben relatíve alacsony számú megállást találhatunk és az átlagos várakozási idő tekintetében sincsen kiemelkedő helyszín hosszú szakaszon. A német határ felé közeledve a Murau Ost/West parkoló bonyolít le nagy várakozó forgalmat az átlagnál kissé magasabb, 138 perces átlagos várakozási idő mellett. Ettől lényegesen több megállást fogad a közvetlenül a német határ előtt elhelyezkedő, több részletből álló, nagy parkoló – benzinkút – étterem - szerviz komplexum, ahol a parkolási idő átlaga 90 perc körül van, viszont ez a területen belül is változik a funkciójától függően, van ahol 47 perc, van ahol 228 perc.

Ahogyan távolodunk Magyarországtól, úgy lesz egyre kisebb számosságú a hazánkat érintő teherforgalom, így az ebből adódó megállások száma is, amit az egyre halványodó és egyre világosabb foltok is jeleznek.

5. A magyar közúthálózatot használó nehéz-tehergépkocsik utazási végpontjai

5.1 Végponti hőtérképek létrehozása

A munka egyik fő célkitűzése volt a magyar határt átlépő (Magyarországra érkező, innen induló, illetve tranzitban közlekedő) nehéz tehergépkocsik tömeges célpontjainak meghatározása lokális szinten. Az eredményeket két részben mutatjuk be, először a magyarországi végpontokat, majd a külföldieket.

Az általános módszertani leírásban részletezetteken túlmenően a végpontok azonosításához az Openstreetmap térinformatikai adatbázisát is felhasználtuk az eredmények pontosításához. Erre leginkább azért volt szükség, mivel azon alapelv, hogy a benzinkúton, illetve parkolóban történő megállás biztosan nem az utazás végpontja, hanem közbenső várakozás, bizonyos esetekben finomításra szorult. Ugyanis ez igaz a tisztán benzinkút, pihenő vagy parkoló funkciót ellátó létesítményekre (az autópályák pihenői általában ilyenek), de nem igaz ott, ahol (főként városi területen) az említetteken kívül ipari-kereskedelmi-logisztikai funkciók is megjelennek. Mivel ezt az információt önmagában a GPS log nem tartalmazza, ezért volt szükséges háttér adatbázisokat igénybe venni és egy ilyen területen szétválasztani a megállási és végponti eseményeket földrajzi elhelyezkedésük alapján. Ennek a bizonyossága nem 100%-os és függ a háttéradatbázis tartalmától is, de ennek figyelembe vétele mindenképpen a helyes azonosítás irányába mutat és nem okoz számottevő torzulást a mintában.

5.2 A magyar országhatárt átlépő nehéz tehergépkocsik hazai jelentősebb célpontjai

Jelen vizsgálatban a belföldi fuvarokkal nem foglalkoztunk, hanem kifejezetten a nemzetközi fuvarok képezték a vizsgálat tárgyát, ugyanakkor az adatokból kinyerhető, hogy a külföldről Magyarországra érkező fuvaroknak melyek a jellemző célpontjai (8.ábra)

Jól látható – és ezt a háttérben levő adatok is alátámasztják – hogy 3 térség emelkedik ki, amelyek a legjelentősebb célpontok:

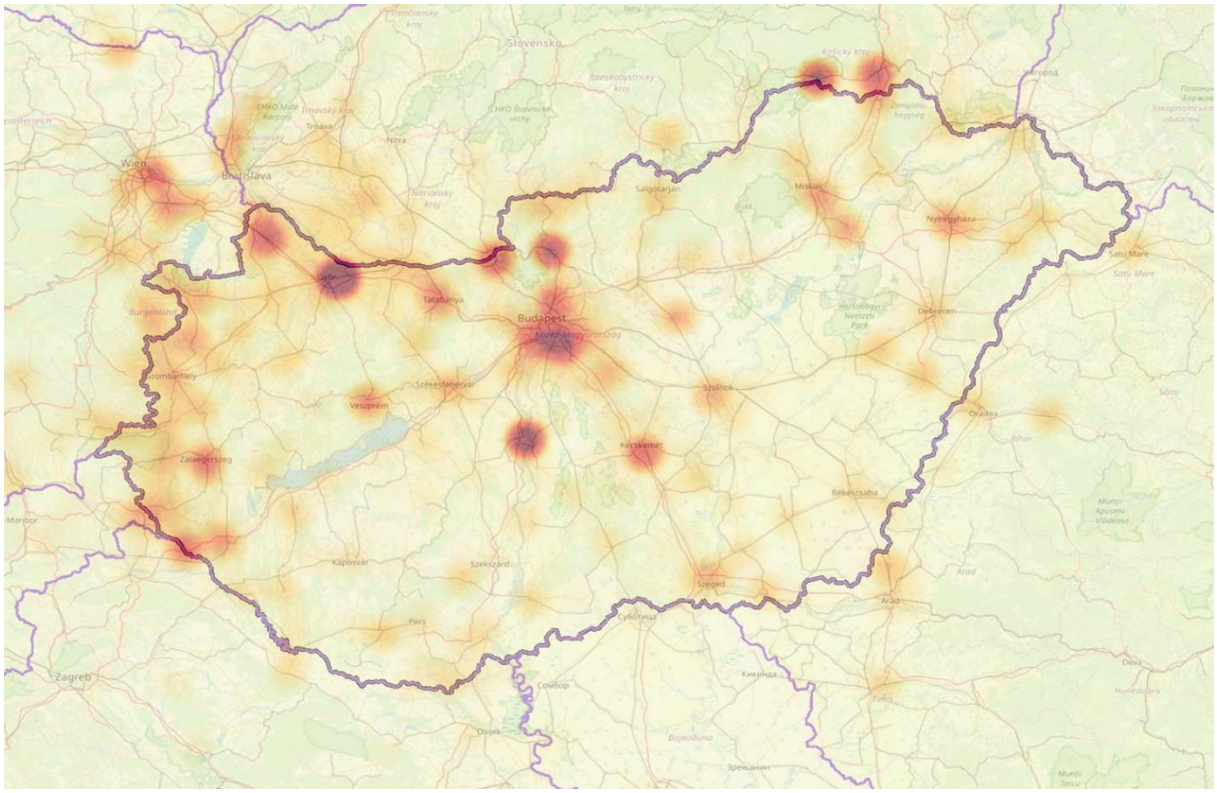
- Győr keleti ipartelep (beleértve, de nem kizárólag az AUDI gyár)
- Dunaújváros déli területe
- M0 déli szektorában több logisztikai központ és ipari park összessége, hosszan elnyúlva (külön-külön nem lennének a legnagyobbak között, de összességében jelentősek)

Ezektől láthatóan lemaradva, de még mindig önállóan jelentős mennyiséget képvisel a kecskeméti Mercedes gyár és az esztergomi Suzuki gyár, nagyjából hasonló értéket mutatva.

Hozzájuk képest kicsit több, mint fele akkora mértékű célpontot mutat Mosonmagyaróvár nyugati ipartelepe, ettől kicsit kevesebbet a Váci Cementművek. Közel ekkora vonzást mutat fel a Nyíregyháza nyugati részén fekvő ipari park, a Veszprémtől északra fekvő ipari park, kiegészítve a Kádártaival, de ide sorolható még a Tatabánya nyugati részén fekvő ipari park is. Érdekes, hogy ebbe a nagyságrendbe bekerült egy drogériai árukkal kereskedő magáncég saját telephelye is Letenye és az országhatár között.

Ez utóbbi egy érdekes kérdést is felvet. Vajon miért nem látható a jelentős célpontok között a nagy hipermarketek és egyéb kereskedelmi láncok logisztikai központjai? Ennek az oka több minden is lehet. Egyrészt az, hogy ezek túlnyomórészt vagy kizárólagosan saját flottával rendelkeznek és nem kerültek bele az általunk megkapott bevallási közreműködők adatbázisába, illetve az, hogy ezek a fuvarok belföldi végpontokkal történnek és nem kerülnek bele a határt átlépő tehergépkocsik adatbázisába.

A térképről még több, a fentiekhez képest kevésbé jelentős célpontok is leolvashatóak, ezeket nem soroljuk fel tételesen.



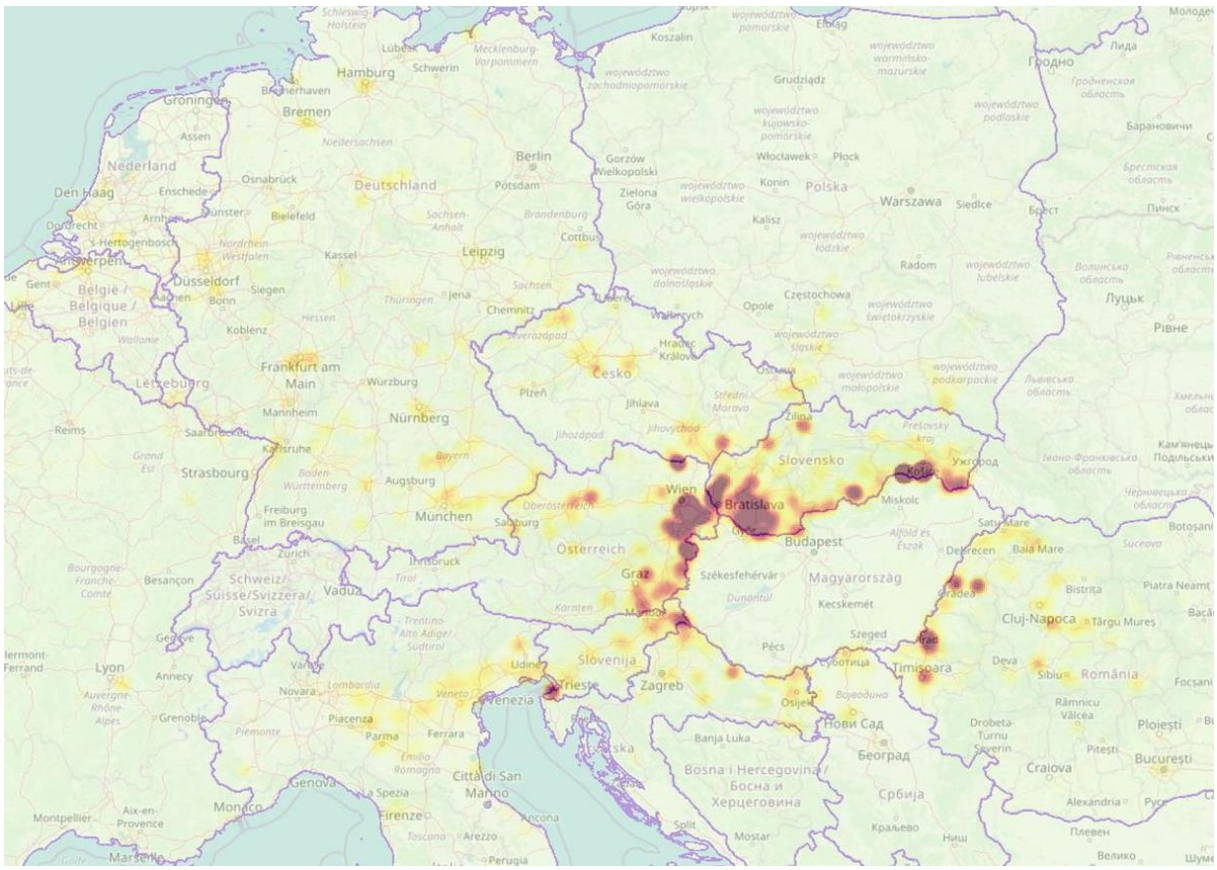
8. ábra: A Magyarországra külföldről érkező nehéz tehergépkocsik végponti hőtérképe

5.3 A magyar országhatárt átlépő nehéz tehergépkocsik jelentősebb külföldi célpontjai

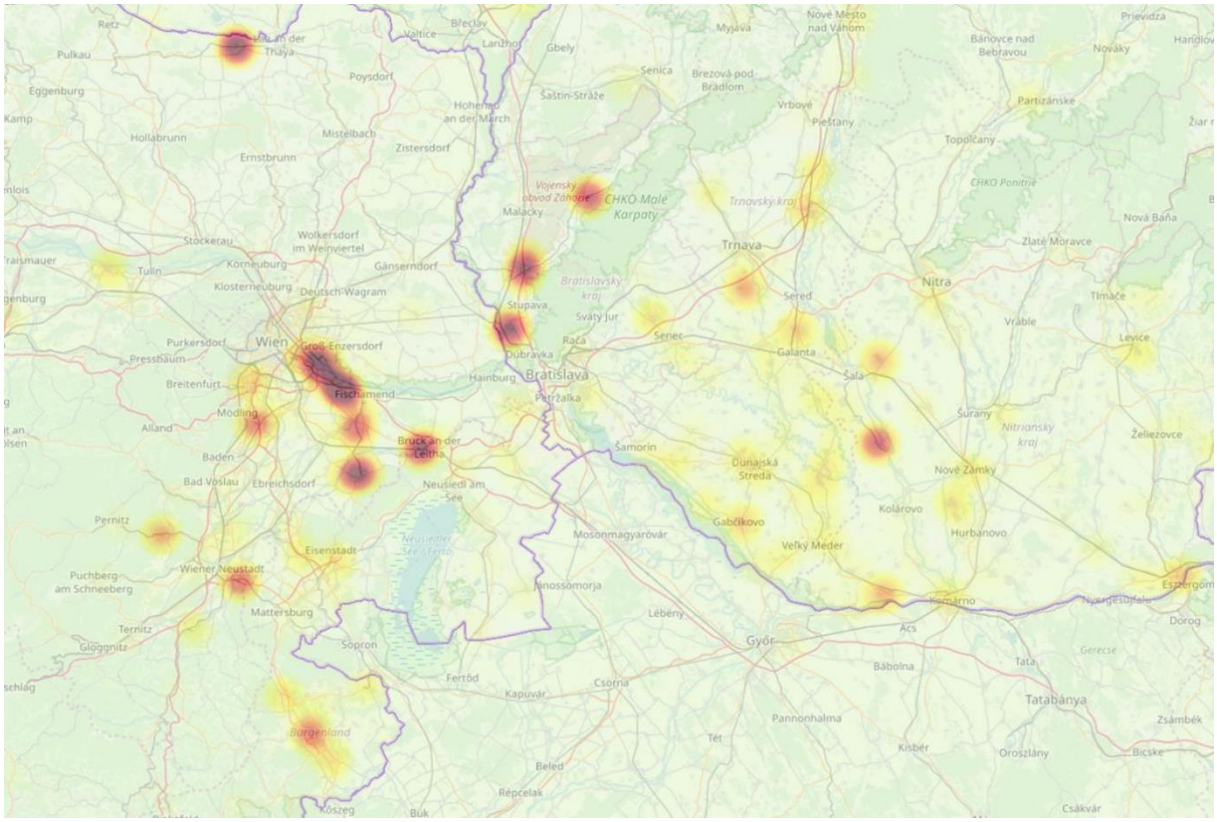
Jelen vizsgálat talán egyik legizgalmasabb területe az, hogy a hazai közutakat használó nehéz tehergépkocsik valójában hová tartanak, melyek a tényleges célpontjaik. Azt gondoljuk, hogy erre a kérdésre a vizsgálatunk választ tudott adni.

A 9. ábra egy áttekintő térkép a célpontokról, ahol azonos léptékben láthatjuk az érintett területeket, így van ahol nagyon intenzív a forgalom, van ahol ehhez képest kevésbé. Látható, hogy a legsötétebb foltok, tehát a legmagasabb értékek túlnyomó részben az országhatár közelében, 60-80 km-en belül találhatóak. Az értelmezhetőség kedvéért a hazai végpontokat bemutató ábrához képest eltérő léptéket használtunk és Magyarország területére nem mutatunk itt értéket.

Összességében Bécs és Pozsony tágabb térsége, ahol a legtöbb célpont található, de Kassa, Nagyvárad és Arad térsége is számottevő mennyiségű szállításnak a végpontja. Itt kiemelendő még Koper kikötője is, viszont a távoli észak-német kikötővárosok jóval szerényebb értékkel képviseltetik magukat, még a külföldi célpontok mezőnyében is.



9. ábra: A magyar országhatárt átlépő nehéz tehergépkocsik végponti áttekintő hőtérképe külföldön



10.ábra: Bécs és Pozsony térségének végponti hőtérképe

A továbbiakban több részletábrát mutatunk be, hogy a célpontok pontosan beazonosíthatóak legyenek. Elsőként a legintenzívebb forgalommal rendelkező, Bécs-Pozsony közötti régiót mutatjuk be (10. ábra).

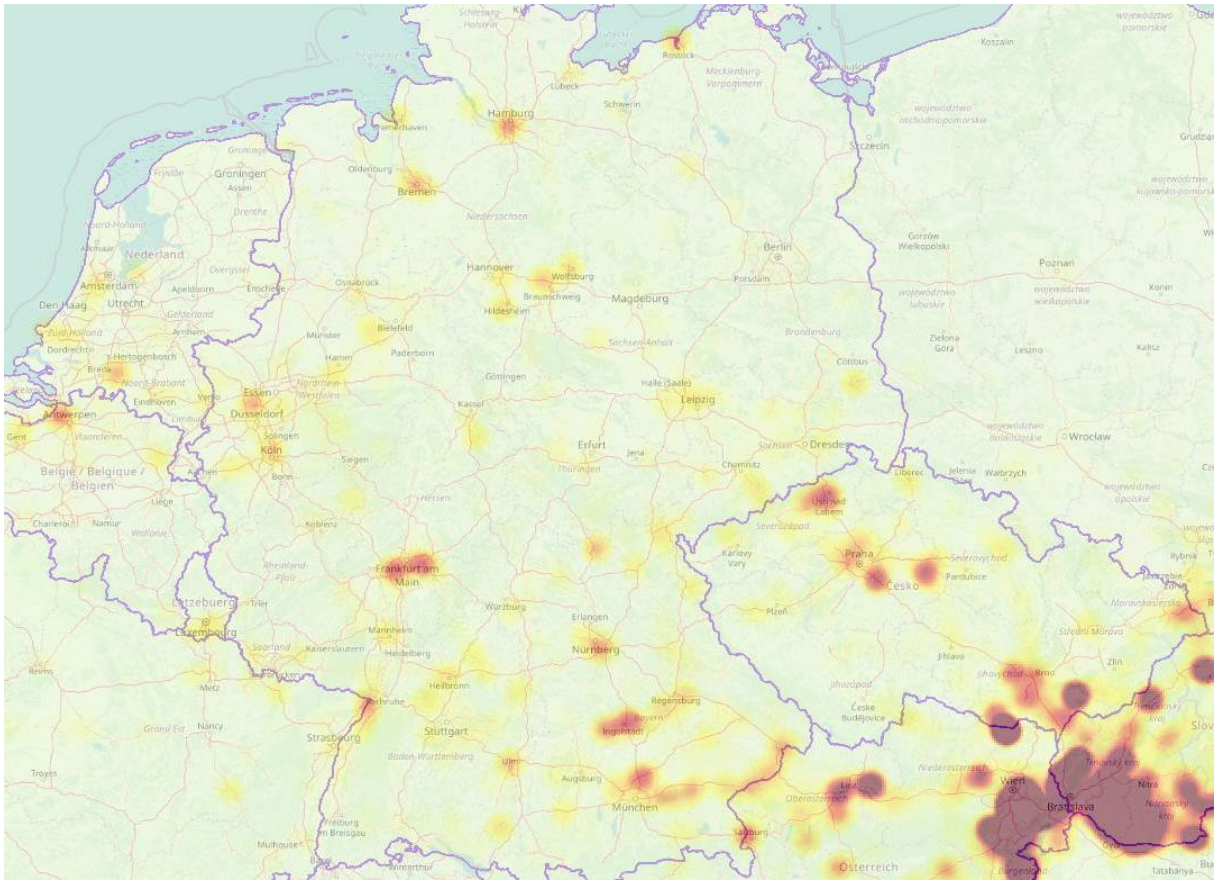
A térségen belül kiemelkedik és a magyarországi végpontok számával is vetekszik a Bécs melletti Schwechat által vonzott, illetve kibocsátott tehergépkocsik száma. Ezen belül a kikötő forgalma a legnagyobb, amelynek mintegy felét az OMV üzemanyag-elosztója adja, míg kb. ugyanekkora részesedéssel bírnak a kikötőbeli egyéb létesítmények. Schwechat másik koncentrált célpontja a repülőtér szintén hasonló nagyságrendben. Ugyanakkor megjegyzendő a repülőtér esetében, hogy sajnos nem lehet teljes bizonyossággal elkülöníteni a cargo terminálra célfuvarként érkező tehergépkocsikat a parkolóban hosszasan időző, csupán pihenő járművektől, de valószínűsíthető, hogy az itt megforduló kamionok nem pihenőnek használják a repülőteret, hanem ez a célpontjuk.

A térképen a cseh határ közelében sötét foltként jelenik meg egy ismertnek nem mondható kisebb település biotechnológiai üzeme, a Jungbunzlauer Holding AG. Mindenesetre az adatok alapján jelentősnek mondható a magyar határt átlépő forgalma.

Ettől némileg kisebb forgalmat mondhat magáénak Bruck an der Leitha nyugati ipari-kereskedelmi zónája. Következő említést érdemlő helyszín a Bécsújhely (Wiener Neustadt) melletti Neudörfl egy jelentős ipari üzeme. Hasonló léptékű forgalmat vonz szintén egy kis település, Mannersdorf am Leithagebirge cementgyára.

Ezeken kívül még számos ipari létesítmény, logisztikai központ is szerepel a térképen szerényebb volumennel, aminek a részletes felsorolásától itt eltekintünk.

Hogy a távolabbi térségek relatíve alacsonyabb értékeit is láthassuk, egy másik léptékkel bemutatjuk Németországot és annak környezetét (11.ábra).



11.ábra: A Benelux-államok, Németország és Csehország végponti hőtérképe

Németország területén több, nagyjából hasonló mennyiségű célpontot tartalmazó foltot láthatunk a térképen. Nem emelkedik ki egyik sem magasan a többi közül, de mindenképp a lista elején található Frankfurt am Main repülőtere. A várostól keletre, annak közvetlen közelében található Obertshausen település ipari-kereskedelmi területe hasonló nagyságú célponttal rendelkezik.

Éppen csak hogy elmarad ezektől az értékektől a Nürnberg mellett található két helyszín, igaz, hogy itt a logisztikai központ és a tőle néhány km-re található ipari park forgalmának összege vethető össze az előbbi

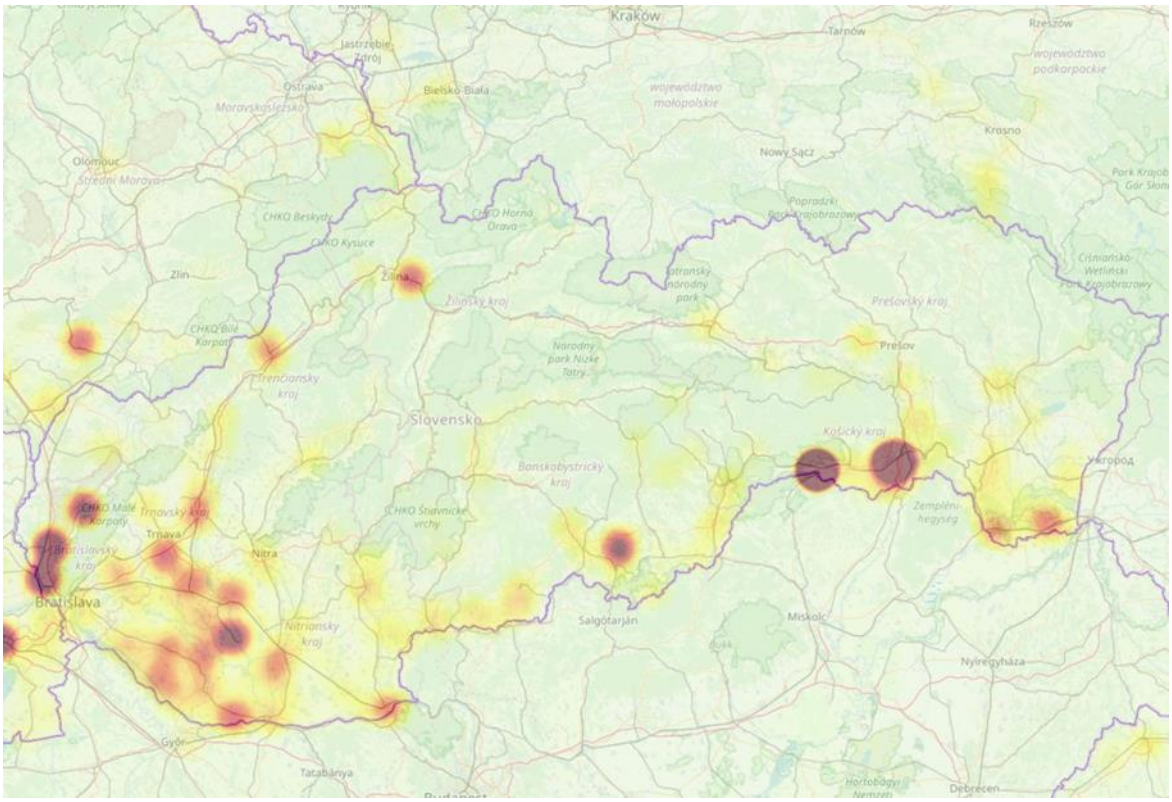
értékekkel. A térképen az egymástól való távolság miatt nem látható markánsan Wolfsburgban a Volkswagen gyár és a VW logisztikai központ Braunschweigben, de ha összeadjuk az értékeit (hiszen mindkettő a VW-t szolgálja ki), akkor szinte a legnagyobb érték lesz az egész országra vonatkozóan. Hasonló jelenséget figyelhetünk meg Ingolstadt térségében is. Maga az AUDI gyár viszonylag szerény mennyiségű végpontot tartalma, de ha hozzávesszük a város keleti határában fekvő nagy logisztikai-ipari központot (amely kétszer akkora értéket reprezentál), akkor összességében szintén a legnagyobbak közé kerül a város.

Az viszont teljesen egyértelmű, hogy a hamburgi kikötő önmagában rendelkezik közel annyi célponttal, mint az előzőekben felsoroltak. Hamburgtól nem messze találjuk Brémát, ahol több logisztikai központ összessége ad ki ekkora mennyiséget. Ettől nem sokkal marad el a Münchentől északra fekvő Eching település ipari-logisztikai központja, sőt ha a közelben található Müncheni Repülőtér forgalmát is belevesszük, akkor egy szinten van az előzőekkel. Kissé alacsonyabb értéket képvisel Rostock kikötője, illetve Duisburgban egy logisztikai központ. (Önmagában az Ingolstadt melletti logisztikai központ is itt következne a sorban, de az AUDI gyárral együtt már az élre ugrik.)

A fentiek után még Köln és Lipcse említhető meg, de a fentiekhez képest fele akkora volumennel rendelkezik.

Már nem Németország területén, hanem attól nyugatra fekszik Belgiumban az antwerpeni kikötő, ami még a hamburginál is nagyobb forgalmat vonz.

Már fentebb említettük, hogy Szlovákia bizonyos területei jelentős forgalmat vonzanak (12. ábra).



12.ábra: Szlovákia végponti hőtérképe

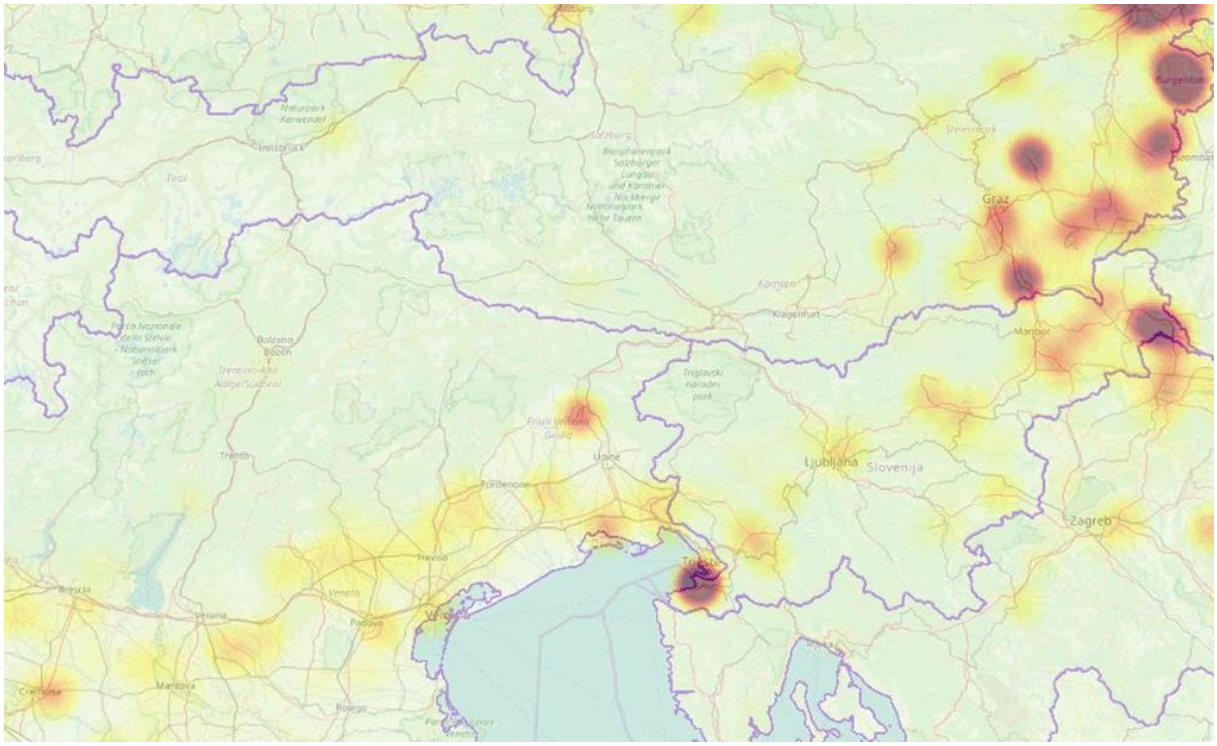
Pozsony térségében kiemelkedik Devínska Nová Ves, a Volkswagen Slovakia autógyár karosszéria összeszerelő üzeme. Szintén magas értékeket mutat nem messze Lozorno mellett egy logisztikai park és egy autóipari raktár párosa. Szintén nem messze és szintén hasonló léptékű forgalmat vonz Rohoznik (Nádasfő) település cementgyára.

Keletre indulva, Vlčany (Vágfarkasd) település két üzeme érdemel említést, amely jelentős mennyiségű célpontot generál. Egyébként itt a Dunaszerdahely és Érsekújvár közötti területen több kisebb-nagyobb célpont is található. A Zsolna melletti nagy ipari park benne a KIA autógyárral alig marad el az előzőektől. Ha tovább lépünk lefelé a képzeletbeli skálán, akkor ott találhatunk egy cement- és kőbányát Husiná és Velké Dravce települések között, nem messze a magyar határtól.

A magyar határ közelében, Tornanádaskától nem messze fekszik Včeláre (Szádudvarnokméhész), ahol egy bánya és cementgyár található. Az itteni célpontok mennyiségéről elmondható, hogy nem csak Szlovákiában ez a „csúcstartó", hanem az ausztriai Schwechat térségével van nagyjából egy szinten a szállítási végpontok számát tekintve. Ugyanakkor emellett Kassa térsége sem sokkal marad el ettől az értéktől, ha összeadjuk a Kassai Vasművek és a közelében található logisztikai terminál forgalmát.

A Romániába tartó forgalomról külön térképet nem közlünk, ott a határ közeli nagyvárosok térsége jelent említésre méltó célpontot (Nagyvárad, Arad, Temesvár), de kiemelkedik Kürtös (Curtici) mellett a Lagermax telep.

Horvátországban szinte semmi említésre méltót nem láthatunk, inkább vonzónak számít Szlovénia (13. ábra).



13.ábra: Olaszország északi területei és Szlovénia végponti hőtérképe

Szlovénia esetében messziről is látszik a koperi kikötő jelentősége, amely messze meghaladja a már említett német kikötők célponti forgalmát és ezzel Szlovénia meghatározó célpontja.

Szlovénia egyéb területein, illetve Olaszország területén nem találunk egyéb kiemelkedő, említésre méltó célpontot.

Összességében elmondhatjuk, hogy a külföldi célpontok jelentős számban az országhatár mintegy 60-80 km-es térségében találhatóak. Itt különféle ipari üzemek (cementgyár, faipari, vegyipari üzem) és logisztikai központok a szállítások célpontjai. Németországban és részben Szlovákiában az autógyártáshoz kapcsolódó üzemek jelennek meg gyakran és nagy mennyiségben célpontként, de általában a logisztikai központok itt is nagy számú fuvarnak jelentik a végpontját. A tengeri kikötők közül legjelentősebb a koperi, majd az adatok szerint az antwerpeni kikötő következik és utána a hamburgi.

6. Konklúzió, további kutatási irányok

A kutatás eredményei rámutattak, hogy a tehergépkocsi pozíció adatok feldolgozásával olyan adatokhoz juthatunk, amelyek jól leírják a forgalom fő célpontjait, valamint a járművek (és vezetőik) viselkedését az utazás során. Ebből mind a fuvarozók, mind az infrastruktúra fejlesztők hasznos információkhoz juthatnak egyrészt a forgalom szervezését (pl. várakozások csökkentése), másrészt a kiszolgáló infrastruktúra (pl. parkolók) fejlesztését illetően. A kidolgozott módszertan hasznosulásának feltétele azonban, hogy azokat friss adatállományra is alkalmazzuk.

A vizsgálatok ugyanakkor azt is megmutatták, hogy az adatok, illetve a belőlük képzett útvonalak egy nem jelentéktelen része nem volt értelmezhető, így az értékelhető minta mérete csökkent. A későbbiekben kerülhet sor annak vizsgálatára, hogy ezek a hibák szisztematikusak-e, azaz befolyásolják-e a minta reprezentativitását, illetve a valóságban mi történik, amikor az ilyen megmagyarázhatatlan adatok képződnek.

Ahogy a bemutatott külföldi alkalmazások is mutatják, a tehergépkocsi GNSS /GPS adatok különböző célú feldolgozása jelentős távlatokat tartogat. Az egyes útszakaszokon a forgalom más jellemzőinek függvényében kialakuló tehergépkocsi sebességek fontos információt jelentenek mind a hálózat tervezőnek, mind a fuvartervezőnek. A parkolóhely használattal kapcsolatosan is további összefüggések tárhatóak fel, ami szintén hasznos lehet mind az üzemeltetőnek, mind a fuvarozónak, s hozzájárulhat a parkolók jobb kihasználásához. A külföldi célpontok pontosabb megismerése az országon áthaladó forgalom menedzselése és az infrastruktúra-fejlesztések tekintetében lehet fontos. A módszertan kidolgozható a jelenleg rendelkezésre álló, ugyanakkor régi adatállományok birtokában, de a pontos következtetések levonása csak friss, a jelenlegi helyzetet tükröző adatok elemzését követően lehetséges.

Irodalomjegyzék

[1] Albert Gábor: Az országos célforgalmi mátrix (OCM 2008) kidolgozása és néhány eredménye. Közlekedésépítési Szemle 2010 (60. évf.) 9. sz.: 1-6 old.

[2] Keserű Imre: A magyar tehergépkocsik közlekedési jellemzőinek meghatározása az országos célforgalmi mátrix számára. Közlekedésépítési Szemle, 2010. (60. évf.) 9. sz. 14-18. old.

[3] Short, J., and Murray, D., (2008). "Assessment Of Interstate Truck Parking Needs Using Transportation System Demand", 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation, Athens Greece.

[4] Short, J. and Jones, C., (2008). "Utilization of Wireless Truck Position Data to Estimate Wireless Truck Position Data". 15th World Congress on Intelligent Transport Systems, New York, NY.

[5] Liao, C.F., (2014). "Generate Reliable Freight Performance Measures Using Truck GPS Data A Case Study in Twin Cities Metropolitan Area (TCMA)", TRB 93rd annual meeting, Compendium of Papers, Washington, D.C.

[6] Kamla, J., Perry, I. and Dickinson, I.: Analysing Truck Position Data to Study Roundabout Accident Risk, Transportation Research Board, 94th Annual Meeting, At Washington, D.C.

[7] Haque, K., Mishra, S., Paleti, R., Golias, M.M., Sarker, A.A. and Pujats, K.: Truck Parking Utilization Analysis Using GPS Data, Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems/Volume 143 Issue 9 - September 2017

[8] Diaz Corro, K.J., Akter, T. and Hernandez, S.: Comparison of Overnight Truck Parking Counts with GPS-Derived Counts for Truck Parking Facility Utilization Analysis, Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, April 2019, DOI: 10.1177/0361198119843851

[9] Pusztai Ádám és Kiss István: Módszertani áttörés- a nagytehergépkocsi-mátrixok kidolgozása. Közlekedéstudományi Szemle 2017 (66. évf.) 5. sz.: 44-53 old.

The New Transport Routes and Their Impacts in the European Union

Carlos Raul Lima da Frota Araujo[1] – Adrienn Boldizsár[2] – Ferenc Mészáros[3]

[1]**Corvinus University of Budapest,**
Department of International Relations and World Economy
e-mail: carlosraulima@uni-corvinus.hu

[2]**Budapest University of Technology and Economics,**
Department of Transport Technology and Economics
e-mail: boldizsar.adrienn@mail.bme.hu

[3]**Budapest University of Technology and Economics,**
Department of Transport Technology and Economics
e-mail: fmeszaros@mail.bme.hu

Abstract: The primary goal of our research is to investigate new freight transport routes from China to the EU as well as intra-EU routes and their impact on both sustainability and environmental protection. One of the most important questions today is how climate change will affect our present lives, but most of all, how it will affect the future lives of our children and grandchildren, and what we can do to prevent them from worrying about the consequences of our current work. According to current EU data, the European Union's ecological footprint is even higher than the global average. One of the main drivers, the increasing globalization, is causing a change in freight transport trends, which is also having a major impact on carbon dioxide emissions. At the end of the analysis, we will also look at the situation and opportunities in Hungary and the Via Carpatia route.

Keywords: globalization, European Union, changing of freight demand, freight transport model, delivery routes.

Introduction

The new transport routes and their impacts in the European Union are a resultant from a wider process in constant development: globalization. Although it is not the core of this research, globalization – in its various forms and concepts – can be used as an introductory element to assess, describe and study the puzzle that the new routes being created brings. Transport plays an important role in the modern lifestyle and the development of transportation infrastructure together with information technology are some of the actors that are shifting the way people conduct the acquisition of goods and services and the way they handle the daily commuting. An example of these facts is the possibility for the people shopping through the internet from their home comfort, having a wide range of products, with price comparison being possible at different shops in real time, and having a possibility of delivery. To validate this argument, it is possible to cite that according to an American stock exchange [1] NASDAQ, the Amazon.com, Inc., a company best known for its e-commerce or for its retail business, is the third largest company in the world by market cap. In a wider point of view, the transportation challenges, the ridge behind consumer behavior, also includes investments decisions in infrastructure that can leverage the economic development of a city, a micro region, a country or a macro region, depending on the dimension of the capital and involved stakeholders. In order to decide the facility placement or a larger infrastructure project, led by a governmental or private organization, there are other elements in the decision-making process such as policies of that region and local politics. The globalized world and the competition that it naturally generates as an externality puts pressure on, among other issues, costs cutting and lead to economies of scale. This fact drives the companies on purchasing in large quantity and creates a necessity of lager facilities to store the goods, considering the limitation of the just-in-time process.

A study [2] suggests that, with the cost of land increasing in the urban centers, an alternative is to make this decision of moving outside the cities. However, aligned to this factor there has to be installed transportation infrastructure in other to enable the operations of these companies: the study [2] indicates, yet, that the movement is likely to happen when there are installed in the region airports and highways,

besides the fact of low price in land and other side factors. Widening this concept, it is possible to conclude that if the main arguments are connectivity, land prices and urban development, the study can by extended to wider regions such inside European Union. With this, new routes, investments and facilities are being constructed in order to balance supply and demand. taking into the consideration the supply chain and its end-to-end concept, it is possible moving towards one of the ends of the chain, considering the home delivery for a consumer, after purchasing a product online through a retailer, is the other one and warehousing would be in the middle of these two, simplifying the global concept. The other end of the process is related to the producers, manufacturers and their surrounding suppliers. In order to this business model develops it is imperative that all the suppliers are in consonance. It is not always possible to have all the participants of the supply chain in the same city, region or country and the demand of general consumption puts tension in the search of efficient resources usage. The transportation infrastructure is a major key to solve these issues, by providing alternatives to relief that tension, being investment a prerequisite for infrastructure. In the search of better allocation of this capital there are a range of interests conflicting: politics, policies, procedures, economics, lobbying, among others. It is the transportation engineering manager responsibility to maximize the outcome of these colliding forces by deciding for projects that will benefit the most. With increasing demand for transportation and the creation of new routes to allow the flow of goods and services, there are consequences measured in positive and negative impacts for the society. The two main topics for discussion are sustainability and environmental impact, given that the European Union's ecological footprint is even higher than the global average, new routes would increase these numbers both for operation and building of new infrastructure. With these concepts this study aims to answer the question of: what are these new routes? How affect the European Union and what are the impacts? For achieving this objective, it was made a review focused on concepts of globalization, international division of labor, therefore, the derived demand for transportation and environmental impacts.

1. Theoretical Framework

The intention of this initial reflection brought in the introduction was to have a tangible example of how transportation and all the associated elements and means of decision making in the transport engineering is directly linked to daily basis activities and how that influences regions, such as Asia and Europe, and, therefore, causing impacts. To investigate the path in which this work is based on is important to raise concepts to explain why the environment which consumer trend was favorable for changing, including at this point theories on Division of labor and Globalization. The framework of this is study can be summed up by the following Figure 1.

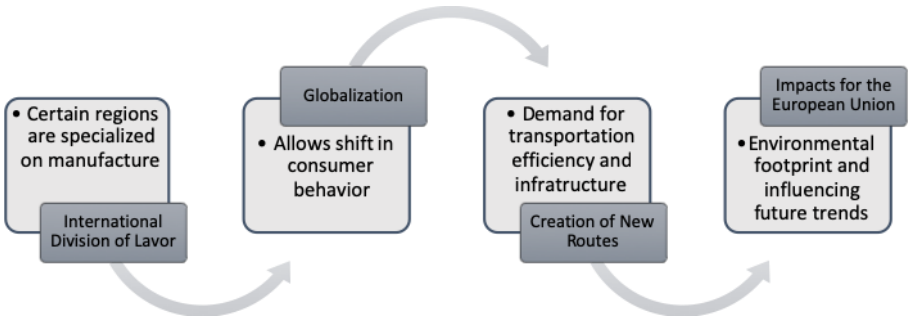


Figure 1. Research Framework [Authors]

1.1 New International Division of Labor

In order to build the argument in a logic way, emphasizing the role of transportation at the end, it can be cited, as a starting point, the classical theory of division of labor [3]. This emphasizes that, in order to maximize the outcome efficiency, most of the processes of a given production would pass through dismemberment aiming the specialization of tasks and responsibilities, each of which should be performed by an individual or collective agent: a person, a class of persons, a region, a nation, an organization, or an institution, depending on the process dimension. One approach of this theory, which is in political economy field, describes the organizations that mediates the conflicts acquired from the

specialization of work. The second type is considered to be decentralized and includes markets and trading, mostly intangible organisms. The other type of division is the centralized approach and they include firms and other hierarchies. One concrete example for a better illustration of division of labor, comes from Adam Smith's pin factory [4] and the later specialization of work. The further development of this concept is brought in New International Division of Labor, brought by some authors [5], when the world was yet divided in the middle 70's. One way of shortening the concept is by associating it with Adam Smith's pin factory: instead of workers doing several tasks regarding the manufacture of pins, countries would be specialized in certain tasks involving production of goods. The idea was brought by the authors was that the capitalist world would be seen as a unit and the countries would be specialized in producing certain kind of goods, also, the consequences of world crisis and policies changes were already impacting everyone's life. One example of this statement was that, at the time, the rate of investment in traditional industrial countries was stagnant or declining having this axis slowly being shifted towards underdeveloped countries or other developed countries with cheaper labor costs. Furthermore, the authors suggest that in other that this movement occurs there are at least three pre-conditions to be met: the first one is the development of a world-wide "reservoir" of potential labor force – that could be expected from the competition that a global economy could bring, especially in developing countries that have its population migrating from rural areas to urban centers; the second one, and most important for this present study, the development of technology which decreases the impact of industrial location and the turn also the production outcome towards the final consumer less dependent on geographical distances. A few examples can be cited: The first relocations of US industry were to Western Europe and to countries located at the south of the border, West European companies transferred production to other regions of Europe, mainly located in the Mediterranean countries, and other example is that the Japanese relocated industries to South Korea and Taiwan. During the same period of time, another country better known for its huge population, China, began to launch several reforms [6] in other to open its economy and politics, by doing so, attracting foreign investment.

1.2 Development and Effects of Globalization

Heavy to define his definition since we talk about a very complex and modern process punctually. Globalization not somebody else, then onto the initiation of the western civilization world-wide uniform one took shape processes. Several experts consider globalization as a new phenomenon, only talking about it from the last half of the 20th century, but there are some who already mention the unifying world from the discovery of America. The history of humanity as a whole, but at least from the beginning of America's discovery, the process of bringing together different economic formations, societies, cultures. World trade has evolved since the early 16th century, and the trade openness of many countries is still below pre-World War I levels. We can distinguish more areas, such as cultural, linguistic, economic, financial, etc. globalization. In all cases, the process is unification and integration. [7]

As a result of globalization, the world's more foreclosed markets have become increasingly open to both purchasing and selling. It would not be possible to serve all of this without adequate logistics and development. In production, cost-efficiency often results in the separation of parts and sub-assemblies, as well as the outsourcing of certain processes, which are increasingly characteristic. To do this, adequate international networks and quality logistics services are essential, namely speed, accuracy, edibility and reliability.

A similar trend is taking place in the field of distribution and transportation. As a result of globalization, customer requirements are unified so that the same product can be sold anywhere in the world. This also requires a well-established international distribution network. Globalization will increase the volume, frequency and distance, so without a continually evolving logistics system - or even focusing on freight - the global system would not work. [7]

1.3 Criticism of Globalization

Don't forget nor that many criticisms have been made about globalization. Globalization-critical movements consistently reject criticism of fundamentalism (nationalist, nation-state re-affirming), and ethnic and religious conflicts provoked by power elites. The anti-globalization movements do not deny globalization or free flow due to production, cultures, contact with modern techniques, but the form in which this is realized: where enrichment, profit is more advanced than man. They want a different kind of globalization, which is expressed by their two most frequently used slogans: "May the world be

different!" and "The world is not for sale!" This is also due to the fact that, according to many opinions, globalization processes have diminished and even stopped in many cases. [8]

2. The European Union transport policy

The aim of the European Union's transport policy is to ensure the smooth, efficient, safe and free movement of persons and goods throughout the Union through the use of integrated networks using all modes of transport (land, rail, water and air). EU policy also covers a wide range of issues such as climate change, passenger rights, clean fuel and reducing administrative burdens related to port customs clearance. Covered by Title VI of the Treaty on the Functioning of the European Union's transport policy is strategically one of the most common policies of the Union. The future of the area is largely determined by the 2011 White Paper, 40 initiatives of which will contribute to growth, job creation, reduction of dependence on imported oil and a 60% reduction in the sector's CO2 emissions by 2050. [9]

Transport is an essential sector of the economy. In the EU, around 1.2 million private and public companies involve a complex network, which provides employment for around 10.5 million people. One of the main challenges for the EU transport sector is the creation of a well-functioning single European transport area, linking Europe with modern, multimodal and secure transport infrastructure networks, and a shift towards lower mobility, including the reduction of other negative externalities in transport. Too. From a social point of view, affordability, reliability and availability of transport are key. However, this has not been fully achieved. Addressing these challenges will help to achieve sustainable growth in the EU. [10]

European Union transport policies are characterized by different national priorities. The fragmentation of the transport market continues to limit the quality of transport services in Europe and the growth potential remains unexploited unless European policy initiatives towards a single transport market are thoroughly implemented at national level. A major part of EU transport policy is the deployment of the TEN-T network. Thanks to the global economic crisis, this area is characterized by a low level of investment in transport infrastructure, thus hindering the modernization of the EU transport system. [10] The current situation of transport sectors is included in Table 1 based on the 2018 study.

Table 1. The current situation of each transport sector in the European Union [10]

Rail transport	• The rail freight service quality and reliability are low. This is due to the lack of coordination between cross-border capacity supply, traffic management and infrastructure planning. EU-specific legislation, such as the technical pillar of Railway Package 4, aims to promote interoperability. • The rail freight market has been fully open since 2007. Between 2010 and 2015, the market share of competitors increased in most EU countries, mainly in Belgium, Bulgaria, the Czech Republic, Germany and Hungary. However, except for this growth trend, Estonia and France.
Road transport	• The market for freight and passenger services is completely open to road transport. The community controls and limits cabotage shipments. As a result, market participants have difficulties in optimizing their operations and inland traffic for empty runs between two vehicles outside the country of registration. • Note that a relatively new member countries (Bulgaria, Croatia) carriers dominate their country's foreign trade deliveries. The relative competitiveness of carriers from the new EU countries is also reflected in the crosstrade (transport between two countries, none of which is the carrier's country of registration): 80% of all such journeys in the EU.
Air transport	• One of the main problems affecting the performance of the industry is the shared EU airspace, which leads to high operating costs for airlines as it limits the optimization of flight routes or duplication of costly functions (in 2014, the unit cost of air navigation services in the US is about 35%). lower than in the EU). The creation of Single European Sky (SES) is a continuing challenge for the Union, as many countries are opposed to this. • It is estimated that by 2035 there will be more than two million extra flights that European airports will not be able to absorb due to capacity shortages. All this leads to congestion (already experienced today) and costs.
Maritime transport	• High quality infrastructure or lack of low-capacity port services can lead to significant additional costs. • For EU companies, port and terminal costs represent 25% of the total door-to-door logistics costs. • The 2017 Port Regulation introduces rules for transparent public funding to improve market access and make port investments and operations more efficient.
Inland water transport	• Areas for improvement: better infrastructure, skills, digitization and integration into the logistics chain. This requires both the definition of common standards at EU level and cross-border cooperation between EU countries, eg. under the Danube Strategy. • Another frequent challenge for the functioning of the market is to create conditions between different transport providers that do not distort illegal state aid or abuse of infrastructure control.

All in all, based on a study published in 2018, although the process of realizing the ideas outlined in the 2011 White Paper has started, in many cases it is not at the right pace, slower, or is happening nowadays. In many areas, much more effort will be needed to achieve the goals set. An exciting question for the future is what the relationship between the EU and Great Britain will be, and what impact Brexit will have on the freight process, for example, due to the situation. Due to globalization and the current EU situation, continuous monitoring and rethinking of freight transport models and processes is essential. Presentation of the models currently used for freight transport follows.

3. The new routes and the European Union

With the frame of the international division of labor and the concept of end-to-end in supply chain, some countries are being specialized on producing certain goods and they need to trade it in order to complete their own need on other products. However, for the sake of this entire process materialize there is the need of investments in infrastructure, either to receive the moving companies or to enable other ones to develop and, by doing so, making possible that they will outflow the production for other regions and countries. The increasing movement of goods and persons translates into this necessity, examples of infrastructure in this case are highways, airports, ports and railway lines. To be able to keep the pace on the demand there is a constant need of developing infrastructure either by constructing new equipment or by expanding in the existing ones (Koper Port, Rotterdam, Port of Le Havre, Old Port of Marseille). In this sense, considering that China is the second largest trading partner [11] of EU, behind just USA and by far ahead of the third, and the Chinese number one trading partner, ahead of USA, the trading routes being studied are either coming directly from China, crossing the Asian continent (the case of One Belt One Road initiative), or being implemented in EU to better connect the regions (via Carpathia, Košice–Vienna broad-gauge line) and also facilitate the movement of goods, that, ultimately, will lead to trade. One example of the importance of China connecting with Europe is through the New Eurasian Land bridge, shown on the Figure 2 following, in the frame of One Belt One Road.

Figure 2. New Eurasian Land bridge [Authors]

3.1 One Belt One Road Initiative

China does not consume everything it produces neither has all the resources of manufacture, in fact, Chinese total foreign trade value was US$ 4.62 trillion in 2018, from that exports amounted US$ 2.48 trillion and imports US$ 2.14 trillion [12], which translate into to a massive transit of goods around the region. Overlooking all this growth, investments and trading it is possible to conclude that the transportation related issues are in the center of Chinese economic and politic decisions. One example of that importance is the constant launch of new initiatives, such as One Belt One Road, a revised proposition of the ancient Silk Road, a unprecedent major project driven by China, that involves more than 60 countries (actual officially signed) and is estimated in between US$ 1 trillion and US$ 8 trillion. With that large amount of financial resources, a mega project was draft by China. It is based on two directives: one by land, forming an economic belt, and other by water, forming the road to connectivity. Breaking down this plan, there are six corridors [13] included in the land part, they are (Figure 3).

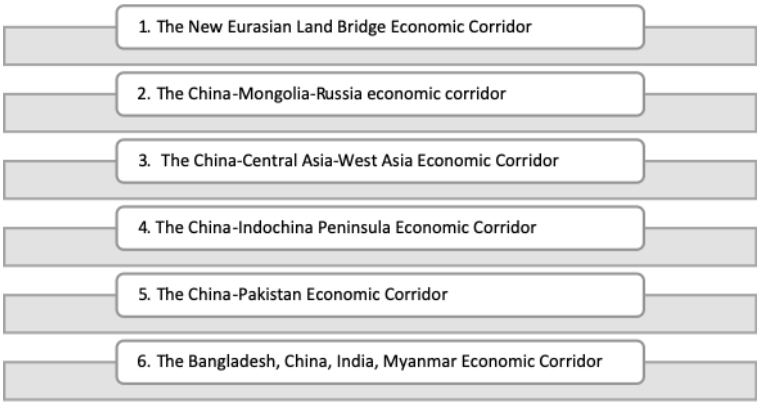


Figure 3. The six corridors [Authors]

Following at the Figure 4 it is possible to see the land routes assigned by the numbers 1-6. The main countries covered by the project are Russia, Mongolia, India, Pakistan, Kazakhstan, Egypt and most of the European countries, with highlight to Hungary. The objective of Belt and Road can be summed up by promoting connectivity between regions and the subjective direction is to link West and East in order to transport goods, data, service and people.

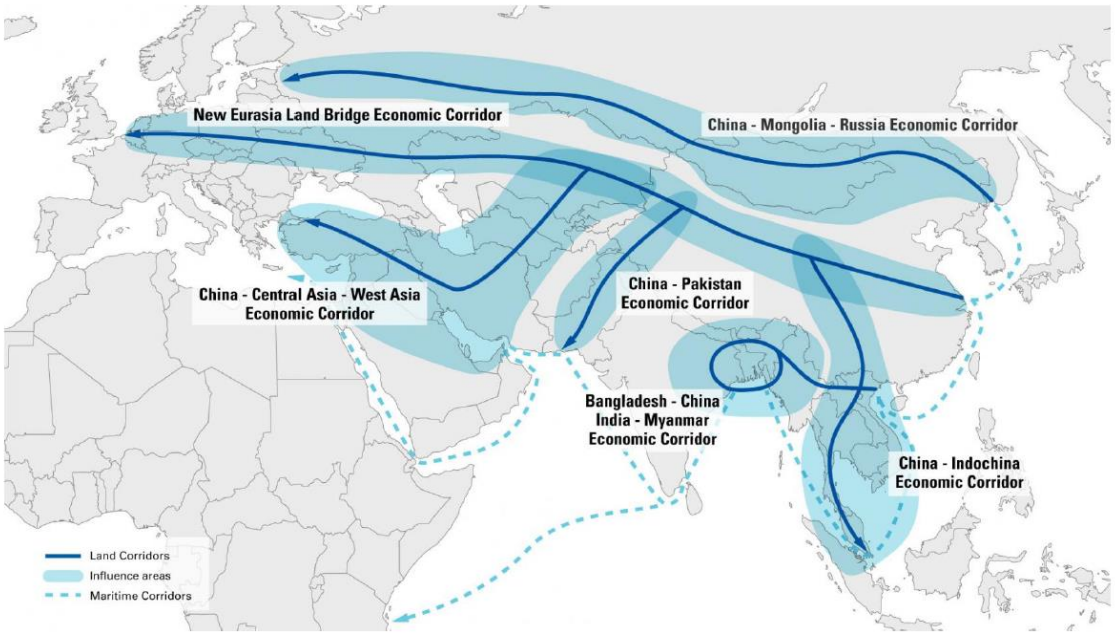


Figure 4. Chinese Belt and Road Initiative [14]

For beyond connecting these countries by land, the Belt and Road initiative also covers a network of Ports through a maritime "road", with main bases starting from China and finishing at European Union facilities. During the way, cargo ships can count on a net of supporting ports in countries with smaller economies, mainly in Africa when entering the Gulf of Aden and crossing the Red sear through Suez Channel. The Figure 5 at following highlights the trajectory of a hypothetical given trip covering most of the countries signed in the Belt and Road Initiative. It is possible to see that, from Oceania until the end point Europe, the route has nearly 40000 km. Main ports in Europe includes Spain, France, Italy and Greece. However, countries bordering the Adriatic Sea are gaining importance on the new routes, once the possibilities for growth are yet not explored. One good example is the Port of Koper in Slovenia.

Figure 5. Maritime Silk Road [Authors]

3.2 Via Carpatia

For beyond plans from other countries, mainly from China, Europe too has its own strategic planning for developing and integrating different regions. One example of it is the, already mentioned in this study, the Trans-European Transport Network, or TEN-T [15],– following at figure 6 – and its several corridors. This is a policy program with a budget of more than €8 billion that aims to maintain and develop transport infrastructure in the European Union. It includes set of plans and priorities, such as the finish of 30 major projects set by the council, with secondary objective of maintaining cohesion to EU.

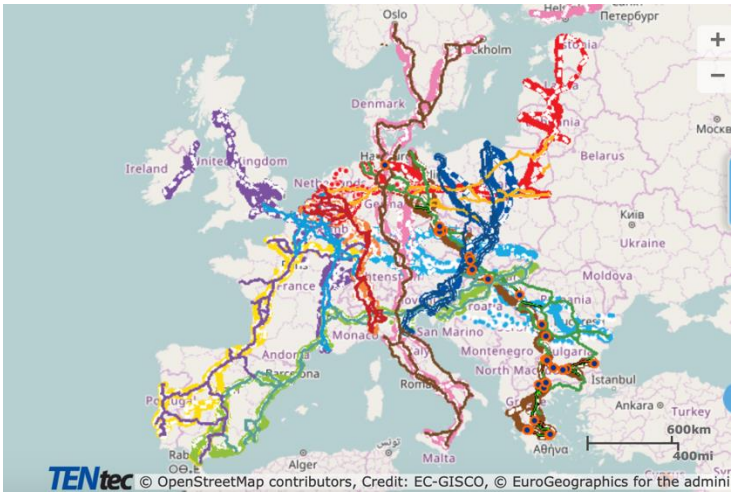


Figure 6. Trans-European Transport Network Interactive map [15]

With the late join of Central and Eastern European countries in the EU there is an existing infrastructure development and network density when comparing different regions. With these countries expanding its economy in a steady pace, mainly after 2008's crisis, there is a permanent demand for connectivity and transport infrastructure. Therewith, the leaders of these countries started a movement for developing infrastructure in the region. One of the initiatives is named the Via Carpatia [16], a corridor extending on the peripheral areas of the western EU countries connecting the Baltic Sea on the north of the continent to the Mediterranean Sea, at the South. The first idea was to connect Lithuania, Poland, Slovakia, Hungary, Romania, Bulgaria and finally Greece, as seen in Figure 7.

Figure 7. Via Carpatia in its original plan [17]

However, on 15 May 2019, the General Secretariat of the council of European Union published an information note acknowledging the benefits for regions resulting in the implementation of the Via Carpatia, based on a conference held in Poland on 17 April 2019 and on it, it was included there Representatives of Poland, Belarus, Bulgaria, Croatia, Lithuania, Romania, Slovakia, Turkey, Ukraine, Hungary and the European Commission [18]. Also, in the document is extended the concepts of connecting northeast, at Baltic Sea and southwest, at Greek Mediterranean, to Black Sea and Aegean Sea (called here of southeast). The prospects are for a future cooperation with neighboring countries such as Belarus, Ukraine and Turkey – also Western Balkans. Furthermore, the document also mentions the military importance of the route for troop mobility and integration with Eastern Partnership countries. Overall, the route raises importance of connecting the peripherical area of the European Union and generates demand for constant integration of the European Transport network.

4. European Union and its impacts with the new routes

It is possible to infer that the objective of new routes is to promote connectivity, meaning a higher flow of people, goods and service, with less bureaucratical borders and customs control, which is a derived externality from the process of globalization. The primarily understood benefits from this happening are economic, social and political development. However, this process can also bring unwanted hazard. Having in mind this issue, the World Health Organization published a work back in 2004 with the title: "Globalization and infectious diseases: A review of the linkages" to promote awareness in the problems this movement can bring. Since them, the world with international and intra-states mechanisms could control the dispersion of world outbreak diseases, for example the 2014 Ebola, early 2000's recurrent of Avian Influenza and other more. With the supply chain every day more connected through airports, ports, highways and railways it is becoming a difficult task to control these diseases, with highlight to the late 2019 Coronavirus COVID-19.

Illegal immigration is also a factor that raises debate in certain European countries that can be its control either eased or nonexistent in case of a nearly complete integration with a bigger blocks and more diverse routes.

As result of globalization, we can also see the creation of the European Union, so it cannot go unnoticed by pursued by the EU transport policy, which is greatly influenced by the Community and the associated freight processes.

Nevertheless, apart from raising these general spread concerns in order to promote the debate, avoiding going unnoticed, this study will focus with more detail mainly on environmental impacts of CO2 emission, political and economic impacts and cover future trends in freight transport that new routes might bring to European Union, they are described as following.

4.1 Environmental impacts - Examination of CO2 emission

We cannot ignore the fact that that the choice of mode of freight transport has a major impact on the amount of CO2 emitted during freight transport. So, we examined how the freight performance of each sub-sector develops if we weigh it depending on CO2 emissions. The weights are relative to each other proportional to total emissions, as shown in Table 2.

Table 2 CO2 emission weighting factor [Authors]

	CO2 (g/tkm)	***Weighting factor***
Airplane	500	***0,719***
Modern truck	105	***0,151***
Modern train	65	***0,094***
Modern ship	25	***0,036***
Sum	695	***1***

In this case, the sea and inland capacities were combined. The Figure 8 shows the performance of freight transport by subsectors, what based on Eurostat data, while Figure 9 the same values are weighted depending on CO2 emissions.

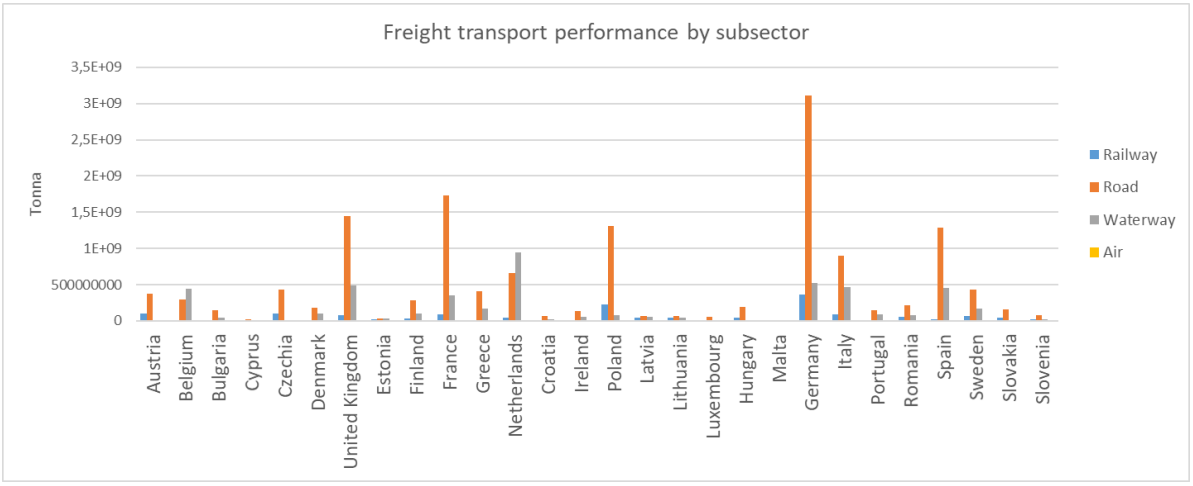


Figure 8. Freight transport performance by subsector [Authors]

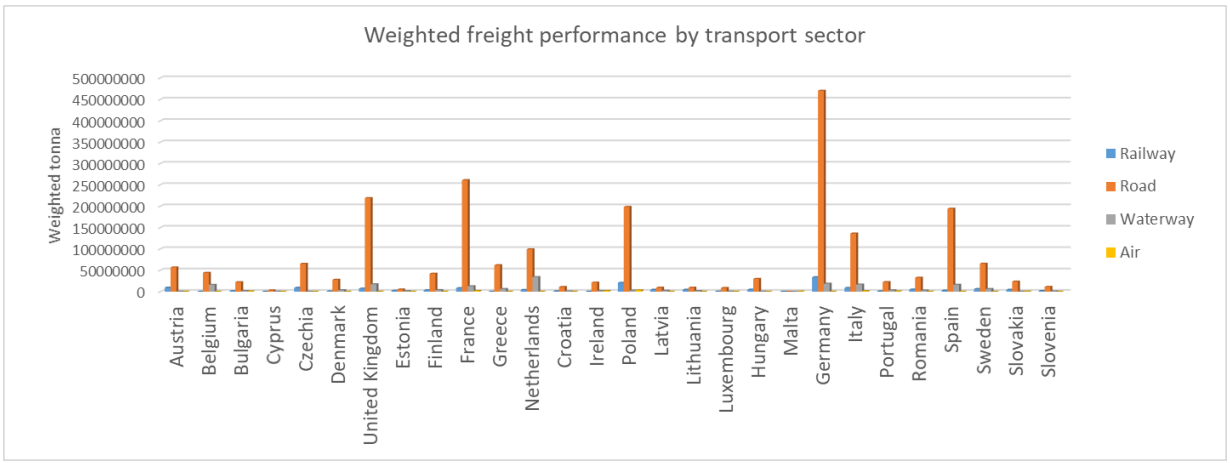


Figure 9. Trends of weighted freight performance by subsector [Authors]

Due to the high weight of aviation, it could be expected that the proportion of total power will increase spectacularly. In contrast, this has not been the case, and, in fact, it still does not appear to a greater extent than other road freight transport. Overall, regardless of the weight figures, the highest CO_2 emissions are in road freight transport in Germany.

4.2 Political and economic impacts

The new routes are constantly subject of political rhetoric, as it involves large scale financial resources, investment decisions, debt risk-taking (also impacting in the sovereignty of a given country) and many other aspects, including social perception (one example of it is the increasing flow of foreigners and the acceptance of a given society towards this movement. The first point to be analyzed here is that there is already installed a certain level of transportation infrastructure, as mentioned in the previous topics the TENT-T, which decreases the leverage Chinese policy makers might have on directing routes in European land. In fact, the countries in continental Europe which has highest infrastructure gap – Eastern, Balkans, Central-Southern – and the least funding – or capacity of contracting debt, mainly countries outside European Union, Schengen Zone or even Euro Zone – are the ones more vulnerable for Chinese capital. The general assessment is that there is a need of boosting economy through directive measures made by the State. Overall, these investments are made by contracting public debt or by State institutions, which, at last, will be paid by taxpayers. Although dubious agreements potentially can be made, some of these countries takes the OBOR as an opportunity for growth.

Secondly, the support that china holds on EU differ between these countries. An illustration of it is that Hungarian Minister for international affairs, criticized Western European nations for “hypocrisy” and “hysteria” because their constant comments on central European countries’ business dealings with China [19]. He also concluded his statement by, if the matter is Chinese products or low prices, European countries should prepare themselves for it. However, even the more developed countries are receiving Chinese leaders for future agreements. One iconic case of it is the cooperation in Greece, where China Ocean Shipping Company bought 51% of Greek state-owned Piraeus Port Authority, the largest in Greece, for US$ 312.5 million [20]. In 2018 was the world's fastest growing port and is set to be in the top 3 of Europe by the end of this year. Chinese investors are also planning to build hotels in the area and to increase the number of tourists in the region.

Furthermore, according to a report in Silk Road Associates [21], OBOR will increase the speed of Chinese acquisitions of European industrial technologies and companies, as Chinese firms look to accelerate their expansion in the region. That means an overall gain of productivity for Chinese companies and an additional revenue for Europe, as well as secondary agreements and cooperation. Competitors, for example Hong Kong and Singapore, are set to turn business fiercer and that fact could change the actual situation.

To sum up this analysis, in the year of 2019, Chinese President Xi Jinping made a travel to Europe to aiming to diminish the mistrust in the OBOR plan for European leaders. One of the countries visited was France, where the parts planned to sign trade deals worth billions of euros of cooperation in several areas. However, some officials still remain skeptical with the Asian’s country presence in the Continent. [22]

The President of China also met with German Chancellor Angela Merkel and Jean-Claude Juncker, head of the European Union executive. In March he visited Italy, with the objective to sign more than 30 deals, worth up to 7 billion euros, including deals with ports of Trieste and Genoa to Chinese containers. With a welcoming approach, Italian authorities said the agreements would benefit both countries, and invited Chinese to invest in the region, with the argument that they are in other parts of Europe as well. [23]

In Hungary, the approach is also for mutual agreement and assessment indicating benefits. Prime Minister Viktor Orbán met with Chinese Premier Li Keqiang in Beijing with the frame of OBOR forum. The Prime Minister also highlighted that ideology should not disturb business and Chinese investments in Hungary add up to US$ 4,5 billion. [24]

4.3 Future trends in freight transport

The growth of future freight volumes is projected by almost all studies and research and within the transport sectors, road freight transport is projected to grow the most, in contrast to EU efforts. [25] The transport and logistics market a likely to undergo a major transformation in 5 years. This is also reflected in the report "CEE Transport & Logistics Trend Book 2019" by PricewaterhouseCoopers. Five factors that influence and shape future trends have been taken into account (Figure 10). [26]

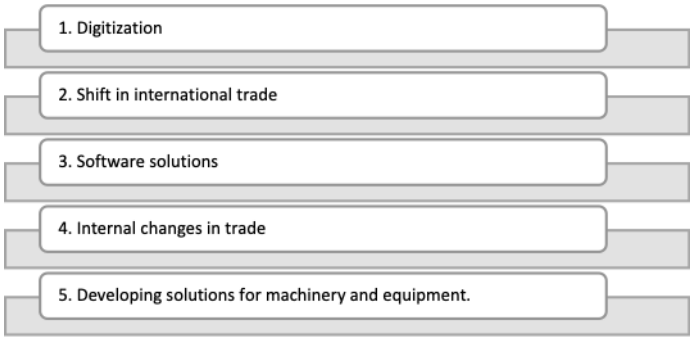


Figure 10. Five factors that influence and shape future freight transport trends [Authors based on 26]

Each one of these factors are further explained following by the Figure 11. It is important to note that the level of influence for the trend in the future differs according to following years, as it is a process of evolution, constant change but progressing towards efficiency. Digitalization, for example, will further support the machine-drive process changes, it differs from time entry.

Figure 11. Possible changes in key issues of transport and logistics [26]

It is possible to note, however, that these changes are well assessed but only listed. Figure 12 describes emerging solutions for each of the driving trends. They differ from either high or low impact (left-hand circle) or either high or low maturity. For example, digitalization solutions produce a high impact and had a high maturity, possible to note it from the full circle symbol.

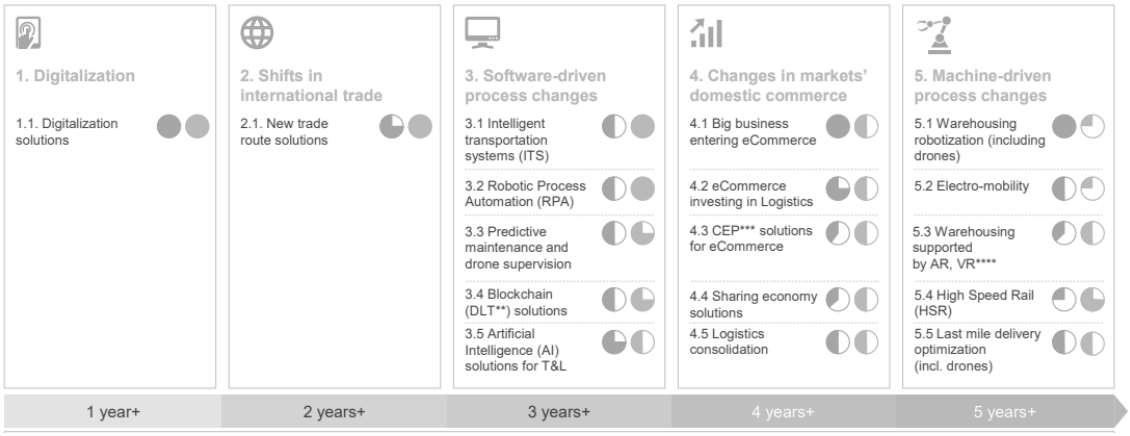


Figure 12. Solutions for possible changes in transport and logistics [26]

One of the most important trends in freight transport is the "shift in international trade", as a result of which many changes may occur. Key Factors are on the following list:

- Increased trade on the Europe-Asia line,
- Free Trade Agreements,

- Commercial wars and restrictions on internationalization of freight forwarding business,
- New trade routes,
- Development of railway and road infrastructure (railway lines, modernization of motorways, construction of new connections and facilities such as terminals and distribution centers).

As China's belt and road initiatives progress, the long-running work of the International Road Transport Union (IRU) is the reopening of the trade routes of ancient Silk Road, linking Asia across Europe to the whole of Eurasia. Changes in international trade are already visible in the growing number of land transport from China to the EU, which is expected to intensify in the future (Figure 13).

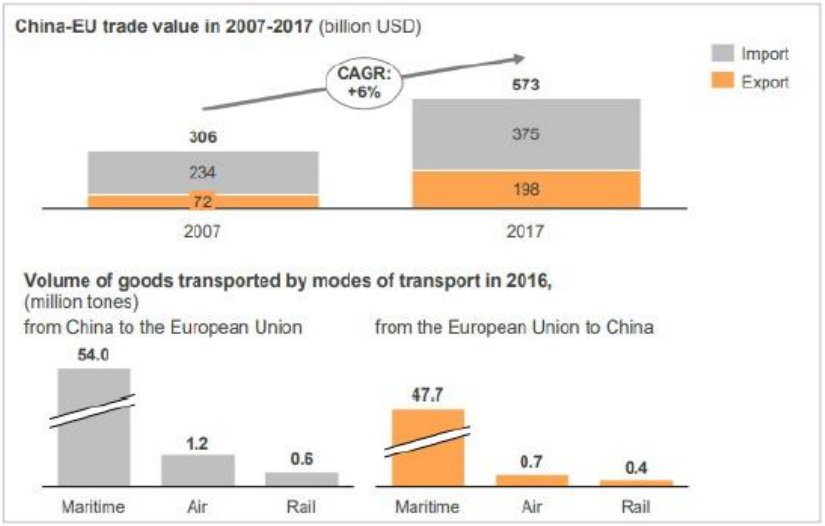


Figure 13. Increasing international trade volumes between the EU and China [27]

Figure 13 also shows that the corridors of the New Silk Route are on the mainland. It also follows that, in those regions and countries through which they pass, combine their economies All this can result in much more complex systems, which can greatly act the change and development of freight transport models.

Conclusion

In this study it was possible to link the causes that the development of global economy towards the international division of labor on the past and how it impacts the way we live today, for example consumer trends, and its derived transportation demand. With new routes being made in order to correspond to that additional demand, it provokes an extend list of externalities, here approached by the concept of impacts and the conclusion is: Overall, the processes of globalization are still taking place today and they bring about many changes in the formation and development of models, including the accomplishment of delivery tasks. It can be seen that freight transport models are becoming more and more important due to globalization and increased international production processes and constant logistical changes, especially in the context of optimizing supply chain efficiency and sustainability. Many changes are still observed, new routes were established in the Eurasian region, which is expected to have growing importance. According to current literature and research, until fossil fuel vehicles are replaced or elicit, carbon emissions will increase and will also increase the ecological footprint of national economies in the European Union, while new routes will continue to cause impact on the economic and political activities.

References

[1] Website of NASDAQ: https://www.nasdaq.com/market-activity/stocks/screener?exchange=NASDAQ&sortname=marketcap&sorttype=1, Listed Companies by Market cap (2020.01.10)

[2] Kang, S.: Warehouse location choice: A case study in Los Angeles, CA, Journal of Transport Geography, 2018. 10.1016/j.jtrangeo.2018.08.007, ISSN: 0966-6923

[3] Sturn, R.: Division of Labor: History of the Concept. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences 2015 Vol. 6 2nd edition Austria pp. 601-605. DOI 10.1016/B978-0-08-097086-8.03078-6.
[4] Smith, A.: An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Scotland, Great Britain, W. Strahan and T. Cadell, London, Vol. 1 No 4 book 1, 1776.
[5] Fröbel, F. – Heinrichs, J. – Kreye, O., The new international division of labor, Social Science Information, SAGE, London and Beverly Hills 1978 Vol.17. No.1. 123-142
[6] Morrison, W.: China's economic rise: History, trends, challenges, and implications for the United States. Washington, DC: Congressional Research Service 2014 No.RL33534.
[7] Veress J. (2009): Gazdaságpolitika a globalizált világban, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Typotex Kiadó, ISBN: 978-963-2790-66-4
[8] Artner, Annamária (2016) Globalizáció-kritika a világban: Az "antiglobalizációs" mozgalmak céljai és tevékenysége. In: A nemzetközi munkásmozgalom történetéből. Magyar Lajos Alapítvány, Budapest, pp. 59-76.
[9] Ottemöller, O., Friedrich, H. (2016). Opportunities of sectoral freight transport demand modelling. Case Studies on Transport Policy 4, pp. 9 - 12. Data to Freight Modelling
[10] Hololei, H., Bulc, V. (2019). Mobility and Transport, Transport in the European Union: Current Trends and Issues, Available: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2019-transport-in-the-eu-current-trends-and-issues.pdf, (2019.12.18.)
[11] https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/160/the-european-union-and-its-trade-partners, European Parliament, The European Union and its trade partners (2020.01.12)
[12] http://www.china.org.cn/china/2019-01/14/content_74371866.htm, SCIO briefing on China's imports and exports in 2018. (2019.12.17)
[13] Huang, Y.: Understanding China's Belt & Road Initiative: Motivation, framework and assessment, China Economic Review, 2016 Vol. 40. ISSN:1043-951X 314-321
[14] https://www.iru.org/where-we-work/iru-in-eurasia-and-russia/new-eurasian-land-transport-initiative-nelti, International Road Transport (2019). New Eurasian Land Transport Initiative (NELTI) (2019.12.02.)
[15] https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/en/abouttent.htm, Mobility and Transport, Trans-European Transport Network (2019.12.04.)
[16] Piotr, R. – Tomasz, K. – Slawomir, G. – Patryk, D.: Improvement of Accessibility in Eastern Europe due to Implementation of Road Projects in the Via Carpatia Corridor Annals of the Austrian Geographical Society, 2018 Vol. 160. 177–196
[17] Poręba, T.: Via Carpathia – An Investment in the Future. 2018, The Warsaw institute review.
[18] https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9323-2019-INIT/en/pdf , Council of the European Union, TTE (transport) Council on 6 June 2019 (2019.12.17)
[19] Irish, J.: Hungary criticizes western Europe's 'hypocrisy' on China trade, Reuters, Paris, 2019.
[20] https://investopress.com/piraeus-fastest-growing-port-in-the-world-with-china-as- partner, Piraeus, the fastest growing port in the world, with China as its partner. (2019.11.28)
[21] McKenzie, B.: Belt & Road: Opportunity & Risk The prospects and perils of building China's New Silk Road, 2017 Silk Road Associates Report.
[22] https://www.euronews.com/2019/03/25/france-to-seal-deals-with-china-but-will- challenge-on-belt-and-road-project, Euronews, France to seal deals with China but challenge on Belt and Road project (2019.12.08.)
[23] Balmer, C.: Chinese president lands in Italy, set to sign Belt and Road deal. 2019, Rome Reuters.
[24] https://bbj.hu/politics/orban-meets-chinese-premier-ahead-of-belt-and-road- forum_164766, Orbán meets Chinese premier ahead of Belt and Road Forum. (2019.12.08.)
[25] Markovits R. – Török, Á.: Investigating the emission trends of road freight vehicles, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 2010 38(2), 79-84. doi: https://doi.org/10.3311 /pp.tr.2010-2.04.
[26] Coopers, P. CEE Transport & Logistics Trend Book, 2019. Available: https://www.pwc.com /hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/transport-logistics-trendbook-2019-en.pdf (2019.12.02.)
[27] https://www.iru.org/where-we-work/iru-in-eurasia-and-russia/new-eurasian-land-transport-initiative-nelti, International Road Transport. New Eurasian Land Transport Initiative (NELTI) 2019 (2019.12.02.)

The service performance optimization potentials of the tram branch of BKV Zrt. (goals and key elements of a service optimization model)

Péter Takács

Budapesti Közlekedési Zrt. Directorate of Railway Operation
Phone: 061/461-6653, fax: 061/461-6653
e-mail: takacsp@bkv.hu

Abstract: BKV Zrt. performs its services in Budapest in the framework of a public service contract, ordered by BKK Zrt. The customer expectations of the service are high and mostly take into account the service provider's capabilities. An order basically sets quantitative and qualitative requirement against the service provider. The number of aspects to count with when considering the optimal performance of an order and how they are related is quite complex. Because decision making requires complex knowledge, using a decision support model can make it easier to increase efficiency in this area. In this case, the primary goal of optimization is cost-effectiveness, where the most important basic elements of a decision-making model are the quantitative and qualitative parameters of the vehicle and infrastructure, the relationship between the customer's requirements and costs. It is clear that such an efficiency-increasing task involves many subsystems, with many one-time and constant payments. In this article, I define the goal of optimization and list the factors that need to be considered when creating a decision support model.

Keywords: public transport, cost effectiveness, service performance optimization, operation research

Introduction

Most of the vehicles in the tram branch have exceeded their planned lifespan at BKV Zrt. There is underfunding in the asset replacement segment, and, due to circumstances, it is necessary to operate the vehicles longer. In addition to all their disadvantages (poor availability, costly operation, high floor design, etc.), over-run, old vehicles have good characteristics as they are typically "narrow" and "light" and therefore less affected by infrastructure constraints. As actual performance data, availability and infrastructure constraints are known, it can be examined whether the vehicle composition used is the most cost-effective.

1. Ordered performance expectations (How much? Where? When? How?)

BKK Zrt. set the following expectations for the tram branch for the given order period:

- place kilometres to be performed
- determining the types of vehicles used and their number by period,
- determining the number of turns required,
- determining frequency.

2. The purpose and basic elements of performance optimization

The optimization should take into account the "realistic" options, which mainly originate in the limited availability of resources and physical constraints. The infrastructure of Budapest does not allow any type of electric vehicle to travel anywhere over certain weight or width values.

2.1. Optimisation goals

The following goals need to be considered in order to optimize:

- reducing costs,
- an approach that counts with "realistic" capabilities,
- full satisfaction of customer expectations,

- striving to reach an optimal service structure.

2.2. Basic elements of optimization

Factors to consider when optimizing (basic elements):

- number of vehicles in the fleet,
- composition of the vehicle fleet,
- unit cost of each vehicle type,
- the possibility of economical operation over the useful life,
- available resources,
- infrastructure constraints,
- vehicle maintenance tasks, including service runs.

2.1.1 Examination of the number and composition of the vehicle fleet at BKV Zrt

Based on[1] unit vehicle numbers, a significant proportion (68.8%) of the current fleet is aging and no longer meets the age and passenger expectations. Ideally, vehicles over their useful lifespan, or at least some of them, should be replaced with new or recent vehicles (at least equivalent to a CAF5 tram). However, due to geometric and weight constraints, that cannot be easily managed in other ways, and due to recent expensive vehicle upgrades, the fleet of KCSV (*UIA*, upgraded industrial articulated) trams and upgraded T5C5 trams should be operated longer. Based on the above, it is possible to calculate with a "realistic" fleet composition that is still far from the ideal but at least more cost effective than the current one.

Examination of the number of vehicles

Performance is covered by the vehicle fleet itself including the total number of runs they can perform, which is the most relevant component of availability along with the number of the vehicles. Figure 1 shows the age and number of vehicles per vehicle type, and Figure 2 shows the availability per type.

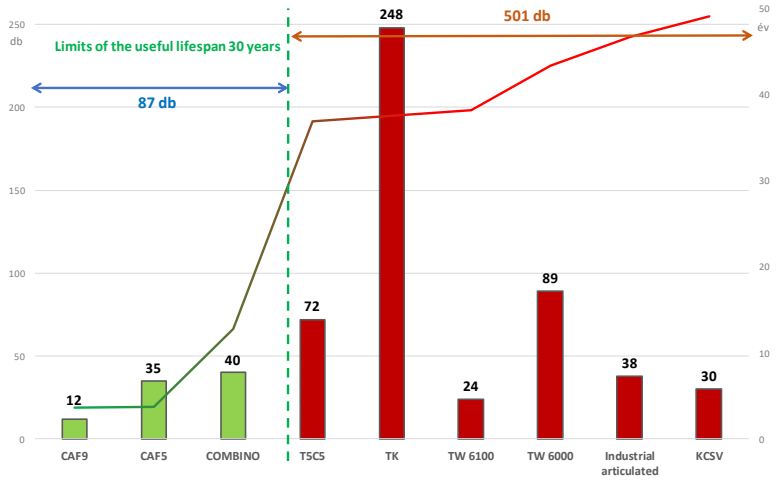


Figure 1. Fleet of the tram branch

Tram passenger transport vehicles operated by the tram branch of BKV Zrt. as of 31 December 2018.

- 9 vehicle types
- 588 vehicles in total
- the average lifespan in this fleet is 35.2 years,
- there are 87 vehicles under age 30 (2.9 - 13.2 years)
- there are 501 vehicles over age 30 (34.9 - 52.0! years)

The planned useful lifespan for trams is 30 years.

[1] The capacity and size of the trams operated by BKV Zrt. is very varied, therefore, for the sake of comparability, the application of unit vehicle number has been introduced. The unit vehicle is the T5C5 tram, which is the smallest unit in terms of capacity, other vehicle types have twice, three times and four times its capacity.

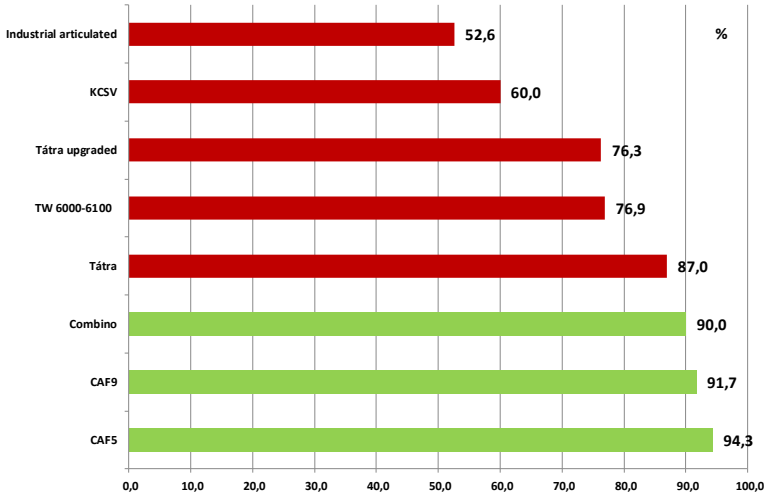


Figure 2. actual availability in 2018 - trams

Of course, availability has a close relationship with the age and technical condition of the vehicles, which also determines their theoretical maximum performance.

Analyzation of the composition of the vehicle fleet

Modern, low-floor, air-conditioned vehicles meet customer expectations, but due to certain infrastructure constraints they can not be used everywhere.

Vehicles exceeding the planned useful lifespan limitedly meet customer expectations (except for low-floor construction, air conditioning), but a substantial proportion of them are able to meet the infrastructure constraints.

Current fleet (based on unit vehicle number):

- **31.2%** modern, low-floor, air-conditioned,
- **68.8%** of them have exceeded their planned useful lifespan.

Possible / realistic vehicle fleet (based on unit vehicle number) (realistic with respect to funding and infrastructure constraints):

- **67.9%** modern, low-floor, air-conditioned,
- **32.1%** of them exceeding their planned useful lifespan.

Possible / realistic composition of the vehicle fleet at BKV Zrt.

Changes in the fleet used in the calculation:

- COMBINO fleet remain unchanged,
- CAF9 fleet increases as a result of purchases,
- CAF5 fleet increases as a result of purchases,
- New or recent (identical to CAF5) vehicles are purchased (20 pcs)
- the KCSV fleet remains unchanged,
- the T5C5K fleet remains unchanged.

Fleet considered to be optimal (based on unit vehicle number) (only due to infrastructure constraints, there are vehicles operated over their the planned useful lifespan):

- **92.4%** modern, low-floor, air-conditioned,
- **7.6%** exceeded their planned useful lifespan.

As a result of such changes, the number of vehicles (from 588) **would be reduced to 442, which result in a 897 unit vehicle number,** compared to the current 1,003 units.

2.1.2 Taking into account the unit costs of vehicle types

The place kilometre costs of trams (Figure 3) has a major influence on the total cost of the full service package. Reducing the number of vehicles with higher specific operating costs will obviously reduce the

overall costs and improve efficiency. During the optimization process we strive to increase the number of modern, low unit cost vehicles in the service portfolio.

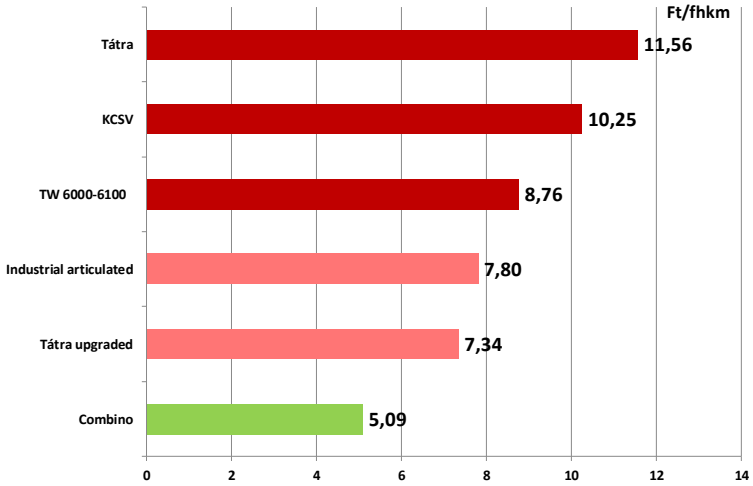


Figure 3. Unit cost per vehicle type in 2018 (Ft/placekm)

After a "realistic" change in the composition of the fleet, the unit cost of the vehicles in the portfolio would change as follows (Figure 4).

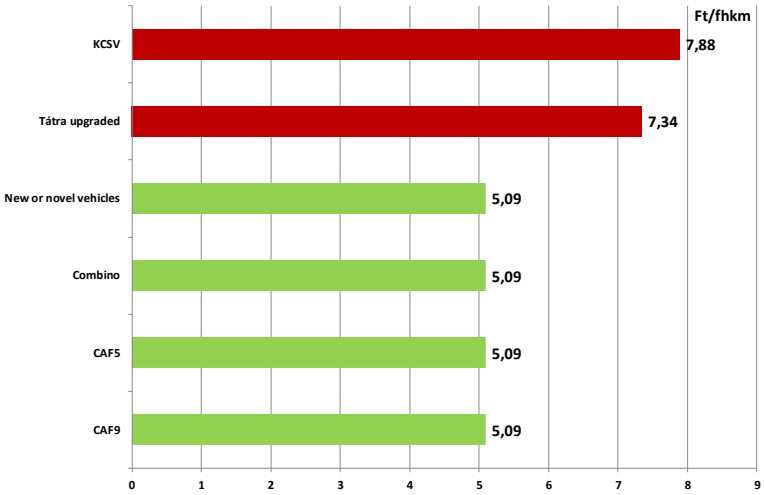


Figure 4. Unit cost for the possible vehicle fleet (calculating with the 2018 unit cost numbers)

2.1.3 Possibility of economical operation over the useful lifespan

The examination of the operation over useful life at BKV Zrt. is based on a so-called Science based Continued Operation Protocol (SCOP). The purpose of the SCOP is to determine the feasibility of continued operation according to an objective test methodology based on measurement, evaluation and decision-making based on the respective results [1]. In 2018, 82 SCOP tests were carried out on the trams vehicle at a cost of HUF 44.9 million. If new vehicles had been purchased instead of these, the cost would have been HUF 26.4 billion.

Issues related to continued operation

- Can continued operation guarantee that customer needs are fully met?
- How can the optimal degree of customer satisfaction be determined?
- To what extent does the availability of the tooling system influence the fulfilment of customer requirements?
- To what extent does using the costs of operation and maintenance influence the fulfilment of customer requirements?

2.1.4 Infrastructure, resources, and vehicle maintenance aspects in view of "reality"

The history of the Budapest tramway network began in 1866 with the first horse-drawn section and has evolved over the past 150 years [2]. Modifications, expansions and development have resulted in an extensive but inhomogeneous system, with many compromises. The infrastructure, that often contains 100 year-old elements, has a number of operating limitations, mainly due to weight and width restrictions and rather prevent the use of modern vehicles (Figure 5).

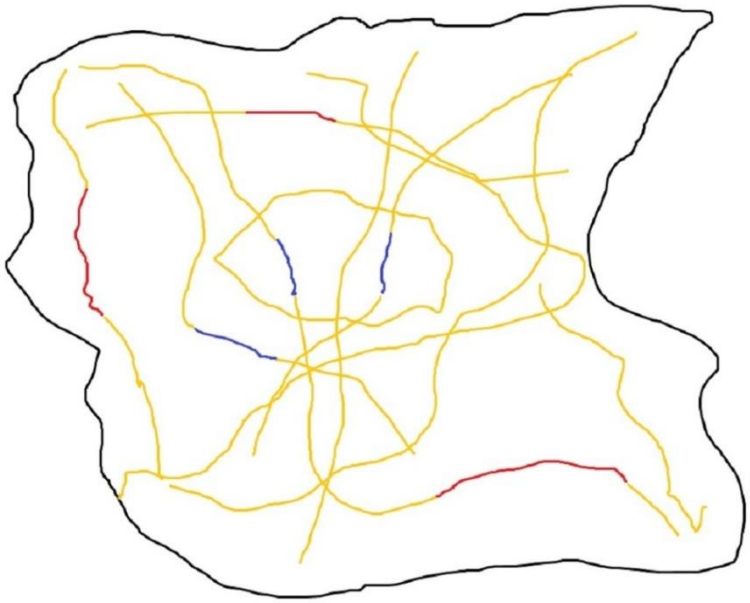


Figure 5. Physical limits of the tram infrastructure

Weight restrictions

Width and weight restrictions

Another important aspect, also originated in circumstances, is the matter of vehicle maintenance, which is currently taking place in 9 + 1 garages in Budapest. The garages are vehicle-specific and require modifications in a changed service portfolio, with a different vehicle composition. Typically, upgrading from one type to another is a one-time cost, but even so, it is not always possible to avoid extra service runs during reorganization. It is clear that such an optimization task, that seems to be so simple at first sight, involves many subsystems, with many one-time and constant payments. The capital has never had unlimited sources but with regard to this part of the public transport, we can say that in the last two decades it covered only half or one third. For the above reasons, it is necessary to introduce a "realistic" approach during a tram performance optimization task, that may provide an opportunity for implementation.

3. Service performance optimization

After defining the goals and listing the impact factors, the model developing process can be started, that requires a mathematical approach, since operation research is the ideal solution for process optimization.

As a first step, it is necessary to examine the volume of the actual performance of BKV Zrt. in a given year, that is illustrated in Figure 6 as a percentage of vehicle types.

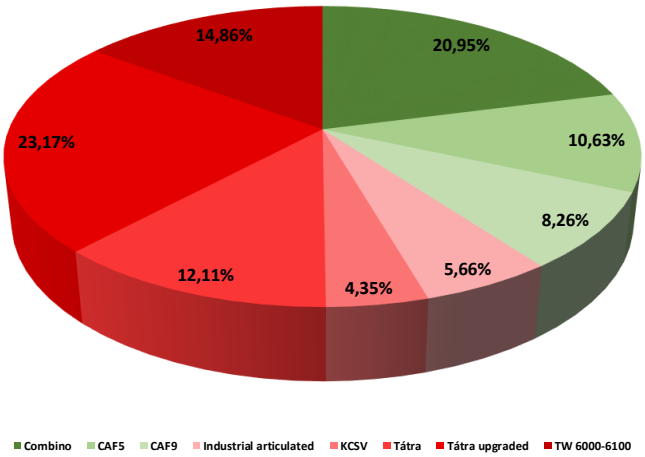


Figure 6. Performance division (2018)

Within the toolbox of operations research, the first goal is to create a linear model by linear programming methods, where we try to find the extreme value of a linear function under practically linear limitations [3]. To illustrate the objective to be achieved in the task, I present a possible solution in Figure 7, which cannot be considered perfect due to not having the model!

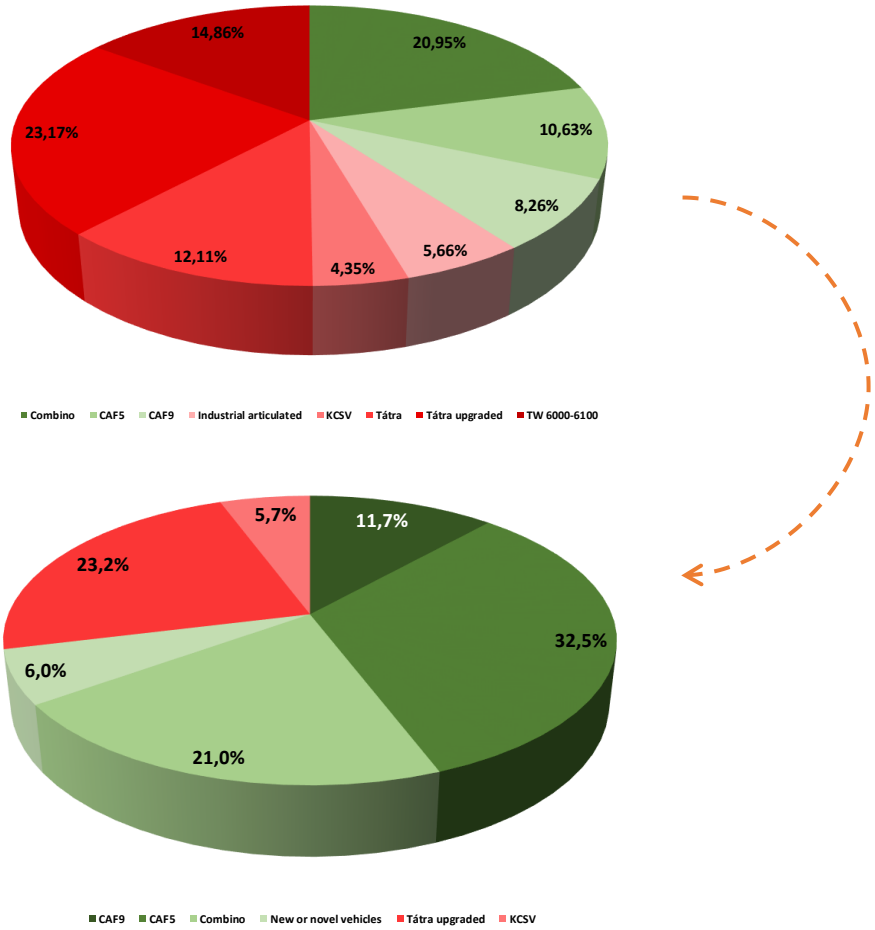


Figure 7. Expected changes in the consistence of the vehicle fleet in the course of service performance optimization

If the model works well and decision support is realized, then cost reduction as the main goal can be achieved by following the example below (Figure 8).

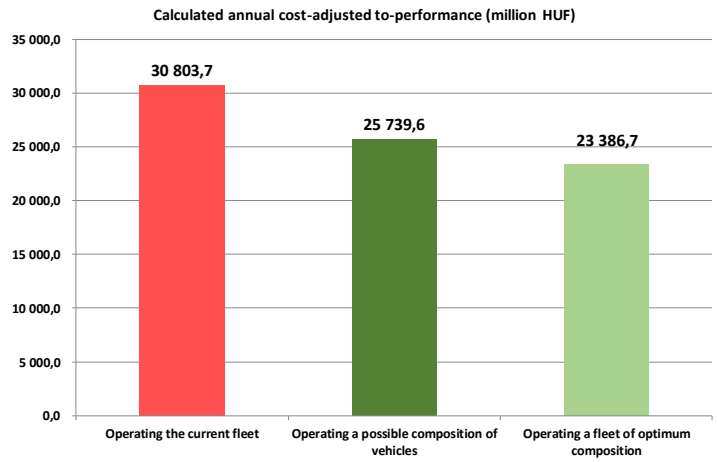


Figure 8. Cost reduction achieved by service performance optimization

In this case, changing the vehicle composition can result in annual savings of around HUF 5 billion, which can be a source for modern vehicles.

Conclusion

BKV Zrt. performs its services in Budapest in the framework of a public service contract, ordered by BKK Zrt. The customer expectations of the service are high and mostly take into account the service provider's capabilities. An order basically sets quantitative and qualitative requirement against the service provider. The quantity of the order is practically the purchase that the customer wishes to have performed (placekm), and the quality expectations are primarily related to provide equal opportunities and air-conditioning. The Tram Directorate of BKV Zrt. operates nine different types of vehicles at 9 + 1 vehicle depots, which prove significant difference in their technical conditions. The structure of the vehicles is decisive with regard to the performance of the order, which mainly concerns the low-floor design and the installation of air-conditioning system, but further requirements, eg. vehicle maintenance, are also included. The characteristics of the capital's infrastructure appear implicitly in the task as they set physical constraints for the operation such as weight and structure gauge constraints. We can say that the trend of vehicle manufacturing is going towards larger and heavier vehicles, that face substantial difficulties in Budapest when it comes to feasability. When optimizing service performance, BKV Zrt. must also take into account the availability indicators resulting from the technical condition of the vehicles and the unit cost of each vehicle type. It is clear that such an effectiveness increasing task, that seems to be so simple at first sight, involves many subsystems, with many one-time and constant payments. For the above reasons, it is necessary to introduce a "realistic" approach during the tram performance optimization, that may provide an opportunity for implementation. **Since the primary goal in our case is cos effectiveness and decision making requires complex knowledge, using a decision support model can make it easier to increase efficiency in this area.** In this dissertation, I define the goal of the optimization and list the factors that need to be considered when creating a decision support model.

References

[1] Fiáth A.-Nagy V.-Takács P.-Balogh L.-Bálint Á.-Nagy B.-Dinya M.(2016): A közlekedési eszközpark és infrastruktúra hasznos élettartamát tudományos alapon növelő technológia kidolgozása a BKV Zrt. számára, Vezetéstudomány, Vol.47. No.3, 2-11.p., ISSN0133-0179
[2] Bata I. (2000): A Budapesti metróközlekedés három évtizede, BKV Rt.
[3] Az operációkutatás matematikai módszerei Szántai Tamás BME 1999

Továbbfejlesztett algoritmus sugaras-átmérős helyi közforgalmú közlekedési vonalhálózatok tervezésére

Dr. Winkler Ágoston

Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék
telefon: 96/503 494
e-mail: awinkler@sze.hu

Kivonat: A városi közforgalmú közlekedési hálózatok tervezése számos tényező (településszerkezet, utazási igények, költségkeret, járműtípusok, követési idők, összehangolások stb.) figyelembevételét igényli. A lehetséges megoldások magas száma miatt az optimum megtalálása általában nem is lehetséges. Bár a konkrét megoldási lehetőségek értékelésére kiterjedt eszköztár áll rendelkezésre, a reálisan megvizsgálható változatok száma korlátozott, ezért azok kiválasztásában döntő szerepet játszik a tervező szakemberek rutinja és kreativitása is. Néhány speciális esetben azonban leszűkíthető annyira a keresési tér, hogy akár valamennyi értelmes hálózati változat automatikusan előállítható és összehasonlítható. Az aktuális kutatás egy ilyen esetről szól: sugaras-átmérős hálózatok esetében az a fő kérdés, hogy mely útirányokat érdemes összekötni egymással, vagy éppen meghagyni sugaras viszonylatként. A javasolt algoritmus alapjai az elmúlt évben már bemutatásra kerültek: az aktuális cikk néhány továbbfejlesztési, finomítási lehetőséget mutat be, beleértve a betétjáratok kezelésének lehetőségét, valamint az utazói preferenciák fokozott figyelembevételét, mindezt győri példákkal illusztrálva.

Kulcsszavak: Győr, közforgalmú közlekedés tervezése, sugaras-átmérős vonalhálózat, utazói preferenciák

Bevezetés

A sugaras-átmérős vonalhálózatok (esetenként kiegészítve egyéb típusú, pl. körjárati viszonylatokkal) az alapvetően egyközpontú, közepes méretű városok helyi közforgalmú közlekedésében elterjedt megoldásnak számítanak. Mind a sugaras, mind az átmérős vonalak alkalmasak arra, hogy az egyes településrészek lakóit a településközpontba szállítsák, ahol általában teljes körű (helyi, helyközi, vasúti) átszállási lehetőségek is rendelkezésre állnak, az átmérős vonalak pedig további közvetlen összeköttetéseket is képesek biztosítani. Annak eldöntése azonban, hogy konkrétan mely útirányokat indokolt összekötni egymással, nem triviális kérdés.

Az erre irányuló kutatás [1] célja az, hogy a lehetőségek legszélesebb spektruma, legalább előszűrés-jelleggel vizsgálatra kerülhessen, ne maradhasson ki – emberi tényezőkből adódóan – egyetlen reális változat sem, ezáltal a további, részletes tervezésnek valamennyi potenciális hálózat biztosan a tárgyát képezze.

Jelen cikk a 2019-ben bemutatott alap-algoritmus [1] néhány továbbfejlesztési és finomítási lehetőségét tekinti át, különös tekintettel az egyes utazói rétegek eltérő preferenciarendszerére [2], ami az utazóközönség összetételének ismeretében segítheti a döntéshozókat a szolgáltatás javításában, és az elfogadott közlekedéspolitikai célok elérésében.

Az aktuális utazási igényekre és preferenciákra érzékeny optimalizáló módszer nem kizárólag a fix gerinchálózatok tervezésére, hanem – előbbi sajátosságaiból adódóan – a jövő dinamikus közlekedési technikáinak támogatására (igényvezérelt, rugalmas, „okos-smart” közlekedési rendszerek [3], [4], önvezető járműveken alapuló szolgáltatások [5], [6]) is alkalmas lehet.

A cikk felépítése a következő: az első fejezet röviden összefoglalja az aktuális kutatás közvetlen előzményeit, a második fejezet áttekinti a fent említett továbbfejlesztési és finomítási lehetőségeket, a harmadik fejezet pedig konkrét példán, Győr város helyi autóbuszvonal-hálózatán keresztül illusztrálja az utazói preferenciák fokozott figyelembevételét, bemutatva az eltérő utazói rétegek preferenciái alapján kialakított hálózatok közötti eltéréseket.

1. Korábbi kutatás és eredmények

A kutatás korábbi eredményei 2019-ben részletesen bemutatásra kerültek [1]. Fontos megjegyezni, hogy a probléma definiálása során több korlátozás is felállításra került annak érdekében, hogy a legegyszerűbb esetből kiindulva kezdődhessenek a vizsgálatok, melyek a későbbiekben természetesen – a valóságot egyre jobban leképezve – bővíthetők. Ennek megfelelően a probléma megfogalmazása a következő: a településen adott *n* db lehetséges, a településközpontból kiinduló vonal-végződés, melyek üzemeltethetők önálló (sugaras) viszonylatként, vagy éppen páronként összekapcsolva, átmérős vonalként. (Az egyszerűség érdekében egyelőre egy végződést csak egy vonalban használunk fel.) Ebben az esetben az *N*-nel jelölt lehetséges törzshálózatok számát (1) egyenlet mutatja, páros *n* esetére.

$$N_n = 1 + (n-1)(n-3)\ldots\cdot 5\cdot 3 + \binom{n}{2}(n-3)(n-5)\ldots\cdot 5\cdot 3 + \cdots + \binom{n}{n-4}\cdot 3 + \binom{n}{n-2} \quad (1)$$

Az eredmény *n*=14 esetére (ami a későbbi, győri példában is szerepelni fog) 2.390.480 db törzshálózati változat, ami részletes vizsgálat céljából meglehetősen magas szám, viszont néhány alapszűréssel – bizonyos, teljesen értelmetlen átmérős összeköttetések kizárásával – jelentős mértékben, a győri példa esetében 301.918 db-ra csökkenthető.

A kialakított modellben a lehetséges követési idők a helyi menetrendekben leggyakrabban előforduló (jellemzően 60 osztóival megegyező) egész percértékek: 1, 2, 3, 4, 5, 7 (15 / 2 = 7,5 helyett), 10, 12, 15, 20, 30, 40 és 60 perc, továbbá a hazai középvárosok többségében jellemző szóló (75 fős), illetve csuklós (120 fős) autóbusz-típusok kerülnek használatra. A vonal-kombinációk generálása során az algoritmus a két vonal-végződés közül a nagyobb elvárt járatsűrűséget (azaz a kisebb követési időt), illetve a nagyobb javasolt járműkapacitást rendeli az összekötés révén létrejövő átmérős vonalhoz: utóbbi alól kivételt képeznek azok az esetek, amelyeknél valamelyik vonal-végződést kötelezően szóló autóbusszal kell kiszolgálni (pl. olyan szűk ívet tartalmaz az útvonal, hogy csuklós autóbusz nem tudna közlekedni), ezekben az esetekben értelemszerűen az átmérős vonalon is kizárólag szóló autóbuszok üzemeltethetők.

A legtöbb valós vonalhálózat nem kizárólag sugaras és átmérős vonalakból áll, hanem más jellegű (pl. körjárati, transzverzális stb.) viszonylatokból is, továbbá a hálózatban előfordulhatnak különféle okból nem változtatható elemek (pl. a helyi utazásra igénybe vehető helyközi vonalak településen belüli szakaszai), így a kialakított modellben fix vonalak megadására is lehetőség van, melyek a ráterhelésnél és a követési idők beállításánál ugyanúgy figyelembevételre kerülnek, mint a kombinációkkal létrehozott vonalváltozatok.

A fenti algoritmus „LiMa” (=Line Matcher) névre keresztelt implementációja alkalmas a fenti elveken nyugvó törzshálózati változatok előállítására, majd a célforgalmi mátrix formájában rendelkezésre álló utazási igények ráterhelésére az összes hálózati változatra. Ennek során alakulnak ki a végleges követési idők is: azok a vonalak iteratív módon sűrítésre kerülnek, amelyek kapacitása az előző ráterhelés alapján elégtelennek bizonyul. Az így előállított hálózati változatokról kiszámításra és tárolásra kerülnek a főbb üzemi mutatók (pl. jármű-kilométer, férőhely-kilométer), valamint utas-oldali jellemzők (pl. átszállások száma, eljutási idők összege), melyek alapján a változatok egyszerűen összehasonlíthatók. A már említett győri példa mintegy 300 ezer lehetséges hálózata egy napjainkban átlagosnak tekinthető PC-konfiguráción 45 perc alatt, azaz a feladat méretéhez képest elfogadható időn belül kiértékelhető [1].

2. Továbbfejlesztési és finomítási lehetőségek áttekintése

A hálózatok felesleges kapacitásainak csökkentése érdekében az algoritmusnak fontos továbbfejlesztési iránya az úgynevezett betétjáratok kezelésének megvalósítása. Betétjárati viszonylatoknak valamely vonal olyan – jellemzően kiemelt forgalmú – szakaszait nevezzük, amelyeken önálló járatok is közlekednek, rendszerint saját jelzéssel – pl. az alapviszonylat számjelzését „A” betűvel kiegészítve – az úgynevezett betétvégpontok között. Ezek révén a hosszabb vonalak legforgalmasabb szakaszán (vagy akár szakaszain) költséghatékony járatsűrítés érhető el.

A javasolt algoritmusban a betétjáratok kezelése alapvetően kétféle módon oldható meg. Az első megközelítés viszonylag jobban kötődik az aktuálisan már alkalmazott menetrendi megoldásokhoz, ugyanis ebben az esetben a felhasználónak kell definiálnia a lehetséges betétjárati viszonylatokat. A második megközelítés magasabb szintű automatizáltságot jelent: ekkor az algoritmus saját maga határozza meg, hogy mely vonalak, mely szakaszain lenne indokolt betétjáratokat közlekedtetni. Természetesen ez utóbbi esetben előfordulhat olyan javaslat, amely üzemvitelileg nem valósítható meg,

amennyiben az adott körzetben nem hozható létre a szükséges végállomási infrastruktúra, ugyanakkor ezek az eredmények irányt is mutathatnak arra vonatkozóan, hogy a hálózat és a menetrend optimalizálása érdekében hol indokolt létrehozni ilyeneket (tehát egyfajta menetrendalapú infrastruktúra-fejlesztést [7] lehetővé téve a városi közlekedésben).

Ezzel összefüggésben fontos fejlesztési lehetőség az összehangolt fonódó vonalszakaszok kezelése, továbbá a vonalak közötti csatlakozási igények figyelembevétele, valamint üzemszervezési (fordaszerkesztési) szempontok vizsgálata, a hatékony üzemeltethetőséget is szem előtt tartva.

Az algoritmus bizonyos paramétereinek módosításával érvényesíthető az eltérő utazói rétegek (pl. dolgozók, tanulók, nyugdíjasok) preferenciarendszere is, amire a következő fejezet mutat egy konkrét esettanulmányt, a kutatás korábbi szakaszaihoz hasonlóan Győr város példáján [1].

3. Utazói preferenciák fokozott figyelembevétele Győr példáján

Ahogy már említésre került, az algoritmus egyik alapvető bemenetét képezik a vizsgálati területen kialakítható – mi több, az esetek nagy részében már évtizedekkel korábban kialakult, közforgalmú közlekedési járművekkel történő közlekedésére gyakran egyedüliként alkalmas – vonal-végződések, melyek kombinálása révén hozhatók létre a címben szereplő sugaras-átmérős vonalhálózatok (hálózatrészek).

Győr jelenlegi sugaras és átmérős törzsvonalaiból, valamint az úthálózat adottságaiból kiindulva, az 1. táblázatban, valamint az 1. ábrán látható, a városházától induló (illetve oda visszaérkező) vonal-végződések származtathatók [1].

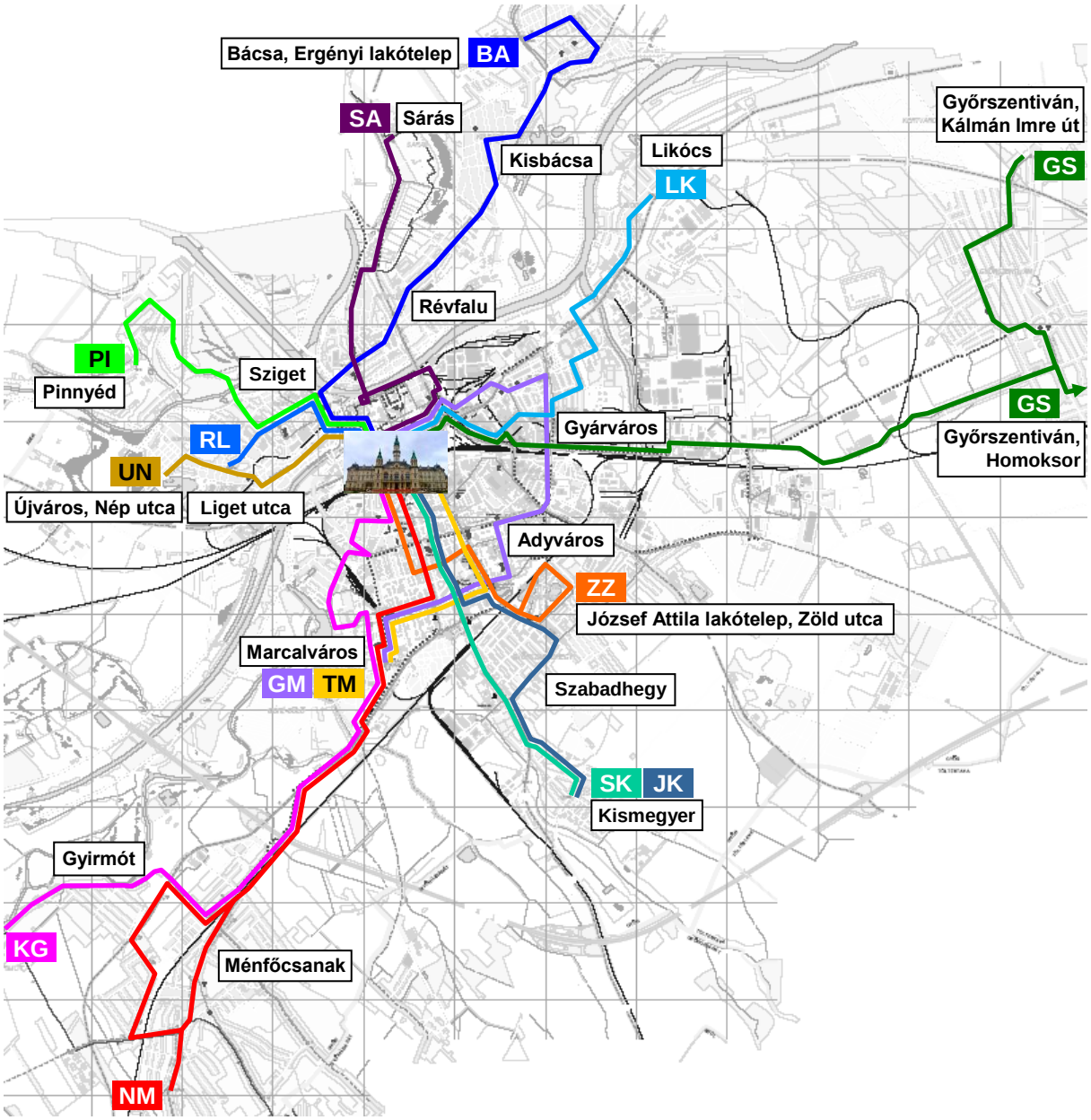
1. táblázat: A kombinálható vonal-végződések jellemző adatai

Jel	Útvonal	Ajánlott járműtípus	Maximális követési idő
UN	Kossuth Lajos utca – Újváros, Nép utca	szóló	30 perc
RL	Radnóti Miklós utca – Liget utca, Nyár utca	csuklós	30 perc
PI	Pinnyéd	szóló	60 perc
SA	Városrét – Sárás	kötelezően szóló	60 perc
BA	Bácsa, Ergényi lakótelep	csuklós	30 perc
LK	Likócs	kötelezően szóló	60 perc
GS	Győrszentiván (Homoksor – Kálmán Imre út hurok)	csuklós	60 perc
ZZ	Zrínyi utca – Zöld utca, Szőnyi Márton utca	csuklós	30 perc
JK	Jereváni út – Kismegyer	szóló	60 perc
SK	Szabadhegy, vasútállomás – Kismegyer	szóló	60 perc
NM	Nagy Imre út – Marcalváros – Ménfőcsanak	csuklós	30 perc
KG	Kálvária utca – Marcalváros – Gyirmót	szóló	60 perc
TM	Adyváros (Tihanyi Árpád út) – Marcalváros	csuklós	30 perc
GM	Gyárváros – Adyváros – Marcalváros	csuklós	30 perc

Az 1. fejezetben említett, a vizsgálatok független elemeit képező fix vonalak körébe a 2. táblázatban szereplő körirányú, valamint integrált regionális vonalak sorolhatók [1].

2. táblázat: A fix (valamennyi hálózati változatban szereplő) vonalak

Vonal mai jelzése	Útvonal részletes leírása	Jellemző járműtípus	Átlagos követési idő
7	Révai Miklós utca – Szabadhegy – Adyváros – Virágpiac	szóló	25 perc
9	Egyetem – Belváros – Adyváros – Révai Miklós utca	szóló	26 perc
10	Autóbusz-állomás – Víziváros – Bácsa, vámosszabadi elágazás	szóló	100 perc
17-17B	Virágpiac – Adyváros – Szabadhegy – Révai Miklós utca	szóló	25 perc
19	Révai Miklós utca – Adyváros – Belváros – Egyetem	szóló	26 perc
32	Autóbusz-állomás – Adyváros – Ménfőcsanak, Hegyalja utca	szóló	64 perc
34-36	Autóbusz-állomás – Adyváros – Ménfőcsanak, Győri út [– …]	szóló	54 perc
CITY	Egyetem – Városrét – Belváros – Városrét – Egyetem	szóló	15 perc



1. ábra: A városközpontból induló, kombinálható vonal-végződések térképes ábrázolása

Győr esetében korábbi kutatások [2] az utazókat alapvetően három, foglalkozáson alapuló (és értelemszerűen az életkorral is összefüggő) csoportba sorolták, ezekre a rétegekre kerültek meghatározásra az utazások egyes elemeire (járművön utazás, átszállás, gyaloglás, várakozás stb.) jellemző preferencia-együtthatók, melyek gyakorlatilag az utazók használói költségfüggvényének együtthatói. A 3. táblázat az ezekből származtatott utazásiidő-egyenértékeket mutatja a fenti három utazói rétegre.

3. táblázat: A vizsgált három utazói réteg preferencia-együtthatói [2]

Érték	Dolgozó réteg	Tanuló réteg	Nyugdíjas réteg
1 átszállás utazásiidő-egyenértéke	12,76 perc	12,63 perc	11,37 perc
1 perc gyaloglás utazásiidő-egyenértéke	2,33 perc	1,83 perc	1,45 perc
1 perc várakozás utazásiidő-egyenértéke	1,70 perc	1,66 perc	1,73 perc

A 3. táblázatban látható értékek felhasználásával a vonalhálózati változatokat vizsgáló algoritmus végső soron „testre szabható”, és az egyes utazói rétegek preferenciáinak megfelelően értékelhetők ki a hálózatok. Az alábbiakban ennek eredményei kerülnek bemutatásra.

A 4. és 5. táblázat a hálózati változatok értékelése során kiszámításra kerülő, részben üzemi, részben utas-oldali mutatószámok [1] átlagából képzett „jósági rangsor” szerinti legjobb, illetve második legjobb hálózat vonalait, és azok főbb paramétereit mutatja be, amelyek mindhárom vizsgált utazói réteg esetében megegyeznek.

4. táblázat: A mutatószámok átlaga szerinti legjobb hálózat vonalai

Vonal	Útvonal részletes leírása	Jellemző járműtípus	Átlagos követési idő
1 UN-SK	Újváros, Nép utca – Kossuth Lajos utca – Belváros – Szabadhegy, vasútállomás – Kismegyer	szóló	30 perc
2 RL-NM	Liget utca, Nyár utca – Radnóti Miklós utca – Belváros – Nagy Imre út – Marcalváros – Ménfőcsanak, Győri út	csuklós	15 perc
3 PI-JK	Pinnyéd – Belváros – Jereváni út – Kismegyer	szóló	60 perc
4 SA-GM	Sárás – Városrét – Belváros – Gyárváros – Adyváros – Marcalváros	szóló	30 perc
5 BA-TM	Bácsa, Ergényi lakótelep – Belváros – Adyváros – Marcalváros	csuklós	30 perc
6 LK-ZZ	Likócs – Belváros – Zrínyi utca – Zöld utca, Szőnyi Márton utca	szóló	30 perc
7 GS	Révai Miklós utca – Győrszentiván	csuklós	40 perc
8 KG	Révai Miklós utca – Kálvária utca – Marcalváros – Gyirmót	szóló	60 perc

5. táblázat: A mutatószámok átlaga szerinti második legjobb hálózat vonalai (sárga háttérrel jelölve az eltéréseket a legjobb változathoz képest)

Vonal	Útvonal részletes leírása	Jellemző járműtípus	Átlagos követési idő
1 UN-SK	Újváros, Nép utca – Kossuth Lajos utca – Belváros – Szabadhegy, vasútállomás – Kismegyer	szóló	30 perc
2 RL-NM	Liget utca, Nyár utca – Radnóti Miklós utca – Belváros – Nagy Imre út – Marcalváros – Ménfőcsanak, Győri út	csuklós	15 perc
3 PI-KG	Pinnyéd – Belváros – Kálvária utca – Marcalváros – Gyirmót	szóló	60 perc
4 SA-GM	Sárás – Városrét – Belváros – Gyárváros – Adyváros – Marcalváros	szóló	30 perc
5 BA-TM	Bácsa, Ergényi lakótelep – Belváros – Adyváros – Marcalváros	csuklós	30 perc
6 LK-ZZ	Likócs – Belváros – Zrínyi utca – Zöld utca, Szőnyi Márton utca	szóló	30 perc
7 GS	Révai Miklós utca – Győrszentiván	csuklós	40 perc
8 JK	Révai Miklós utca – Jereváni út – Kismegyer	szóló	60 perc

A konkrét esetben tehát megállapítható, hogy a legjobb hálózat kiválasztását a város utazóinak körében feltárt, rétegenként eltérő preferenciák nem befolyásolták (sőt, a második legjobbét sem).

Az első két helyre rangsorolt hálózatok között mindazonáltal nincs is nagy különbség, mindössze két vonal-végződés sorsa tér el (az egyik egy átmérős vonal része, míg a másik egy sugaras vonalat alkot).

A harmadik helyezett hálózatok esetében azonban már találunk eltérést, ahogy a 6. és 7. táblázatban látható. Bár a vonalak többsége ezekben az esetekben is megegyezik az első és második helyezett hálózatokban szereplő vonalakkal (4. és 5. táblázat), másrészről viszont a dolgozók és tanulók preferenciáival számolva nem ugyanazokat az eltéréseket kapjuk, mint a nyugdíjasok együtthatóinak figyelembevétele esetében, mi több: ezen két hálózat vonalai egymáshoz képest már 50%-ban eltérést mutatnak. (Érdemes megemlíteni azt is, hogy bár a dolgozók és tanulók preferenciái alapján adódó legjobb hálózatok a hetedik helyezésig azonosak, de a nyolcadik helyre már ezen két réteg esetében is eltérő hálózatok kerülnek.)

A fentiekből látható, hogy amennyiben valamely szolgáltatás célcsoportja egy konkrét utazói réteg, akkor mindenképpen indokolt meghatározni az adott csoport preferencia-együtthatóit, és azok alkalmazásával végrehajtani a hálózati változatok értékelését.

6. táblázat: A mutatószámok átlaga szerinti harmadik legjobb hálózat vonalai, a dolgozó és a tanuló utazói rétegek preferenciáinak figyelembevételével (sárga háttérrel jelölve az eltéréseket a legjobb változathoz képest)

Vonal	Útvonal részletes leírása	Jellemző járműtípus	Átlagos követési idő
1 UN-SK	Újváros, Nép utca – Kossuth Lajos utca – Belváros – Szabadhegy, vasútállomás – Kismegyer	szóló	30 perc
2 RL-NM	Liget utca, Nyár utca – Radnóti Miklós utca – Belváros – Nagy Imre út – Marcalváros – Ménfőcsanak, Győri út	csuklós	15 perc
3 PI-JK	Pinnyéd – Belváros – Jereváni út – Kismegyer	szóló	60 perc
4 SA-ZZ	Sárás – Városrét – Belváros – Zrínyi utca – Zöld utca, Szőnyi Márton utca	szóló	30 perc
5 BA-TM	Bácsa, Ergényi lakótelep – Belváros – Adyváros – Marcalváros	csuklós	30 perc
6 LK-GM	Likócs – Belváros – Belváros – Gyárváros – Adyváros – Marcalváros	szóló	30 perc
7 GS	Révai Miklós utca – Győrszentiván	csuklós	40 perc
8 KG	Révai Miklós utca – Kálvária utca – Marcalváros – Gyirmót	szóló	60 perc

7. táblázat: A mutatószámok átlaga szerinti harmadik legjobb hálózat vonalai, a nyugdíjas utazói réteg preferenciáinak figyelembevételével (sárga háttérrel jelölve az eltéréseket a legjobb változathoz képest, illetve dőlt sorszámmal jelölve az eltéréseket a dolgozó és a tanuló utazói rétegek preferenciáinak figyelembevételével előállított harmadik legjobb változathoz képest)

Vonal	Útvonal részletes leírása	Jellemző járműtípus	Átlagos követési idő
1 UN-SK	Újváros, Nép utca – Kossuth Lajos utca – Belváros – Szabadhegy, vasútállomás – Kismegyer	szóló	30 perc
2 RL-NM	Liget utca, Nyár utca – Radnóti Miklós utca – Belváros – Nagy Imre út – Marcalváros – Ménfőcsanak, Győri út	csuklós	15 perc
3 PI-JK	Pinnyéd – Belváros – Jereváni út – Kismegyer	szóló	60 perc
4 SA-GM	Sárás – Városrét – Belváros – Gyárváros – Adyváros – Marcalváros	szóló	30 perc
5 BA-LK	Bácsa, Ergényi lakótelep – Belváros – Likócs	szóló	30 perc
6 GS-TM	Győrszentiván – Belváros – Adyváros – Marcalváros	csuklós	30 perc
7 ZZ	Révai Miklós utca – Zrínyi utca – Zöld utca, Szőnyi Márton utca	csuklós	30 perc
8 KG	Révai Miklós utca – Kálvária utca – Marcalváros – Gyirmót	szóló	60 perc

Fontos hozzátenni ugyanakkor a fenti eredményekhez, hogy a ranglista közeli helyezettjeinek jósági mutatószáma mindössze néhány tízezrelékkel tér el egymástól, tehát nem kizárólag a legjobbnak kalkulált hálózati változatot indokolt tovább vizsgálatoknak alávetni, hanem az első *k* db-ot, amelyek jósági mutatószáma adott érték feletti. Annak, hogy valamely vonalhálózat ténylegesen bevezethető legyen, természetesen számos további feltétele van, ezért nem is biztos, hogy éppen az első helyezést elérő változatot célszerű, illetve lehetséges bevezetni.

Konklúzió

A kutatás tárgyát képező algoritmus is jól demonstrálja azt, hogy az egyes utazói rétegek eltérő preferenciái akár a közforgalmú közlekedés optimális vonalhálózatának kialakítására is hatással lehetnek, bár azt számos további tényező is befolyásolja.

Az algoritmus további fejlesztésével az eredmények pontossága, megbízhatósága tovább javítható.

Irodalomjegyzék

[1] Winkler Á.: Sugaras-átmérős helyi közforgalmú közlekedési vonalhálózat tervezésének informatikai támogatása, Közlekedéstudományi Konferencia Győr 2019, Győr 2019. március 21-22.
[2] Winkler Á.: Utazói döntések modellezése a városi közforgalmú közlekedésben, doktori értekezés, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2013.
[3] Cs. Csiszár – D. Földes: Analysis and modelling methods of urban integrated information system of transportation, Smart Cities Symposium, Prága 2015. június 24-25.
[4] D. Földes – Cs. Csiszár: Conception of Future Integrated Smart Mobility, Smart Cities Symposium, Prága 2016. május 26-27.
[5] Sz. Szigeti – Cs. Csiszár – D. Földes: Information Management of Demand-Responsive Mobility Service Based on Autonomous Vehicles, Procedia Engineering 187 (2017) 483-491
[6] Horváth B. – Horváth R. – Nagy V.: Önvezető járművek hatása a közforgalmú közlekedés szervezésére, II. Magyar Közlekedési Konferencia, Eger 2018. november 13-15.
[7] Borza V. – István Gy. – Kormányos L. – Vincze B. Gy.: Az integrált ütemes menetrend alapjai, története és hazai előzményei, Közlekedéstudományi Szemle 2007/11 402-416

Új mikromobilitási eszközök, új típusú sérülések, új kezelési módszerek és új megelőzési követelmények. (elektromos roller és egykerekű, hoverboard, segway stb.)

Prof. Dr. Nemes György

KTE Közlekedésegészségügyi Szakosztály
telefon: 20/325-6134
e-mail: drnemesga@t-online.hu

Kivonat: A közlekedés és eszközei, a járművek változásai a közlekedés története során jelentősen befolyásolta a baleseteket és a következményes sérüléseket. A közlekedési áldozatok kezelése követte a járművek változását. A balesetsebészet fejlődését, előre haladását a háborúk és közlekedés segítette, de az érzéstelenítés és testbe való belelátás hiánya gátolta, amint ezek megoldása megtörtént a fejlődés napjainkig tartóan megindult és folyik jelenleg is. Röviden ismerteti a mikromobilitási eszközök történetét és bemutatja a jelenleg leggyakoribban használtakat. Az elektromos rollerek balesetei során keletkezett sérülések új sérülésegyütteseket, sérülés típusokat is eredményeztek. Leggyakoribb és súlyos akár halálos is lehet az arc-, koponya és nyaki gerinc sérülése, ami szükségessé teszi, hogy a mentők olyan kórházba szállítsák az áldozatot, ahol megfelelő szakemberek állnak rendelkezésre a traumatológus mellett, mint pl. arcsebész, idegsebész. A mikromobilitási eszközök használatának szabályozása országonként változó a szerző ismerteti néhány országban ezeket a rendelkezéseket. A szerző pontokba szedve ismerteti milyen módszerek ajánlhatók az elektromos rollerek baleseteinek megelőzésére, kezelésére, és nyilvánvalóvá teszi, hogy e téren team munkára a különböző szakmák együttműködésére van szükség mert eredmény csak így érhető el. „Kevés olyan tudományt ismerünk, amely képes volt - ennyi ismeretanyagot, más tudományok integrálásával - önálló filozófiát kialakítani, mint a medicina" [1]

Kulcsszavak: Elektromos roller. Balesetsebészet. Közlekedési sérülések. Sérülésegyüttesek. Gyakori sérülések. Jövő közlekedése.

Bevezetés

Traumatológus szakmai körökben ismert, minden új közlekedési eszköz, új, „típusos sérüléseket, sérülés-együtteseket” produkál, ezek ismerete szükséges a gyors diagnosztikához és kezeléshez. Ismertetésre kerül orvostörténeti szempontból, hogy a közlekedés és eszközei, a járművek változása jelentősen befolyásolta a baleseteket és a következményes sérüléseket. A mentés, diagnosztika és a kezelés sok éves fejlődése kedvezően befolyásolta az áldozatok gyógyítását. Ez megerősíti azt a tényt is, hogy a balesetsebésznek ismeretei nagy részét, öt évente meg kell újítania a rendelkezésére álló eszközök és műtéti módszerek gyors fejlődése miatt. A sérültek kezelésében a megfelelő tudást, diagnosztikai eszközöket, új módszereket és alszakmákat, mint pl. arcsebészeket és műtéteket kell bevezetni. A tapasztalt sérülések elemzése alapján részt kell vennie a megelőzés és védőeszközök alkalmazásában is.

A mikromobilitási eszközök gyors, tömeges megjelenése miatt elmúlt évek tapasztalatai alapján már megállapítható, hogy az egyszerű horzsolásoktól a halálos kimenetelig minden sérülés egyre nagyobb számban előfordul, de mégis vezető helyen a fej és arcsérülés van. Portland városban készült statisztikai feldolgozásból megtudható, hogy egy elektromos rolleres (továbbiakban er.) 22 –szer gyakrabban balesetezik, mint egy gépkocsi vezető és 44-szer többször, mint egy motorkerékpáros. [2] E „ járművek” eddigi és jövőbeni várható balesetei bizonyítják, hogy a legalapvetőbb szabályok betartására is figyelmeztetni kellene a felhasználókat az eladóknak és kölcsönzőknek. A sérülések megelőzése még nem rutinszerű, nem kötelező pedig kevés veszélyesebb jármű létezik az er.-nél, sőt veszélyes a gyalogosokra is, mert jelenleg szabályozás nélkül, rendszerint a járdán haladnak, halkak, közlekedésük nem hallható, gyorsak és alig lehet hirtelen megállítani. Mivel jelenleg nem minősülnek járműnek, pl. a biztosításban is új kihívásokat jelentenek. A közeljövő feladata a közlekedési, jogi, baleset megelőzési stb. szabályozás gyors megoldása.

1. Orvostörténeti visszatekintés a közlekedési eszközök és sérülések változására

Az egészség paradicsoma soha nem volt, az ember az őskortól kezdve olyan sérülésektől és betegségektől is szenvedett, amelyek ma is foglalkoztatják a modern medicina és traumatológia művelőit. Ma sem sikerül a civilizáció és technikai előrehaladás következményeként fellépő újabb bajokat megoldani, mint pl. az er. gyors elterjedése miatt keletkező sokrétű károsodások, sérülések kezelését. A közlekedéssel kapcsolatos sérülések, keletkezése, jellege, előfordulási gyakorisága lépésről lépésre követi a technikai változásokat, amit több-kevesebb sikerrel követ a gyógyító tevékenység. Az élőlények és az emberiség életéhez a mozgás a közlekedés valamilyen formája mindig hozzátartozott és ez elválaszthatatlanul együtt járt a balesetekkel. [3]

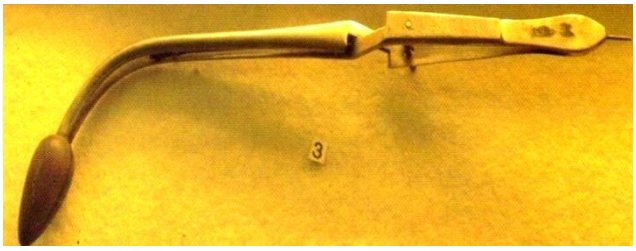
Érdemes visszatekinteni orvostörténeti szempontból is, hogy a közlekedési módok és eszközök változása, hogyan befolyásolta a sebészek, majd baleseti sebészek kezelési módszereit és lehetőségeit. Áttekintve a mobilitási eszközök több évezredes történetét, megtapasztaljuk, hogy ez egyben a sérülések változásának története is. A balesetsebészeti tevékenység egészéből az ellátás és diagnosztika szempontjából elkülönülnek a közlekedési sérülések, a diagnosztika és a rájuk fordított erők és eszközök különböznek. a többi sérült ellátásától.

A közlekedés története az emberiség történetével kezdődött. Ahogyan az ősember múltja a történelem előtti idők homályába vész, ugyanúgy a közlekedés elindulásáról is keveset tudunk. Valamikor, a legrégebbi őseink, mindenben a kezükre és a két lábukra voltak utalva. Hosszú évezredeknek kellett eltelniük, hogy valamiben is segíteni tudjanak magukon, addig egyetlen közlekedési eszközük a saját lábuk volt, amelynek erejétől és gyorsaságától függött gyakran az életük, amikor például menekülniük kellett, ami balesetveszélyes volt, gyakran járt sérülésekkel, törésekkel is, utóbbiak kezelése egyidős az emberiséggel, a régészeti leletek között vannak jórészt rosszul összeforrt,de gyógyult csonttörések is,ám tudatos gyógyítás nem történt.

Az ember tehát a legrosszabb és a legkevésbé kitartó és sérülékeny „közlekedési eszköz”. Pedig a világban még ma is sok olyan hely van, ahol jóformán ez az egyetlen közlekedési lehetőség. Egy teherhordó kb. 25–30 kg rakományt visz a fején. 7-8 óra alatt átlag 25 km-t tesz meg. A japánok és a kínaiak már nagyobb terheket cipelnek, teherhordó rúdjaikkal 100–120 kg-ot is elvisznek, mint a szerző maga is látta Kínában Chongqingban a Jangce folyó kikötőjében.

A lovon közlekedést még Kr. e. 1700 körül is veszélyesnek és szokatlannak tartották, ezért óvhatta tőle Mári királyát minisztere: Uram, ne lovagolj, hanem öszvér vontatta kocsin utazz. Még nem volt nyereg és a jóval később feltalált, biztonságot jelentő kengyel sem, ezért újként jelent meg, a lóról leesés, ami gyakran combcsonttöréshez, gerinc sérüléséhez vezetett, amit nem tudtak gyógyítani. Újabb fejlődés a helyváltoztatásban, akkor következett be, amikor feltalálták és elterjedtek olyan használható közlekedési eszközök, a szán, a kerekeken gördülő kocsi. Nyilvánvaló, hogy az állatok vontatta járművek, felborulása, kocsiról leesés ,- amit az utasok odakötözésével próbáltak megelőzni, - ismét addig nem látott , gyakran súlyos sérüléseket, halálozást is produkáltak.

Bár nem közlekedéssel összefüggő, de idevágó jó példa a 15- 16. században, megjelent lőtt sebek, ezek addig nem tapasztalt feladat elé állította az akkori hadi- sebészeket, a lőcsatorna, vagy seb feltárásával, magfogó szerű eszközökkel, próbálták megkeresni és eltávolítani a lövedékeket, persze érzéstelenítés nélkül, „vakon” , gyakran sikertelenül. [4] (1.ábra)



1.ábra. Golyókiemelő eszköz (Semmelweis Orvostörténeti Múzeum)

Elsőként egy francia mérnöknek, Nicolas Joseph Cugnot-nak sikerült nem állat vagy emberi erővel mozgatott - gőzhajtású haladni képes járművet készítenie. Amikor Cugnot 1771-ben szerette volna bemutatni új találmányát, a gőzautó elszabadult és ledöntött egy falat. Ez volt a *történelem első közúti balesete,* amelyet gépi hajtású jármű okozott. Ekkor a gépek világát sikeresen a gőz uralta, hajózás, vasút

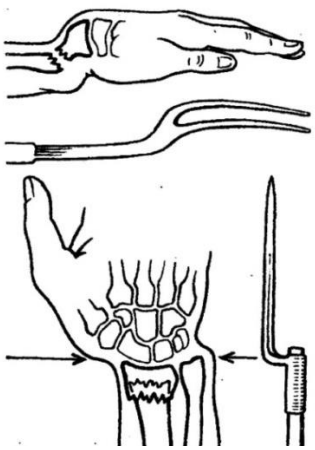
azt a tévedést okozva, hogy az automobilok is gőzhajtásúak lesznek. Természetesen ismét változtak és megszaporodtak a valamilyen kezelést igénylő sérülések, a kazánrobbanások, a járművek borulása, elgázolás. A csonttörések kezelése akkor még mindig sok szövődménnyel és lehangoló eredménnyel járt, bár nagy gyakorlattal és gondos vizsgálattal, a törések egy részét megállapították, de precíz helyretételt nem tudhattak elérni. [5]

Bár évszázadokon át a sebészek törekedtek a háborús sebesültek és közlekedési sérültek egyre jobb ellátására, egyes területeken ez lassan fejlődött is, de az 1840-es években megtorpant mert akadályozta, sőt megállította, az érzéstelenítés és az emberbe való „belelátás" hiánya**.** Az idegentestek, nyílhegyek, lövedékek, helyzetét nem látták, mint fentebb említettem, így azok, eltávolítását vakon, jórészt saját tapasztalatukra alapozva próbálták eltávolítani. Ráadásul ezek a műtétek igen elhúzódtak és érzéstelenítés hiányában nagy fájdalommal jártak. (1.ábra) az. Azt elképzelni sem tudták, hogy ez a helyzet, hogyan fog megoldódni. Mégis az I. világháború előtt e két haladást hátráltató eljárás megoldódott, utat nyitva a traumatológia azóta is tartó egyre gyorsuló, beláthatatlan végű állandósult fejlődésének. Beigazolódott a sebészek, balesetsebészek, de az orvostörténészek számára is közismert tény, hogy a háborúk, közlekedési balesetek, előbbre vitték a sérülések kezelését.

Nézzük röviden ezt a két *hiánypótló* felfedezést: William T.G Morton *éter érzéstelenítésében* 1846 október 16-án a világon először, nyaki daganatot távolítottak el. A hitetlenkedőket is meggyőzte amikor az operáló sebész felkiáltott „Uraim ez nem ámítás" (this is no humbug!) A módszer világszerte gyorsan elterjedt. Az akkori hírközlés lassúsága ellenére, Balassa János már 1847. februárban Magyarországon először operált, éteres altatásban. Az előrehaladás egyik fontos akadálya a háborús és békeidők sérült ellátásában, az érzéstelenítés, megoldódott, a másik még váratott magára, mert annak sokáig technikai és műszaki akadályai voltak.

1895-ben teljesen váratlanul berobbant Conrad Wilhelm Röntgen felfedezése: ebben az évben jelentette meg „Über eine neue Art von Strahlen" c. közleményét, amelyben egy újfajta sugárzásról számolt be. X-sugárzásnak nevezte el, (Angliában a röntgent a mai napig x-ray-nek nevezik) amely áthatol a szilárd testeken és láthatóvá teszi a belső szerkezeteket. [6] 1896-tól már az orvosi diagnosztika legfontosabb eszköze lett, a magyar orvosok erre a korszakalkotó felfedezésre is hihetetlen gyorsasággal reagáltak. 1896. január 18-án a budapesti Királyi Orvosegyesületben Hőgyes Endre "Csontvázfotografálás testen keresztül Röntgen szerint" című előadása már az orvosi alkalmazás lehetőségeit vázolta fel a csontok és ízületek sérüléseinek diagnosztikájában. Lorenz Böhler osztrák balesetsebész 1951 –ben írt könyvében leszögezi: „Az első világháborúban a kórházakban kidolgozott terápiás módszerek a béke éveiben igen jól beváltak." [7]

Az 1880 évek közepétől mintegy 50 évig a gőzgépek igen elterjedtek voltak, de a benzin, olaj és árammal hajtott járművek fokozatosan kiszorították. A balesetek és a keletkezett sérülések ismét megváltoztak. A tűz és kazánrobbanás veszélyét felváltotta az elgázolások, ütközések, borulások, kurbli sérülések. Utóbbinak orvostörténeti jelentősége is van, mert a belső égésű motorok beindításához, nélkülözhetetlen volt, de új veszélyt is jelentett, amikor a motor beindult a kurblit is megforgatta visszalőtte és gyakran csuklón ütötte a tekerőt, kinek un. típusos orsócsonttörése keletkezett, amit a mai napig chauffeur (sofőr) törésnek is hívunk.



2. ábra: A klasszikus orsócsonttörés jellegzetes megjelenése: oldalról nézve „francia villa alak", míg szemből a csukló "bajonett-állás"-ban van.

Ezek a járművek halkabbak lettek, különösen az árammal hajtottak és gyorsak is lettek az eddig megszokott ló vontatta járművekhez képest, ezért amikor közeledett az útjából már a megszokott módon alig lehetett kitérni – milyen érdekes párhuzam fedezhető fel az er.-kel. A századforduló után Európában megindult a tömeges autógyártás és ezzel tulajdonképpen kezdetét vette a *motorizáció!,* annak összes előnyével és hátrányaival együtt, mint a közlekedési balesetek, addig soha nem látott sérülések. Amint változott a gépkocsik száma, sebessége, konstrukciója - változtak a sérülések is, tömegesen megjelentek az ellátó helyeken az áldozatok, a bennülők és elgázoltak. Egyes sérülések eltűntek, pl. kurbli sérülés, esőtörlő könyök, míg újak keletkeztek pl. műszerfal térd stb.

II. Világháború után a sebészetből kivált és kialakult, először Európában, egy új orvosi szakág, a traumatológia és művelői a baleset-sebészek, amit a gyorsan szaporodó gépkocsik balesetei kényszerítettek ki. Az addigi megszokott monotraumák helyett, megjelentek a többszörös sérülések, politraumatizációk és tömegbalesetek, amelyek szakmai és szervezési szokatlan feladatokat jelentettek. [8]

John F. Kennedy elnök már 1960-ban kijelentette: a közlekedési baleset „a nemzet egyik legnagyobb, sőt talán a legnagyobb közegészségügyi problémája". Ma már a huszonegyedik század elején, változatlanul, sőt fokozódó mértékben a milliókat érintő közlekedési balesetek és következményei, világszerte a legnagyobb népegészségügyi problémát képezik. Más vezető halálokokkal szemben – szív és keringési betegségek, daganatos betegségek, járványos és fertőző betegségek –az teszi fontossá, hogy elsősorban fiatal, egészséges és munkaképes populációt érinti és ez már vonatkozik az er.-re is. Kiderült az is, hogy a sérülteket valami módon osztályozni kell, főleg a kezelés sürgőssége miatt, másrészt, hogy a különböző országok és kórházak eredményei összehasonlíthatóak legyenek erre szolgálnak a GCS, AIS, ISS diagnosztikai és súlyosság felmérő rendszerek.

A közlekedés veszélyes üzem, sokmillió nehéz és gyors tárgy mozog földön, vízen és levegőben bolygó szerte, amelyeket törékeny, sérülékeny lények irányítanak több-kevesebb sikerrel. Azt remélni, hogy egyetlen baleset sem történik, hiú ábránd, de arra igenis lehet törekedni, hogy mi magunk ne váljunk balesetek okozóivá, vagy vétlen áldozataivá. A közlekedési balesetek tudományos vizsgálata elsősorban az emberi tényezők vizsgálata, mert szakmai közmegegyezés szerint 90-95 %-ban az ember okolható a balesetekért és a következményes halálos és nem halálos sérülésekért. Mivel a közlekedés az emberi kapcsolatok egyik megjelenési formája, így annak ideális helyzetben konfliktusmentes lefolyása az emberektől függ. Nincs- egyelőre – dehumanizált közlekedés, mert ilyen kapcsolat sem létezik.

Azt is fontos megállapítani, hogy a balesetek és az emberre vonatkozó következményei nem véletlenül következnek be, azoknak okuk van: nem csak úgy egyszerűen megtörténik velünk, „csak balszerencse". *(Injuries have causes -- they don't simply befall us from fate or bad luck.)* Sokak és L.Evans a GM. biztonsági részleg korábbi igazgatója szerint a baleset szó használata is megtévesztő, mert azt sugallja, hogy „balszerencse", „véletlen" „fátum" az ok, amely nem elkerülhető [9] Az évtizedek óta megszokott közúti közlekedési baleset - RTA (road traffic accident) - helyett talán az ütközés (crashes), vagy a karambol szó a helyes.

Hajlandóak vagyunk azt hinni, hogy „a baleset mással és nem éppen velem fog megtörténni" (Accidents only happen to other people, not to me). A rollerrel haladók a többi közlekedőkhöz képest gyakrabban kerülnek „majdnem balesetbe", - mert bizonytalanok a „járművük" vezetésében, nincs kijelölt és védett útvonaluk - ez olyan eseménysor, amelynek során egy potenciálisan súlyos következményeket előidézni képes eseménylánc - valamilyen okból- nem fut le teljesen, így a lehetséges súlyos következmények végül is nem következnek be. Tehát a majdnem (kvázi) baleset lehetett volna valóban baleset. Ezt bizonyítja egy tanulmány, kimutatták, hogy minden harmadik er. használó megsérül az első útján! [2]

Az orvosi ellátás során a bajba jutottak gyakori mondata: Nem gondoltam, hogy ezt az eszközt ilyen nehéz irányítani és veszély esetén lefékezni és megállítani. Egy német betegbiztosító orvosa szerint ezek annyira veszélyesek, hogy be kellene tiltani a használatukat, azért is mert gyors elterjedésük és szaporodásuk miatt extrém módon fogják még jobban megterhelni a sürgősségi ambulanciákat és baleseti kórházakat. Miután a betiltás jelenleg reménytelen, legalább a szabályozást, a baleseteik és következményes sérülések megelőzését kell fokozni és az ellátókat felkészíteni a várható balesetesek ellátására. Az eddigiekből is érzékelhető, hogy balesetsebészet gyorsan fejlődő és változó területe a medicinának, függ a sérülésektől, amihez a kezelésnek alkalmazkodnia kell és függ a saját technikai eszközeinek fejlődésétől is, hiszen a rtg. után egyre több és pontosabb eredményt hozó képalkotó eljárások jelentek meg, mint pl. UH, CT, MR.

2. A leggyakoribb mikromobilitási „járművek”

A gyerekjátékból formálódott roller nagy sikere jelzi, hogy társadalmunk infantizálódott, állítják egyesek, mert amikor gyermekeink lábbal hajtott rollerére gondolunk, senkinek nem jutott eszébe, hogy erős motort, szereljen rá, most ez mégis megtörtént, sőt a létrehozott rollerek sokfélesége megdöbbentő. Érdemes áttekinteni ezeket a különböző mikrobmobilitási eszközöket: a legyakoribb, az elektromos roller, (electric scooter), segway, boardy (fából készült magyar találmány és gyártmány), hoverboard (légdeszka, motoros gördeszka), unicycle (egykerekű), stb.).

Semmi nem új a nap alatt, mindennek van elődje, ezért ide is kívánkozik egy kis történelmi visszatekintés a napjaink er. -nek, mikromobilitási járműveinek őseiről:

3. ábra: Lady Norman Florence a feminista, aki első hölgyként, elektromos rolleren járt dolgozni 1916-ban, Londonban és ezzel megszegte a korabeli előkelő hölgyekkel szemben támasztott előírásokat

4.ábra: Elektromos kétkerekű

5.ábra: Kézzel hajtott egykerekű. (hand powered monowheel patented in 1869 by Richard C. Hemming)

Áttérve napjaink mikromobilitási járműveiből néhány bemutatásul:

6. ábra: A klasszikus és legyakoribb elektromos roller (segway)(30- 45 km/ó. sebességre is képes

7. ábra: Egykerekű (Unicycle), ("Flying Yankee Velocipede")

8.ábra: Elektromos gördeszka

9.ábra: Elektromos egykerekű

10.ábra: Egykerekű motorbicikli

11. ábra: Önhajtó elektromos önegyensúlyozó gördeszka Hoverboard. Electric Self Balancing Scooter

12.ábra: Hoverboard segway, fogantyúval beépített bluetooth–al

13.ábra: városnéző turisták

Mindkettő maximális sebessége elérheti 25km/órát. A hoverboard (önhajtó, repülő gördeszka). A név és az eszköz az 1989. *„Háttér a jövőbe”* című tudományos fantasztikus film komédiából származik.

Egyre szaporodnak a legkülönböző megoldású – a használókra veszélyes – mikro-mobilitású eszközök. Csábítóan – és felelőtlenül – írják a hirdetésekben: irányítása könnyen elsajátítható, de a lehetséges és gyakori balesetekről és sérülések megelőzéséről szót nem ejtenek.

14.ábra: A Boardy deszka roller fából

15.ábra: Egyszemélyes Pedalo, gördülő roller, fából

A világ első és jelenleg egyetlen „deszka rollere” ami teljesen haza tervezésű és gyártású. Különleges, mert teljes hosszában üvegszál erősítésű flexibilis kompozit favázra épül. Abban különbözik az er.-től, hogy nincs benne motor, de így is könnyen elérhető vele a 30-35 km/ó sebesség, a Boardyt úgy fejlesztették, hogy szinte minden útfelületen tökéletes menetkomfortot nyújtson ott is ahol az er.haladni már nem tud. Első kerékre ható féke van, ami a leesés lehetőségét vészfékezéskor, de a gyártók szerint ez nem így van.

3. Külföldi tapasztalatok az elektromos rollerek tömeges, gyorsan terjedő megjelenése kapcsán

3.1 USA

Ez a tanulmány, az American Journal of Otolaryngology-ban jelent meg és elemezte Nemzeti Elektronikus Sérülések Rendszeréből származó adatokat. Több mint 100 kórház adatait gyűjtötték össze és kiterjesztették a többi kórházra (extrapolálták) így tudnak becsléseket készíteni az Egyesült Államokban előforduló, er.-el kapcsolatos sérülésekről. Az er. hihetetlen gyorsasággal terjedt és terjed el az US városaiban.

16. ábra: Veszélyes mutatvány

17.ábra: Santa Monica US Photo: Robyn Beck/Getty

2008 és 2017 között csaknem 1000 dokumentált fej és arcsérülés volt. Ez a szám megháromszorozódott az elmúlt 10 évben: 2008-ban a becslések szerint 2325 sérülés történt, ez a szám 2017-ben 6947-re nőtt. A sérültek többsége 19 és 65 év közötti. Egyharmaduk 6 és 12 év közötti gyermek volt, számukra ez kiemelten veszélyes, mert megtévesztő módon nekik a reklámokban játékként" forgalomba hozottról beszélnek, de valójában ezek 30 mérföld /óra sebességet is elérnek." írta tanulmányukban , A. Bresler Rutgers New otolaringológiai osztályának orvosa. [10] A Jersey Medical School, nyilatkozatot adott ki: ezek a „járművek" nem biztonságosak és veszélyesek, nem csak az utakon, ahol jelenleg tiltják őket, hanem a járdákon is, mert gyalogosok elgázolásával, arc és a végtagok súlyos sérüléseit okozzák.

3.2 Franciaország

A bérelhető elektromos meghajtású rollerek egy évvel ezelőtt 2018-ban jelentek meg a párizsi utcákon, számukat ma már 25 ezerre becsülik, és folyamatosan gondot okoznak a párizsi önkormányzatnak azzal, hogy szabályozás hiányában használat után, bárhol letehetik őket ezért lerobbant rollerek hevernek a város legszebb parkjaiban, de még a Szajnába is bedobálják őket a hidakról. (Itt jegyzem meg, hogy nálunk is találtak a Dunában és a Városligeti tóban ilyen eszközt) A gyalogosok sincsenek biztonságban, óvatosan kerülgetik a járdát is elfoglaló divatos kétkerekűeket. A francia fővárosban 12 független elektromosroller-szolgáltató cég működik, több mint az egész Egyesült Államokban.

Párizs polgármestere Anne Hidalgo, a múlt héten jelentette be, hogy a turisták által is kedvelt elektromos rollerek használatának szabályozásával igyekszik felülkerekedni a káoszon. A sebességüket óránként 20 kilométerre korlátozták a város legtöbb részén, de ahol nagy a gyalogosforgalom, legfeljebb 8 kilométeres sebességgel haladhatnak. Leparkolni ezentúl csak a kijelölt helyeken szabad.

Mennyi baleset történik? Nehezen megállapítható, mert gyakran nincs hivatalos intézkedés és a er. száma sem megállapítható. Pl.a Ille-de-France megyében, amiben Párizs is is benne van, havi 160-200 történik. Melyek az okok: A legfőbb a rollerező figyelmetlensége, a nem engedélyezett út használata, az ittasság, de előfordul, hogy többen állnak a roller fellépőjére és mobiltelefont használnak a roller használata közben.

Életét vesztette 2019. júniusában, Párizsban egy elektromos rollerrel közlekedő 25 éves férfi, teherautóval történt ütközés után. Ez volt az első halálos baleset, elektromos rollerrel. A tragédiát a rendőrség szerint az okozta, hogy a rollerező nem adta meg az elsőbbséget a teherautónak. A férfit súlyos sérülésekkel szállították kórházba, ahol elhunyt.

3.3 Ausztria

Mivel az osztrák városokban is egyre több e-roller- van, az Osztrák Városok Szövetsége útmutatót dolgozott ki: legfontosabb a biztonság ezért ezeket a közlekedésben a kerékpárokkal tekintik egyenértékűnek, így velük kerékpárúton, kerékpársávban vagy az úttesten lehet közlekedni, a járdán nem. Vannak javaslataik is, a használókat be kellene tanítani. Emellett best practice megoldásokat kínál Európa más városainak tapasztalataiból.

3.4 Németország

A statisztika katasztrofális: Berlinben elképesztően sok balesetet okoztak: szám szerint 74-et, 65 ittas vezetés is történt és 233-szor sértették meg a közlekedési szabályokat az alatt a rövid három hónap alatt, amióta a város engedélyezi ezek használatát. Több mint 12 bukás súlyos sérüléssel végződött. Az esti órákban végzett rendőri ellenőrzések során igen gyakran találkoztak részegen rollerezőkkel is. Az érintettek éppen olyan büntetésre számíthatnak, mint az ittas autóvezetők írta a Washington Post.

3.5 Nagy- Britannia

Tilos elektromos rollerekkel - vagy hoverboarddal, segwayyel és a többi hasonló borzalommal - közlekedni közutakon, mert ezeket a brit jog nem ismeri el járműként. Ennek ellenére milliók használják ott is, ahol tiltott. Az első halálos baleset er.- el: Londonban történt: 2019. július 12-én Emily Hartridge 35 éves televíziós műsorvezető elektromos rollerével egy körforgalomban teherautóval ütközött és a helyszínen meghalt.

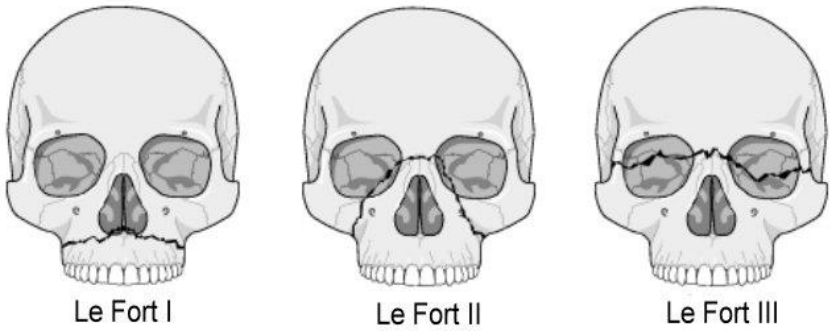
4. A típusos és gyakori elektromos roller sérülések előfordulás és kezelése

A környezetszennyezés csökkentése, a városi közlekedés csődje, a turizmus, a divat hatására előtérbe került a különböző micromobilitási közlekedési eszközök gyors elterjedése. Az a remény, hogy a városi közlekedést, autózást csökkentik a rollerek, nem igazolódott, mivel a használók felének nem is ez a célja, hanem a szórakozás. Viszont megjelentek az új, szokatlan és gyorsan növekvő számú sérülések a balesetező használóknál és elgázoltaknál. Ezekre a mentőknek, a sürgősségi ellátó helyeknek, traumatológusoknak a rendelő intézeti és kórházi orvosoknak fel kell gyorsan készülni.

Az ember anatómiai felépítése nem alkalmazkodott a közlekedési eszközök sebességéhez, mert 5 km/óra sebességre „tervezték”és pl. elesésnél ilyenkor még hatásosan tud védekezni. Testünk több ezer év alatt sem változott, míg a járművek és sebességük rengeteget változott.

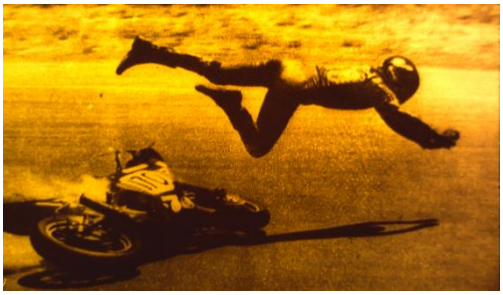
A jármű használó az 5/km/ó sokszorosával halad, ütközik, de a rajta és benne ülők teste önmagában biomechanikailag védtelen és sérülékeny.

Az er. –ek forgalomba kerülése és elterjedése mivel viszonylag új és váratlan jelenség, még nincsenek megbízható, nagy anyagra támaszkodó statisztikák a balesetekről és a sérülésekről, de az megállapítható, hogy ezek a forgalom szervezésben, mentésben és kezelésben gyorsan növekvő új feladatot jelentenek. [11]



18. ábra: Példa a tipikus és súlyos arcsérülésekre, azok fokozatai, ellátásuk specialisan képzett arcsebészre van szükség.

Tulajdonképpen, ha az er. baleseteket elemezni akarjuk leginkább a motorkerékpáros és inkább a kerékpáros balesetekhez tudjuk hasonlítani, onnan vehetünk át diagnosztikai és kezelési módszereket. (18. ábra). Persze vannak különbségek, az e. rolleresek balesetinél dominálnak az arcsérülések, míg motorkerékpárosoknál az arcvédős sisakok elterjedése óta gyakorlatilag megszűnt.



19. ábra: A motorkerékpáros bukás után lerepül a járművéről és tipikusan valószínű kezével fog talajt, ahol direkt sérülés, vagy az erő tovább haladva alkar törést, könyökfi vagy vállficamot okozhat. Az esés mechanizmusa az er.-hez hasonlít.

Er. –keltörtént balesetekből egyre több sérülés kerül megismerésre, egyre több adat lesz és kiderül melyek a legfontosabb teendők a védelem és sérülés megelőzése érdekében.

Sürgető intézkedésekre van szükség, hogy a jószándékkal bevezetett közlekedési eszköz ne váljon a használók kezében sérülést és halált okozó eszközzé. Mivel a gépkocsikhoz hasonló védelem nem megoldható, a sérülések súlyossága az ütközési sebességtől függ, az egyik komoly megelőző módszer: a sebesség csökkentése, behatárolása, képzés, de vannak további lehetőségek is:

Az er.-sek a védtelen közlekedők közé tartoznak. Testi épségüket nem védik olyan műszaki megoldások, mint a gépkocsikban utazókét, (maga a gépkocsi, biztonsági öv, légzsákok stb.) így baleset esetén testük szinte közvetlenül érintkezik a talajjal, súlyos sérülésük kockázata sokkal nagyobb, mint a személygépkocsit vezetőké, de még a motorosoknál, sőt kerékpárosoknál is. Miután védtelenek, igen fontos az emberi test, egyes testrészek tűrőképességének ismerete a keletkezhető sérülések súlyosságának szempontjából, ami csak csökkenthető bukósisakkal, megfelelő ruházattal, könyök és térdvédővel. A járműnek, utasainak a sebességgel arányos kinetikai energiája van, melyet az $(m*v^2)/2$ fejez ki.

A keletkezett sérülések súlyossága elsősorban az ütközési (közvetve a haladási) sebességtől függ. Féktáv elég = megáll. Ha nem elég= ütközés és a kinetikai energia = romboló erővé lesz. Balesetkor tehát a kinetikai energia a legfontosabb tényező az ütköző és hirtelen megálló, feldőlő rollerről lerepülő sérülései szempontjából, ha ez csökkenthető, csökken a baleset és a sérülések súlyossága, esetleg nem is következik be.

Az emberi testre nem a sebesség veszélyes, hanem annak változása. Ez a lassulás (gyorsulás) $a = \Delta v/\Delta t$. Egy „gé”-hez vagyunk szokva. $g \approx 10$ m/s2 . Az ettől nagyobb „gé” hatása: A támasztószövetekben: rándulás, ficam, törés. A belső szervekben: elmozdulás, átrendeződés. A testnedvekben: hidrodinamikai hatás. A hatás függ: a gyorsulás (lassulás) nagyságától és irányától, időtartamától és változásának idejétől, valamint a szervezet állapotától.

Még elviselhető: 40 … 50 g, illetve néhány g/milliszekundum. Pl.: koponya és agyvelő: $a < 80$ g, $t < 3$ ms. Néhány gyakorlati adat lassulásra, gyorsulásra: Ugrás 2 méterről: 4 g Anyahajóról felszálló vadászgép: 5 g Vadászgép-pilóta szűk fordulóban (ájulás): 9 g Gyalogos, lassan haladó rolleres lámpaoszlopnak ütközik fejével: 10 - 15 g Kisbusz merev falnak ütközik 32 km/h sebességgel: 20 g Esés IV. emeletről ugróponyvára: 10 g Esés 10 méter magasról, kőre, betonra a felütközési sebesség 50 km/h ha a lefékeződési távolság: 30 centiméter: 30 g ha a lefékeződési távolság: 10 centiméter: 100 g ha a lefékeződési távolság: 5 centiméter: 200 g.

Az eddig baleseti statisztikai elemzésekből megállapítható, hogy a mikromobilitási járművek baleseteinek jelentős része vezetéstechnikai hibából következett be. Biztonságosan vezetni, csak bizonyos szabályok betartásával lehet, pl. sebesség korlátozás, képzés, gyakorlás, vagy azért mert ezeket a járműveket egyszerűen nem lehet biztonságosan használni.

Ezért tehát nem csak azt kell vizsgálnunk a jövőben, hogy a bekövetkezett balesetek okait milyen tényezőkre tudjuk visszavezetni, hanem azt is, hogyan tudjuk, vagy egyáltalán lehetséges-e azok megelőzése. A gazdasági érdekeltség a felhasználó részéről persze mást követel, de e járművek használóinak meg kell értenie és el kell fogadnia, a kezdőknek legalább alapképzés kellene, hogy a közúti közlekedésbe bekapcsolódhassanak.

5. A sérülés együttesek, típusos sérülések ismeretének fontossága

Feltehetjük a kérdést: Miért van értelme a sérülés együttesek meghatározásának: azért, mert ha ismerjük ezeket, akkor könnyebb és gyorsabb a sérüléseket megtalálni. Látszólag a baleseti sérülések mindig mások, nem csoportosíthatók, nem összehasonlíthatók. Ha ez így lenne, akkor nem lehetne a sérülések kezelését oktatni, nem lehetne típusműtéteket kidolgozni, bevezetni, eszközöket kitalálni. Ezen túlmenően nem lehetne a sérüléseket más kórházak, más országok eredményeivel összehasonlítani, közleményekben leírni és ez a haladást megállítaná.

Amikor a motorizáció az autóval való közlekedés a II. v h. utáni években, először az Egyesült Államokban, gyorsan fejlődni kezdett magával hozta a balesetek és sérülések számának gyors szaporodását. Kiderült, hogy ezen sérültek ellátására a sebészek nincsenek kiképezve, hiába operált nagyszerűen vakbelet a közlekedési baleset eredetű csonttörésekkel, koponya és agysérültekkel nem tudott szakszerűen és rutinszerűen mit kezdeni. Német nyelvterületen és Európa nagy részén kiderült,

hogy a sok közlekedési sérült ellátásához egy új szakma hiányzik ez a balesetsebészet vagy traumatológia, amely hazánkban 1956-ban jött létre.

Nem minden kórház tud mindenfajta sérültet ellátni, ezért a kórházakat ellátási szintek szerint osztályozzák. Ahol nincs idegsebészet, oda nincs értelme koponyasérültet szállítani, mert ez időveszteséget okoz a kezelés megkezdésében. A mentőknek és első ellátóknak mérlegelniük kell, hogy melyik sérült hová való? A helyes döntést azonnal kell meghozni és az áldozatokat a sérüléseik alapján osztályozni kell. Erre kialakítottak már a helyszínen is használható – itt nem ismertetett rendszerek, GCS, AIS, ISS. stb. A sürgősségi ellátó helyeken a beérkező sérülteket ismét osztályozni kell, de már az ellátás sorrendje és a műtétek sürgősségének szempontjából, ezt nevezzük triage rendszernek.

Az er. rel összefüggő típusos sérülések a gyakoriság sorrendjében:

- koponya-arckoponya- orrcsont (összes törés 27%-a) – nyaki gerinc,
- váll, felső végtag, csuklótáj,
- térdtáj,
- fedett tompa sérülés: mellkas-has,
- lágyrész zúzódások, horzsolások.

Mivel a vezető és típusos sérülés az arc sérülés, (maxillo-facialis), koponya és nyaki gerinc ilyen szakemberekkel rendelkező ellátó helyre célszerű szállítani a súlyosabb er. baleseteseket.

A kisebb sérülés is veszélyes lehet az er.-val közlekedőkre és az általuk elgázolt gyalogosokra, ha alvadás gátló gyógyszeres kezelés alatt állnak.

6. Megelőzés, védőeszközök

A következők ajánlott alkalmazásával ill. kötelezővé tételével lehetne jelentősen csökkenteni és megvédeni a használókat a sérülésektől, balesetektől:

- Jobb fékek,
- Elérhető maximális sebesség korlátozása,
- A közlekedési útvonalak és tiltott területek meghatározás, új közlekedési táblák,
- A használók valamilyen képzése,
- Tiltani az utas és a gyermekek szállítását,
- Alsó életkori határ bevezetése,
- Kötelező védősisak, (fejvédő, arcvédős), könyök és térdvédő,
- Megtiltani az ittas vezetést,
- Lerakni csak dokkolóban lehessen, megszüntetni, a free floatingot,
- Rendszámtábla,
- Kötelező oktatófilm (video) megtekintése,
- Nyilatkozat aláírása, hogy a szabályokat betartja,
- Kötelező speciális biztosítás,
- Világítás,
- Kötelező hangjelző.

20. ábra: Térd- könyök- és csuklóvédő „Védőfelszerelés, egységcsomag”

7. Néhány gondolat a mikromobilitási járművek jövőjéről

A villanyrollerekben és -kerékpárokban látja a jövő városi közlekedési eszközét T. Bradshaw, [12] publicista is, mert úgy véli, sokkal gyorsabban elterjedhetnek, mint pl. az elektromos és önvezető gépkocsik. Jen Li, a kínai Niu Technologies (elektromos roller gyár) vezérigazgatója – ezzel egyetért és már okos elektromos rollereket gyárt, amelyeken ülés is van, kifejezetten nyugdíjasoknak ajánlva a kényelmesebb közlekedés érdekében.

21. ábra: Kínai gyártók által nyugdíjasoknak kifejlesztett er. üléssel.

Li azzal is érvel, hogy a városokban az autók sebessége – amiben jellemzően egyedül utaznak - átlag 15 kilométer/órára lassult, a csúcsforgalmak idején pedig a tömegközlekedési eszközökön heringekként préselődnek össze az emberek. Niu 2019. március végéig több mint 710 ezer elektromos rollert értékesített a világon! Ezekkel nagyjából hárommilliárd kilométert tettek meg

Összességében Bradshaw [12] szerint egy a Szilícium-völgy újításainak elvére alapuló - Tanulj és cselekedj! - fejlődést látunk. Egy évtizedbe telhet, mire a fejlesztők kiderítik, hogy az autonóm autók alkalmasak-e a zsúfolt nagyvárosi használatra, ám addigra az e-rollerek és az e-bringák megszokott részévé válnak a mindennapi városi életnek.

Azért vannak ellenérvek is néhány kiragadott példa: Időjárás. Rossz minőségű utak. Rövid az er. élettartama, megoldhatatlan az összeszedésük, javításuk. Csendesek, ez az előnyük, de a hátrányuk is. Nincs rajtuk hangjelző (csengő), index, a kanyarodást kézzel kell jelezni, de ekkor egy kézzel kell irányitani a rollert, ami felér egy kaszkadőrmutatvánnyal. A rollerkölcsönzés jelenleg súlyosan veszteséges. A tönkrement rollerek és a lítium akkumulátorai jelenleg nem újrahasznosíthatók.

További hátrányok, nem érintve a már tárgyalt veszélyeségüket: A kerékpárutak keskenyek, most osztozniuk kell a er-el. Bárhol lerakva akadályt jelentenek a gyalogos, kerékpáros és autós forgalomnak. A környezetszennyező módon- Kínában gyártott és komoly környezetszennyezéssel Európába, USA-ba szállított „jármű" hamar roncstelepre kerül stb.

Konklúzió

Az önvezető gépkocsik még tesztüzemben vannak, de a nagyvárosok utcáit ellepik az elektromos rollerek mindkettő célja azonos: alternatívákat kínálni a hagyományos gépkocsik miatti torlódás és környezetszennyezés megszüntetésére. Mint már említettem, a gyakori balesetek és sérüléseken túlmenően, jogos aggályok merülnek fel az e-robogók biztonságával, a szabályozás hiányával, a járművek tartóságával és a környezetszennyező eldobásra kerülő lítium akkumulátorokkal kapcsolatban. Még nem tudni, hogy a gyártóknak, forgalmazóknak, kölcsönzőknek megéri- e ezzel foglalkozni, megtérül e ezeknek a „járműveknek" a kialakításába, tervezésébe fektetett sok millió dollár?. Annyi bizonyos balesetsebészeti és közlekedésbiztonsági szempontból, hogy a balesetek megelőzése, megfelelő törvényi szabályozás, a védőeszközök kötelező használatának kötelezővé tétele, a sebesség behatárolása még várat magára, de halasztást nem tűr.

A mikromobilitási járművek eddigi és jövőbeni várható növekvő számú balesete bebizonyítja, hogy a forgalmazóknak az eddigi szabályok betartására is figyelmeztetni kell a felhasználóikat. A sérülések megelőzése jelenleg, nem kötelező pedig kevés veszélyesebb jármű létezik ezeknél. Veszélyes a gyalogosokra is, mert rendszerint a járdán haladnak, halkak, nincs motorzaj, hangjelzést adni nem tudnak, viszont gyorsak és alig lehet hirtelen megállítani. Jelenleg nem minősülnek járműnek, ez pl. a biztosításban is új kihívást jelent. A közeljövő feladata a közlekedési, jogi, baleset megelőzési stb. szabályozás gyors hatásos megoldása.

Irodalomjegyzék

[1] Vida Mária: Művészet és Orvostudomány a történelmi Magyarországon.
[2] Sztankóczy A.: Elektromos roller, a veszedelmes közlekedési tévedés.2019.11.11. Válasz Online
[3] Nemes Gy.: Kandidátusi disszertáció. 1986.
[4] von Gersdorff H.: Feldbuch der Wundartzney (Tábori könyv a seborvoslásról.) Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1967. Reprint of the 1517 edition.
[5] Elek E.: Egészségtükör.hu. 2012.12.19
[6] Röntgen C.W.:Über eine neue Art von Strahlen Verhanlungen 1895.
[7] Böhler L. 1951-Die Technik der Knochenbruchbehandlung 14 Kiad.(Verlag Wilhelm. Wien 1951)
[8] Nemes Gy.: Doktori disszertáció. Bp. 1997.
[9] L. Evans: Traffic Safety. 2004. (USA)
[10] A. Bresler : Tanulmány az elektromos roller sérülésekről 2018.
[11] Komócsin Sándor: Óriási fordulat a villanyroller-háborúban Napi.hu 2019. 08. 19
[12] T. Bradshaw, Financial Times

Urban Traffic Demand Management through Congestion Pricing (CP)

Ghadeer Mawajdeh[1] – Dr. Ghaleb Sweis[2] – Dr. Khair Jadaan[3]

[1]**The University of Jordan, Department of Civil Engineering**
Telephone: +96790851603
E-mail: Mawajdeh.ghadeer@yahoo.com

[2]**The University of Jordan, Department of Civil Engineering**
Telephone: +96799072828
E-mail: Gsweis@edu.jo

[3]**The University of Jordan, Department of Civil Engineering**
Telephone: +96796222868
E-mail: Kjadaan@gmail.com

Abstract: Congesion Pricing (CP) is considered one of most efficient strategies to manage demand of existing road space. however, the success of such a strategy depends heavilly on the level of public acceptance and support. The objective of this study is to investigate the Jordanians' public acceptability and support for the implementation of a Congestion Pricing (CP) scheme in Amman, the capital of Jordan, against people's social, economical and driving characteristics. An online survey was performed to collect the necessary data using a pre-designed questionnaire which was completed by a random sample of 600 participants. The survey data including stated preferences were analyzed to pinpoint the important factors influencing people's attitudes towards implementing a CP Scheme and to evaluate their level of support to such a scheme.

Statistical analyses of the responses were performed using the Conventional Factor Analysis (CFA), ANOVA and Multivariate Logistic Regression. The results showed that people with greater socio-economic educational class tended to perceive higher personal change in travel habits when CP is implemented. People who recommended higher rates of charge tended to more significantly support the CP. The results further revealed that about 55.0% of respondents support implementing CP only during peak hours, but only 26.3% of them support implementing CP during all hours of day. The CFA revealed that a more significant factor was the potential benefits and economic revenue of implementing CP. Multivariate regression analyses showed that economic unfairness of CP converged significantly, but negatively, to the respondents' support of CP.

Keywords: Traffic congestion; congestion pricing; acceptability; management; logistic regression; unfairness

Introduction

Transportation Demand Management (TDM) also called ''Mobility Management'', includes strategies that tend to achieve many reported multiple planning benefits such as: improving the overall efficiency of the transport system, reducing congestion, pollution and energy consumption and increasing road safety and transportation affordability (Levinson et al. 2017)

Jordan is facing a boom in the number of vehicles travelling daily in and out of the city leading to traffic congestion. Nevertheless there is still no pricing system applied for the use of any road. It is possible that it is time for Jordan to follow the footsteps of Singapore, London, Milan, Oslo, Rome, Stockholm and other world cities to consider implementing CP in order to manage demand of existing road space. As public acceptance is considered a significant factor in the implementation of CP, it is necessary to give an answer to the following question:

„How would people vote in a referendum about CP in Jordan?"

Amman is already largely built and no one would consider ruining its characteristic by pulling it down and rebuilding around the car. Instead, CP is considered an economic instrument for alleviating urban

traffic congestion as its benefits were generally reported to outweigh the associated costs. Therefore, the study main objectives may be summarized as follows:

- To determine the level of acceptability, support and attitude of the scheme among various socio-demographic road users.
- To assess the factorial validity and dimensionality of people's attitude toward the CP.

1. Literature review

It is important to recognize that the success of a CP scheme is subjected to the level of public acceptance and support that it can gain. Several studies investigated the level of acceptability towards CP scheme. Public could perceive CP as a "money grab." experience and its implementation as highly political (Hysing and Isaksson, 2015). In order to reduce this risky thought, a broad understanding of the objectives of CP must be done.

It is believed that the growing positive media support contribute in shaping the public's attitudes towards CP and may lead to spreading their influence among their friends and families speedily (Hensher and Li, 2013; Börjesson and Kristoffersson, 2018).

The Acceptability of CP has bee studied by many researchers and found to be influenced by a number of factors including the following:

1.1 People's Awareness

People should be aware of the current as well as future problems caused by the increased car use. They should also recognize what will happen if no policies or actions are implemented and be responsible for these problems. Morris and Hirsh (2016) mentioned that a large portion of public believes that traffic congestion is a serious problem. However, some of them reject additional taxes to fund transportation system improvements.

1.2 Trust in Government

Lack of confidence and trust in politicians and public agencies and how they will use the public funds raised by the charging system will definitely decrease the public's level of support to CP. Singapore's Government has long focused on economic development and on innovation and technology and that's why high levels of public trust in the government were obtained (IWA, 2018).

1.3 Car Dependency

People will keep on using their car regardless of the price as they do not believe transport pricing is an effective mechanism to reduce traffic jam during rush hours. As a matter of fact, they believe that other modes of transport (i.e. bus, train and bicycle) cannot compete with the car (Börjesson et al. 2016).

1.4 Availability of feasible alternatives

When a scheme is implemented it necessary to be introduced along with other measures in order to make available alternatives. For example, transit needs to be increased by provide additional buses and routes, additional trains, and more cycle routes. If no feasible alternatives are available, people will feel that their freedom to move is restricted (Eriksson et al. 2006).

1.5 Vehicle taxation

Transferring charges from owning a vehicle to using a vehicle by reduce vehicle taxation represent a key element to success that will probably control acceptability and manage the traffic demand.

1.6 Value of a trial and referendum

(Hensher and Li 2013); (Metz, 2018) showed that a trail is the key for public support and successful long-term implementation which give them an opportunity to experience in person real benefits that a scheme can offer on their daily activities. So, they may sway their opinion in favor of the road pricing scheme as noticed also by (Börjesson et al. 2016). A trial operation of ERP held in Singapore was undertaken in advance of operation to help with familiarization of the system.

According to Gu et al., (2018) London's CP scheme implemented without any trials or referenda but established successfully and that belongs to the London's government great efforts in time and resources

spent on investigating the applicability of CP also the power of mayor who strongly support the scheme as recognized by Noordegraaf et al. (2014).

1.7 Privacy

The issue of privacy has often been raised as an alarm by the public during consultations on road pricing. In Singapore the issue of privacy was raised and was overcome using the DSRC technology: personal data is not stored on the system and that addressed through a ‘’smart cash card’’ that does not contain user data (Metz, 2018).

However, Hau, (1990) and Gu, et al. (2018) have stated that Hong Kong had ignored the privacy issues that was one of factors made the scheme failed. Also in 2007 London’s police had requested unlimited access to all data collected by the CP camera network there. There will be for sure in case of serious crime. There will be a potential if data collected is misused.

1.8 Fairness and acceptability

There exists a strong relationship between fairness and acceptability. Li et al. (2018) revealed that there are four fair pricing revenue assignment mechanisms corresponding to opportunity fairness, individual value proportional fairness, marginal value proportional fairness, and market fairness. These mechanisms were found to improve public acceptability of pricing aspects in transport through spatial equity considerations. According to (Banker, 1981) pricing strategies should not favor any group over the others because until now, there is not, yet , a strong and consistent evidence that CP is a good idea for all congested cities (Ellisson, 2016;Vanoutrive and Zijlstra, 2018) .

Ellisson (2016) indicated that high-income groups pay more than low-income groups but low-income groups pay a larger share of their income and at the end middle-income groups “win”. A well-designed scheme plan can be less oppressive to low-income users than current applied systems that are based on regressive taxes, such as car registration fees, sales taxes, and the gas tax. Besides, the revenue usage is not tied directly to specific improvement strategy (FHWA, 2016).

1.9 Stakeholders Engagement:

Engaging stakeholders in the CP planning process including those who are physically, economically and socially disadvantaged is necessary. Strengthening regional transportation planning and better integrating it with all stakeholders could potentially increase and support the implementation and effectiveness of sustainable traffic management strategies including CP (Bigazzi and Mohamed, 2018).

Odeck and Kjerkreit (2010) reported that voters with less information and not clear understanding of the scheme will probably tend to vote against it. Transparency represents a key success of CP so it’s unfair to make the public do not know what charges they need to pay.

2. Methodology

A survey using a predesigned questionnaire was the primary source of data through which the acceptability and level of support, of the CP scheme was judged. A total of 600 respondents participated in the survey through on-line and direct interviews. The category scale, dichotomous scale, Likert Scale, Numerical Scale, and Itemized Rating Scales were used in this study. The analysis of the collected data was carried out using the SPSS IBM, the SPSS AMOS (Analysis of Moments Structural Equation Modeling Software) and Excel spreadsheets programs. In particular, CFA, ANOVA, Bivariate and Multivariate Binary Logistic Regression Analysis were performed to assess people’s measured categorical variables levels and level of acceptability of people towards CP.

3. Statistical Analysis Results

3.1 Demographic Characteristics of Respondents

Six hundred participants have completed and returned the questionnaire. The educational level of the respondents was distributed such that most of those (63.7%) were equipped with a university degree, but 27.2% of them had a master degree or higher education. The Households monthly income for the respondents was below JD 500 for most, 42.8%, of them but other incomes above JD 1,000.

The family structure for the respondents showed that 33.5%, were married couples with children, another 4.5% of them were a single parent and most of them (40.7%) were living at home with their parents. Analyzing the employment status of the respondents showed that 25.3% of them were not in workforce, another 2.3% were retired, but most of them (55.5%) were full-time employed.

3.2 Daily Travel Characteristics of Respondents

The daily travel characteristics of the respondents were investigated. These characteristics include access to cars, means of travel, vehicle occupancy and number of daily trips. The results of the investigation are shown in table 1. It can be seen that most of the respondents (52.3%) own one car and 8.2% own more than one car, while 29.5% do not own any car thus have no access to owned car.

The yielded analysis of the means (mode) of daily travel of the respondents showed that the majority of them (66.7%) drove their own cars, 31.2% used public transport with 10.8% car-pooled their cars but only 1.2% use bicycles, motorcycles or walking as a means of travel which are not common among Jordanians.

Table 1. Respondents Daily Travel Characteristics. N=600

	Frequency	**Percentage**
Access to Car		
Does not own a car (no access)	**177**	**29.5**
Shared car	**47**	**7.8**
Own one car	**315**	**52.5**
Own more than one car	**49**	**8.2**
Company car	**12**	**2.0**
Means (mode) of Travel		
Drives own car	**400**	**66.7**
Carpools	**65**	**10.8**
Uses Public Transport	**187**	**31.2**
Cycles/walks	**7**	**1.2**
Vehicle Occupancy		
Only driver	**215**	**35.8**
two people	**161**	**26.8**
Three People with driver inclusive	**224**	**37.3**
Daily Travelled Trips		
One Trip	**150**	**25**
Two Trips	**256**	**42.7**
Three trips or more	**194**	**32.3**

3.3 Socio-Economic Weighted Index

As a variable reduction method, the factor analytical technique was employed to compute the socio-economic index which combines people's education, income, family size, car ownership into one index (Al- Mawajdeh , 2018). This helps us to attain corrected social class index for each individual and to reduce the number of predictors in the

Inferential analysis. It was computed using the structural equation modeling the mean socioeconomic index for the sample was 51.3 points out of a hundred maximum points, SD= 18.7 points. Table 2 shows the categorized values based on three equal ranges that 43.6% of people in the sample had low socioeconomic and educational status, another 31.8 % of the respondents had intermediate socio-economic and educational status, and the rest of them, 24.1%, had high socioeconomic and educational class.

Table 2. Socio Economic Classes

Socio-Economic:	Frequency	Percentage
Low	**260**	**43.3**
Medium	**191**	**31.8**
High	**149**	**24.8**

In addition respondents were asked to rate their level of support of a congestion tax during **all hours** on a support rating likert-like scale (1= Not supportive at all, 5= very supportive) as shown in table 3. The mean support level to all-hour CP was equal to 2.6 out of 5 on the likert-like scale, denoting that people's collective opinion was generally cantered between Not supportive to undecided, the grouped distribution of their responses showed that the majority of them ,73.7%, were unsupportive to all hour CP.

In the same very like, the respondents were asked to rate their support to CP during **only Peak hours**, the mean collective support rating of the respondents was equal to 3.31 out of 5 points, indicating they are collectively between unsure to agreeing on taxing peak hours CP.

However, it was explored whether people's support levels to all hours and peak hours differed significantly, as such the paired-samples t-test was employed and it showed that people had significantly greater support to CP during the Peak hours compared to their support of all hour CP, $t=13.70$, $p<0.001$, denoting they generally were significantly more inclined to support an peak-hours CP on average.

Table 3. Respondents' Level of Support to Congestion Pricing. N=600

Level of support to congestion pricing during All Hours, mean likert (1-5 points)	**Frequency**	**2.61 (1.2)**
Not supporting	**442**	**73.7**
Supporting	**158**	**26.3**
Level of support to congestion pricing during Peak Hours , mean likert (1-5 points)		**3.31 (1.2)**
Not supporting	**269**	**44.8**
Supporting	**331**	**55.2**

The summarised results of table 4 shows that the top important attitude toward CP was people's agreement with whether /not the CP results in " The revenue raised from implementing a CP should be used to improve traffic operation and road infrastructure ", which had a collective mean agreement rating equal to 4.11 out of 5 and a very significant RII equivalence of 82.3% out of hundred maximum points.

Table 4. Attitudes Toward Congestion Pricing, Mean(SD)

The congestion pricing can help reduce traffic congestion. Mean(SD)	**3.49 (1)**
The congestion pricing can help protect the environment by reducing vehicle emissions. Mean(SD)	**3.5 (1)**
The revenue raised from implementing a congestion pricing should be used to improve traffic operation and road infrastructure. Mean(SD)	**4.11 (1.1)**
The congestion pricing is unfair to poorer people.Mean(SD)	**3.84 (1.03)**
The congestion pricing negatively affects the economy because people would travel less frequently.Mean(SD)	**2.96 (0.99)**
The congestion pricing would make me use public transport more often for travelling. Mean(SD)	**2.84 (1.13)**
The congestion pricing would make me seek and use carpooling. Mean(SD)	**3.21 (1.1)**
The congestion pricing would make me travel for shopping or recreation less frequently. Mean(SD)	**3.23 (1.1)**
Working in the areas affected by congestion pricing would be a less attractive option to me	**3.39 (1)**
If Congestion pricing is implemented then I would change the time I travel to avoid paying any charges. Mean(SD)	**3.32 (1.3)**

The next, in terms of relative importance attitude toward CP was the respondents agreement to whether/not „The congestion pricing is unfair to poorer people.", which received a mean collective agreement level by the respondents equal to 3.84 out of 5 likerts points, and a very significant RII index of importance, = 76.7%, highlighting their overall agreement on the contention that CP is unfair to the poor.

3.4 Factorial Analysis of People's Attitudes Toward CP

The Conventional Factor Analysis was also employed to assess the reliability and factorial validity of the nine item scale which measured people's perceptions of the CP. The correlation matrix between the nine measured indicators of attitude to congestion charge (adapted from a study by (Zheng et al, 2014) contained several substantive correlations well above 0.3, and the Kaiser-Meyer-Olkin (K-M-O) Index of sampling adequacy for the factor analysis was found to be significant, K-M-O= 0.8, meaning that our sample size was adequate for the factor analysis, too the determinant factor was equal to 0.250 (which is good for factor analysis if above 0.00001), the Bartlett's test was significanttoo, $\chi 2(36)=834.5$, $p<0.001$, indicating factorability of the items. It wasexpected to find which factor has a significant influence on respondents' support for the charge. Three main domain sub-concepts, i.e. factor and the factor analytic technique supported theintuition; this finding was congruent with those found by Zheng et al, (2014) study.

The nine items were reduced into three main simple, meaningful and intuitive concepts:

(1) Perceived benefits and economic revenue of the CP :
People who score higher on this factor tend to believe more on the benefits of placing CP to environment and road structures.

(2) Perceived personal change of travel due to CP :
People who score higher on this factor tend to believe more changes on their travel habits and practices, like more using public transport, carpooling and less travel to shopping and recreational places where charges are fined.

(3) Perceived unfairness of CP :
People who score higher on this factor tend to believe more in unfairness of the CP to the poor, more avoidance of working in and travelling to congestion charged areas to avoid charges.

This three-factor solution explained a total of 57.51 of the shared variance in the correlation matrix between the nine indicators combined, which is a substantive amount of explained variance. As such it was determined to comprise total sum scores of the three scores via summing the items that correlated to

each parent factor separately and characterized them in the analysis as control predictor independent variables. See table 5.

Table 5. Principal Components Analysis PromaxRotated Pattern Matrix for the Items Measuring People's Opinion on Congestion Pricing.

	Extracted Factors		
	Revenue	**Personal Change**	**Economic Unfairness**
The revenue raised from implementing a congestion pricing should be used to improve traffic operation and road infrastructure.	**.765**		
The congestion pricing can help reduce traffic congestion.	**.754**		
The congestion pricing can help protect the environment by reducing vehicle emissions.	**.713**		
The congestion pricing would make me use public transport more often for travelling.		**.794**	
The congestion pricing would make me seek and use carpooling.		**.695**	
The congestion pricing would make me travel for shopping or recreation less frequently.		**.660**	
The congestion pricing is unfair to poorer people.			**.764**
Working in the areas affected by congestion pricing would be a less attractive option to me			**.666**
The congestion pricing negatively affects the economy because people would travel less frequently.	**-.375**		**.601**
Extraction Method: Principal Component Analysis. a. Rotation converged in 5 iterations.Rotation Method: Promax with Kaiser Normalization.			

3.5 Bivariate Analysis

Bivariate analysis was performed on the responses supporting the Implementation of CP Only During Peak Hours. The statistical association of people's socio demographic, attitudes and travel practice characteristics with their support to Peak-Hours CP was explored. The bivariate analysis using the chi-squared of association and independent group's t-test were employed to explore people's characteristics and attitudes across their support profiles. The yielded results from the statistical analysis are shown in appendix 6.

The results of the analysis showed that males were significantly more inclined to support the CP during peak hours, p=0.055, according to a chi-squared test of association. An independent groups t-test was performed and the yielded resultsshowed that people who were agreeable to the CP during peak hours perceived significantly more **potential benefits and economic revenue** due to CP (M=12.1, SD=1.8) than those who were unsupportive, (M=9.9, SD=2.6), p<0.001. Furthermore, the same test results showed that those who were supportive to a peak-hour CP had significantly greater perceptions of the need to **personal travel change**. (M=9.8, SD=2.3), than those who were unsupportive to peak hours CP, (M=8.64, SD=2.5), p<0.001.

The independent groups t-test showed that people who disagreed the Peak hours CP had significantly greater perceptions of **unfairness of the congestion pricing**, (M=10.50, SD=2.2) than those who were supportive , (M= 9.95, SD=1.95) , p=0.004, on average .

People who agreed to the peak hours CP were found to be significantly more familiar with its rules, importance and use (M=1.96, SD=1.3) than those who disagreed with peak hours CP, (M=1.17, SD=1.1), p=0.008,

An independent groups test showed that people who supported the peak hours CP had significantly greater perceived seriousness of congestion rating within the city (M=4.6, SD= 0.9) than those who do not support peak hours CP (M=4.3, SD=1.11), p=0.009.

The chi-squared test of association was performed and the results revealed that people who were aware of other countries CP scheme were found to agree significantly more with implementing a peak hours CP (p=0.022).

3.6 Multivariate Binary Logistic Regression Analysis

This analysis was also performed on the responses supporting the Implementation of CP Only During Peak Hours. of peoples support to peak hours congestion against people's socio-demographic and economic factors plus their attitudes and driving habits and expectations from the congestions charge was found statistically significant, $\chi 2(15)=183.24$, $p<0.001$, which indicated that one or more of the tested predictor independent variables, table 6., had a significant association with their odds of agreeing with a peak-hour congestion fine.

Table 6. Multivariate Binary Logistic Regression Analysis of the Combined and Individual Association BetweenPeople's Demographic, Attitude and Travel Characteristics with their Odds of AgreeingPeak Hours Congestion pricing

	B	**S.E.**	**Wald**	**Adjusted Odds Ratio**	**95% C.I.for(OR)**		**p-value**
					Lower	**Upper**	
Gender=Female	-.241	.206	1.375	.786	.525	1.176	.241
Age group	-.139	.122	1.297	0.870	.684	1.106	.255
Households Monthly Income	.236	.129	3.369	1.266	.984	1.630	**.066**
Socio-Economic (poverty) Class Index	.004	.007	0.292	1.004	.991	1.017	.589
Perceived Potential Benefits and Economic Revenue Attitude Toward CP	.423	.054	60.642	1.526	1.372	1.698	**.000**
Perceived Personal Travel Change Due to CP	.066	.048	1.833	1.068	0.971	1.174	**.176**
Perceived Unfairness of CP	-.176	.052	11.293	.839	.757	.929	**.001**
Awareness Score with CP	.107	.086	1.562	1.113	.941	1.317	.211
Proposed CP	.305	.092	11.105	1.357	1.134	1.624	**.001**
Perceived decline in Buses Fare (public transport means)	.004	.007	0.371	1.004	.990	1.019	.542
Perceived Rise in Fuel Saving	.001	.008	0.020	1.001	0.986	1.016	**.888**
Access to Car	.100	.115	.760	1.106	.882	1.385	.383
Daily Number of Trips	-.083	.139	0.356	.920	.700	1.209	.551
Vehicle Occupancy	.015	.121	0.015	1.015	.801	1.286	**.902**
Avoidance of Travel to Prevent Charges Perception Score	.130	.087	2.225	1.139	.960	1.351	**.136**
Constant	-4.570	0.958	22.778	.010			.000

Dependent variable = Supports congestion pricing in peak hours only. Model NegelKerke R-squared=35.3%. H-L Goodness-of-Fit $\chi 2(8)=9.60$, p=.0.298, AUC ROC=80.2%.

The model was overall accurate, specific and sensitive with its predictions as evidenced with a statistically Non-significant Hosmer-Lemeshow Goodness-of-Fit $\chi 2(8)=9.60$, and an substantive area

under the ROC , AUC=80.2%, p<0.001, indicating the overall predictive accuracy of the analyzed predictors at explaining people's true agreement with an peak-hours CP.

To Illustrate, the analysis model suggested that people's gender and age did not correlate significantly with their odds of supporting an peak hoursCP proposal, p>0.050, meaning that male and female people in Jordan are maybe equally supportive to a CP during peak hours, well by accounting for the other predictors in the model, however the analysis showed that there were a slight association between people's monthly income and their odds of supportive opinion to peak hours congestion fine, p=0.066, as people income tended to rise their odds of having supportive opinion to peak hours CP tend to rise slightly, above and over the effect of the other predictor variables in the analysis model, see figure 1.

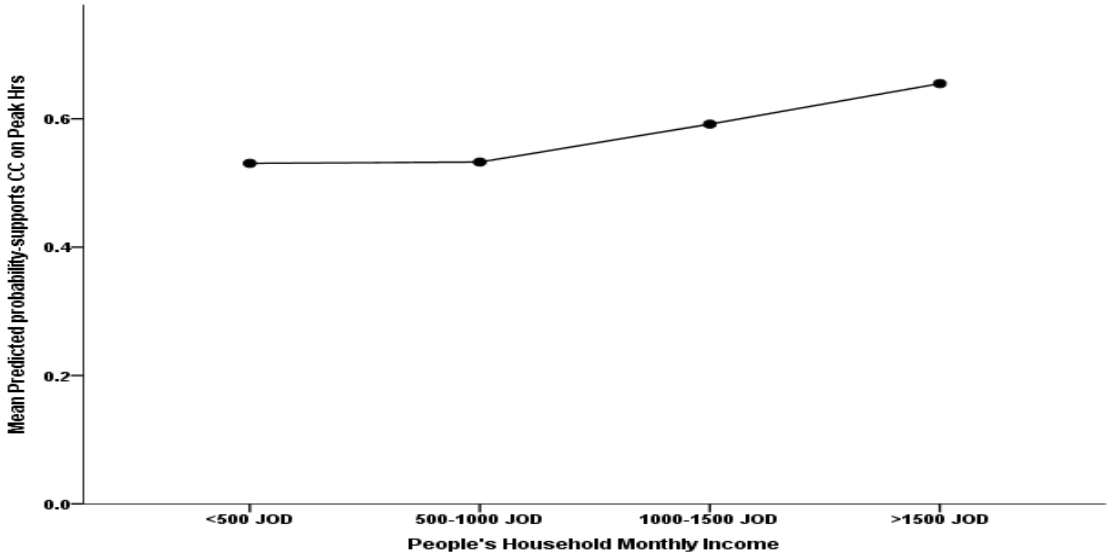


Figure 1. The Association Between People's Monthly Income and their Logistic Regression Analysis Predicted Probability of Supporting Peak Hours CP.

The analysis model also showed that by considering all the other variables in the analysis model as accounted for, people's perceptions of CP potential benefits and economic revenue was found to correlate significantly with their odds of supporting peak-hours CP, p<0.001, as their cumulative density score on the likert-like scale of CP potential benefits and economic revenue tended to rise by a factor equal to one (1) unit their odds of having an agreeable support to peak hour congestion charge tended to rise by a factor equal to (1.53 times more) on average.

Unexpectedly, the analysis yielded results suggested that people's perception of the need for personal travel change did not correlate significantly with their agreeability with peak hours CP, p=0.176, although the odds ratio test showed a slight positive correlation between the personal travel perception and supportiveness of CP, OR=1.068, the effect. However, was not statistically significant though practicably, and maybe managerially, no less important.

Furthermore, the analysis results showed that people's perceptions of unfairness of CP converged significantly, but Negatively, with their supportiveness of CP during peak hours, p=0.001, suggesting that as people's perceived unfairness of the CP tended to rise by 1 unit their predicted supportiveness to peak hours CP tended to decline by a factor equal to an (1-0.0.84) x 100= 16% times less on average, well by controlling for the other factors, or keeping them equal.

Conclusions

The outcome of this study may be summarised as follows:

1) The paired-samples t-test showed that the majority of respondents, (55.0%), support implementing CP system only during **peak-hours** while only (26.3%) of them support its implementation during **all hours** of the day.
2) The personal change in travel, rates of charges, and avoidance of paying the charges found to be correlated significantly with people measured socioeconomic index score and their supportiveness to the peak hours CP based on the Multivariate Logistic Regression analysis results.
3) Perceived benefits and economic revenue of implementing CP were found to have the highest contribution to people's support of the system based on the conventional Factor analysis denoting that implementing a CP in Amman seems to be more appropriate to emphasize the effectiveness on alleviating traffic congestion, protecting the environment and using revenues gained from CP to improve traffic operation (e.g. public transport system) and road infrastructure based on the majority of respondent's.
4) CP will negatively affects the economy, CP's areas will be less attractive working area for them, also it is unfair to poorer people according to the analysis results. However, the implementation of CP will encourage carpooling; in addition, will reduce the frequency travel for shopping and recreation.

References

[1] Levinson, D. - Marion, B. - Owen, A., - Cui, M. : The City is Flatter: Changing Patterns of Job and Labor Access 2017. Cities, 60(Part A), 124–138. https://doi.org/10.10016/j.cities.2016.08.002.

[2] Hysing, E., - Isaksson, K.: Building Acceptance for Congestion Charges–the Swedish Experiences Compared 2015. J. Transp. Geogr, Vol 49, 52-60.

[3] Hensher, D.A., - Li, Z. :Referendum Voting in Road Pricing Reform: a Review of the Evidence 2013. Transp. Policy, Vol 25, 186-197. http://www.jstor.org/stable/40724226.

[4] Börjesson, M., - Kristoffersson, I. : The Swedish congestion charges: Ten years on and effects of increasing charging levels 2018. Transport Economics, Vol 2, 35-51.

[5] Morris E.A. - Hirsch J.A. : Does Rush Hour See a Rush of Emotions? Driver Mood in Conditions Likely to Exhibit Congestion. Travel Behaviour and Society 2016 Vol 5, 5-13.

[6] Ian Wallis associates (IWA): Review of International Road Pricing Initiatives, Previous Reports and Technologies for Demand Management Purposes 2018 Ministry of Transport. https://www.transport.govt.nz.

[7] Börjesson, M. - Eliasson, J. - Hamilton, C. : Why Experience Changes Attitudes to Congestion Pricing: The Case of Gothenburg 2016 Transp. Res. Part A: Policy Practice, Vol 85, 1-16.

[8] Eriksson, L. - Garvill, J. - Nordlund, A. M. : Acceptability of Travel Demand Management Measures: The Importance of Problem Awareness, Personal Norm, Freedom, and Fairness. Journal of Environmental Psychology 2006 Vol 26, 15-26. Available online 14 July 2006.

[9] Metz, M. : Tackling Urban Traffic Congestion: The Experience of London, Stockholm and Singapore .Transport Policy. In Press, Corrected Proof. What are Corrected Proof articles? Available online 15 June 2018.

[10] Gu, Z. - Liu, Z. - Cheng, Q. - Saberi, M. : Congestion Pricing Practices and Public Acceptance: A Review of Evidence. Case Studies on Transport Policy 2018 Vol 6(1), 94-101.

[11] Noordegraaf, D.V. - Annema, J.A. - Wee, B. : Policy Implementation Lessons from Six Road Pricing Cases.Transportation Research Part A: Policy and Practice 2014 Vol 59, 172-191.

[12] Federal Highway Administration (FHWA): Congestion Pricing A Primer, Retrieved February 22, 2017 from U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration from website: https://ops.fhwa.dot.gov/publications/congestionpricing/congestionpricing.pdf.

[13] Hau, T.D. : Electronic Road Pricing: Developments in Hong Kong 1983–1989. J. Transp. Econ. Policy, 1990 pp. 203-214.

[14] Banker, R. D. : Equity Considerations in Traditional Full Cost AIiocation Practices: an Axiomatic Perspective, in: S. Moriarity, ed., Joint Cost Allocations. Norman, OK: University of Oklahoma 1981.

[15] Eliasson, J. : Is Congestion Pricing Fair? Consumer and Citizen Perspectives on Equity Effects.Transport Policy 2016 Vol 52, 1-15. http://www.journals.elsevier.com/transport-policy/doi: 10.1016/j.tranpol.2016.06.009.
[16] Vanoutrive, T. - Zijlstra, T. : Who Has the Right to Travel During Peak Hours? On congestion pricing and 'desirable' travellers 2018 Vol 63, 98-107.
[17] Bigazzi, - Mohamed; Motivation and Implementation of Traffic Management Strategies to Reduce Motor Vehicle Emissions in Canadian Cities.Engineering 2018 Vol 45 (4), 241-247.
[18] Odeck, J. - Kjerkreit, A.: Evidence on Users' Attitudes TowardsRoad User Charges-a cross-sectional Survey of Six Norwegian Toll Schemes. Transport Policy 2010 Vol 17 (6), 349-358.
[19] Al- Mawajdeh, G.: Urban Traffic Demand Management through Congestion Pricing (CP) (Master's thesis). 2018. University of Jordan, Amman,Jordan.
Zheng, Z. - Liu, Z. - Liu, C. - shiwakoti, N.: Understanding Public Response to a Congestion Charge: A Random-EffectsOrdered Logit Approach. Transportation Research Part A 2014 Vol 8 (4), 2336-2355.

Utasok tevékenységei a budapesti metrón csúcsidőszakban

Dr. Munkácsy András - Strommer Tamás

Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont, Közlekedésmenedzsment Osztály
e-mail: munkacsy.andras@kti.hu, strommer.tamas@kti.hu

Kivonat: Az utazás közbeni tevékenységek kapcsán végzett kutatásaink részeként felmérést végeztünk a budapesti M2 és M4 metróvonalon 2019. júniusában. A strukturált megfigyelés az utasok (nem, korcsoport) és az utazás jellemzőire (utazás időpontja, utazási idő, zsúfoltság), valamint az utazás közbeni tevékenységekre (ideértve a tevékenység folytonosságát is) terjedt ki. Az adatfelvétel csúcsidőben, a vonalak teljes hosszán zajlott, a megfigyelt személyek száma 1029. A poszter-előadás jelen szerkesztett változata a minta megfigyelt jellemzők szerinti statisztikai elemzése és az egyes jellemzők közötti kapcsolatok vizsgálata alapján az adatfelvétel eredményeit ismerteti.

Kulcsszavak: utazás közbeni tevékenységek, travel-based multitasking, strukturált megfigyelés, metró, utazási jellemzők

Bevezetés

A legújabb trendek, különösen a mobileszközök elterjedése, a nagysebességű mobilinternet széleskörű elérhetősége és a közforgalmú közlekedés általánosan javuló szolgáltatási szintje *megváltoztatta az utazási idő megítélését* [1–5]. Az utazás, mint elvesztegetett idő helyett manapság egyre kiterjedtebb irodalom mutat fel eredményeket *az utazási idő utasok, munkáltatók valamint a gazdaság szempontjából tekintett hasznossága, értéke mellett* [6–9]. Az utazás közbeni tevékenységek – ezeket az angol nyelvű szakirodalomban a legtöbb esetben a *travel-based multitasking* összefoglaló névvel illetik – vizsgálata a legújabb kutatások visszatérő témája, hiszen az utazási szokások és a módválasztás mélyebb megértése, valamint a (közforgalmú) közlekedés fejlesztése különösen a városi és elővárosi területek ingaforgalmánál elsődleges fontosságú. (Ezen megállapításokat teljes mértékben alátámasztja Keserű és munkatársainak hiánypótló tanulmánya [10], mely az utazás közbeni tevékenységek témaköréből foglalja össze a fontosabb eredményeket.)

A Közlekedéstudományi Intézet utazás közbeni tevékenységek kapcsán végzett kutatásainak részeként [11] 2019. júniusában felmérést végeztünk a budapesti M2 és M4 metróvonalakon. Az elvégzett strukturált megfigyelések köre az utasok (nem, korcsoport) és az utazás jellemzőire (utazás időpontja, utazási idő, zsúfoltság), valamint az utazás közbeni tevékenységekre (ideértve a használt eszközöket és a tevékenység folytonosságát is) terjedt ki. Poszter-előadásunkban és jelen cikkünkben a több mint ezer utas megfigyelésének eredményeit, az adatok statisztikai elemzésének módszerét, valamint a feldolgozásból nyert eredményeket mutatjuk be.

Csatlakozva a bővülő szakirodalomhoz, jelen kutatási eredmények egyfelől feltárják a hazai utazási szokások egy korábban kevéssé vizsgált kérdését (azaz mit csinálnak az emberek *utazás közben*), valamint hozzájárulnak a témakör még külföldön is kevéssé feltárt területéhez (azaz mit csinálnak az emberek *csúcsidei* utazás közben). A kutatás eredményei tágabb értelemben többek között a foglalkoztatás és utazás összefüggéseinek vizsgálata (pl. a munkaidő elszámolásának lehetősége), a járművek jövőbeli tervezésének irányainak kijelölése [12–15], de akár a közforgalmú közlekedésben az utazás és várakozás közben biztosított szolgáltatások megtervezése (pl. a munkával kapcsolatos tevékenységek elősegítése) [16, 17] kapcsán is relevánsak lehetnek.

1. Az utazás közbeni tevékenységek korábbi vizsgálata

Az utazás közben végezhető tevékenységek köre rendkívüli módon kibővült az elmúlt két évtized során. Ezt leginkább a technika fejlődése, az életmód, illetve az utazási szokások jelentős változása okozta, részletesen ld. Keserű és mtsai. [10] 2000 utáni kutatásokat összefoglaló munkáját. A szakirodalmi eredmények alapján célszerű megkülönböztetni azokat a vizsgálatokat, melyek kizárólag kvalitatív jellemzők (interjúk elemzése, szóbeli kikérdezések stb.) segítségével közelítik meg a tevékenységeket, és azokat a tanulmányokat – ezek a vizsgálatok egyértelmű többségben vannak –, melyekben már túlnyomórészt a

kvantitatív elemzések és vizsgálatok jelentik a kutatás módszertanának alapját. A kvantitatív vizsgálatok mérések, kérdőívek (*stated preference*) vagy megfigyelések és egyéb, az utazói döntéseket vizsgáló módszerek (*revealed preference*) felhasználásával elemzik az utazás közbeni tevékenységeket – természetesen változatos célok érdekében és változó szempontrendszer szerint. Ilyen módon elemezhető például az utaselégedettség [13, 16–20], az utazási idő értéke és annak változása [9, 14, 21–25], de természetesen a tevékenységek típusai és járműveken belül tapasztalható részaránya is fontos információforrás lehet például jármű-, utazás- vagy szolgáltatástervezés esetén [26–28].

Vizsgálatunk az utóbbi tanulmányok köréhez csatlakozik azzal, hogy a budapesti metróhálózaton megfigyelések alapján vizsgálja az utasok által végzett tevékenységek összetételét és jellemzőit, valamint a tevékenységek összefüggéseit az utasok demográfiai jellemzőivel és az utazások sajátosságaival.

2. A strukturális megfigyelés bemutatása

Vizsgálatunk során a budapesti metróhálózat két vonalát, *az M2 és M4 vonalakat vontuk be a felmérésbe*. Az M2 és M4 vonalak az adatgyűjtés idején felújítás alatt álló M3 után a második és harmadik legforgalmasabb nehézmetró-vonalai a budapesti hálózatnak. A megvizsgált metróvonalakon jelenleg teljes hosszukban átjárható, műszaki szempontból egymással gyakorlatilag megegyező öt- illetve négykocsis Alstom gyártmányú szerelvények közlekednek csúcsidőben mindössze kétperces vonatkövetési idővel. Az M2 vonalon 11 állomás található, a teljes menetidő 18 perc. Az M4 vonalon 10 állomás található, a teljes menetidő 14 perc.

A *vizsgálatunk 1029 megfigyelés alapján készült*. A felméréseket a 2019. június 7–20. közötti hétköznapokon, *a reggeli és a délutáni csúcsidőben bonyolítottuk le*: délelőtt 7–11 (22,2%) és délután 15–18 óra között (77,8%). A vizsgálat a vonalak teljes hosszára kiterjedt, de nem a vonatok minden utasára.

A megfigyelés jelen esetben azt jelenti, hogy az adatgyűjtést végző személy a megfigyelt személy tevékenységét ránézés alapján meghatározza, majd rögzíti az utazás közbeni tevékenység formáját és típusát. Mivel a mérés korlátai miatt nem volt lehetőségünk a megfigyelt személyek részletesebb eredményeket is biztosító kikérdezésére, ezért a tevékenységeket csak olyan részletességgel vizsgáltuk, ahogy azokat egy külső szemlélő rátekintés alapján szinte teljes bizonyossággal meg tudja határozni. E módszer használatával például *a mobileszközt használó* utas esetében az ismertebb mobilalkalmazások (pl. chat- vagy e-mail applikációk) felismerése alapján meg lehet határozni a tevékenységének pontosabb jellegét (azaz *chatel, e-mailt olvas*), ám további részletekbe menő kikérdezés nélkül nem lehet megállapítani, hogy pl. *privát vagy munkahelyi üzeneteket, e-maileket olvas-e* a megfigyelt utas.

A megfigyelések részletesebb elemzésére lehetőséget biztosított, hogy az utazás közbeni tevékenységek mellett a felmérő személyzet rögzítette *a viszonylatot, a megfigyelés időpontját, a megfigyelt személy nemét, vélelmezett korcsoportját* (ötéves pontossággal)*, az utazás időtartamát, valamint a megfigyelő személy által tapasztalt zsúfoltság szintjét* is. A részletes elemzésekhez a vizsgált tevékenységek tevékenységcsoportokba lettek besorolva, ld. 1. táblázat.

1. táblázat: Az adatfelvételnél vizsgált tevékenységek és az értékeléshez használt tevékenységcsoportok összerendelése
Forrás: saját szerkesztés

Vizsgált tevékenység	Tevékenységcsoport
E-mail olvasás	*Munkához kapcsolódó tevékenységek*
Munkavégzés	
Tanulás	*Tanulás*
Napilap olvasás	*Olvasás*
Könyv olvasás (e-book olvasó használata)	
Ingyenes kiadványok olvasása	
Zenehallgatás	*Zene- vagy rádióhallgatás*
Utazástervezés	*Online böngészés, játék, videózás (mobiltelefonon, egyéb okoseszközön)*
Videózás	
Játék	
Böngészőhasználat	

Vizsgált tevékenység	Tevékenységcsoport
Beszélgetés az utastársakkal	*Beszélgetés az utastársakkal*
Chatprogram használata	*Telefonálás, üzenetírás*
Közösségi média használata	
Telefonálás, SMS írás	
Evés, ivás	*Evés, ivás*
Semmittevés	*Pihenés, alvás, semmittevés*
Pihenés	
Nézelődés	
Gyerekgondozás	*Egyéb*
Egyéb	

Mivel a vizsgálataink során a szakirodalom által is gyakran alkalmazott tevékenységcsoportok alapján rendeltük össze az egymással kapcsolódó tevékenységeket, az eredményeink további vizsgálatok elvégzése után is egyszerűen összevethetőek lesznek a szakirodalmi eredményekkel. Ráadásul azzal, hogy a hasonló tevékenységek közös tevékenységcsoportba kerültek besorolásra, a mérési hibából (pl. a tévesen azonosított tevékenységekből) eredő hibák hatása a tevékenységcsoportok szintjén már egyértelműen csökkenthető.

Az adatfelvétel eredményeinek feldolgozása, majd az utazás közbeni tevékenységek egységes felosztása után megvizsgáltuk, hogy a tevékenységek és a tevékenységcsoportok, illetve a megfigyelt utasok tulajdonságai, valamint az utazások jellemzői között milyen kapcsolat állhat fenn. Vizsgáltuk azt a kérdést is, hogy az utasok az utazásuk során végeznek-e egynél több tevékenységet is, vagyis a *multitasking*[1] mint időszervezési módszer milyen mértékben jelenik meg a csúcsidőben utazóknál, esetleg tapasztalható-e összefüggés a tevékenységek száma és az életkor között. Az eredményeket jelen cikk elemi statisztikai elemzés keretében ismerteti.

3. Eredmények

Az alábbiakban az eredményeket különböző szempontból ismertetjük: nem, életkor, utazási idő; zsúfoltsági viszonyok; aszerint, hogy a tevékenység online vagy offline végezhető-e; végül pedig az utas által végzett különböző tevékenységek száma szerint.

3.1 Utazás közbeni tevékenységek vizsgálata demográfiai és utazási jellemzők szerint

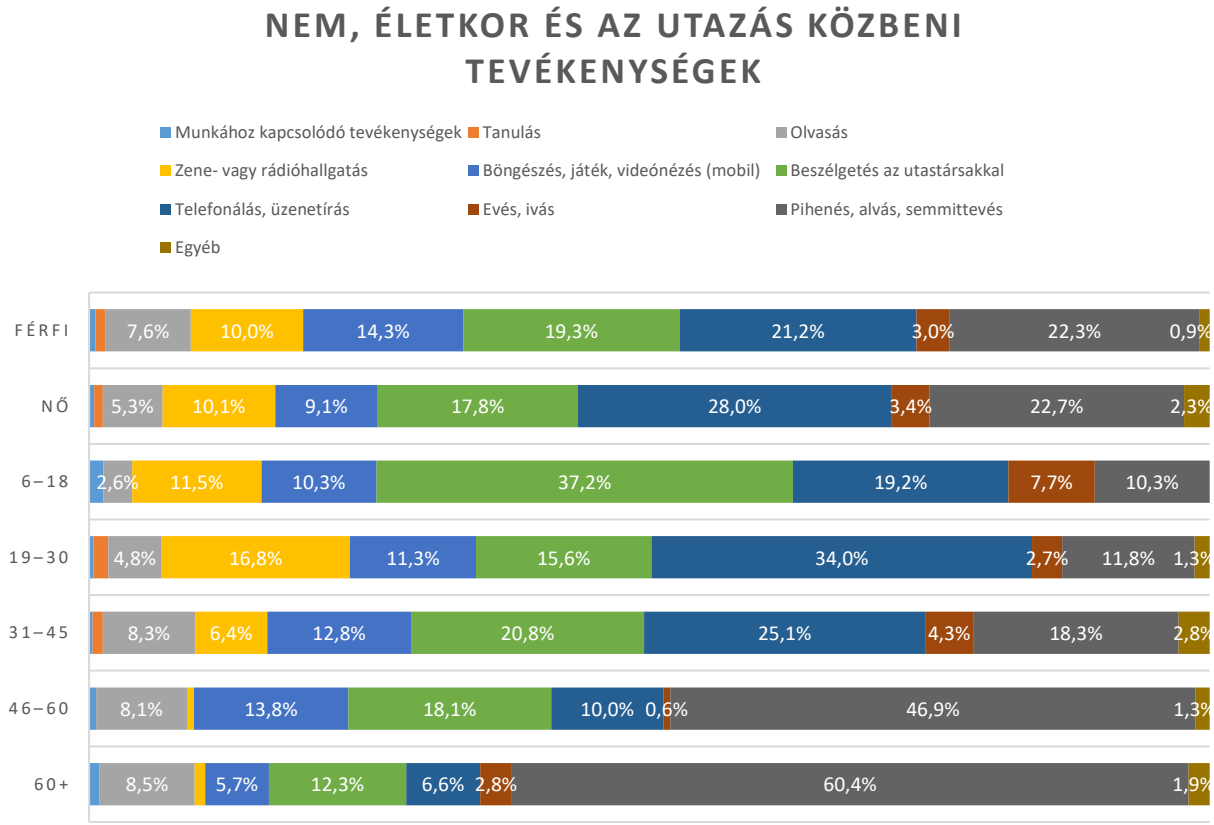
Az utazás közbeni tevékenységcsoportok részarányait az utasok neme és életkora alapján az 1. ábra mutatja be. Bár a nemek között nem tapasztalhatunk komoly eltéréseket, az eredményekből kiolvasható, hogy a nők a férfiakénál jelentősen nagyobb arányban telefonálnak és írnak üzeneteket a metrón (közel 7 százalékpont különbség), a férfiak körében pedig jellemzőbb elfoglaltság az olvasás, az internetböngészés, játék elektronikus eszközön, a videónézés, valamint a beszélgetés az utastársakkal.

A korcsoportokat vizsgálva általánosan megfigyelhető tendencia, hogy az életkor előrehaladásával az olvasással, valamint az alvással, pihenéssel és semmittevéssel töltött utazások részaránya folyamatosan növekszik. Ezzel ellentétes irányban változik az utazás közben intézett telefonálás és üzenetírás, a zene- és rádióhallgatás, valamint az utastársakkal beszélgetés részaránya; a mobileszközök használatát igénylő tevékenységek hányada pedig nagyjából állandó (csak a 60 év feletti korosztály esetén figyelhető meg jelentősebb visszaesés), a többi tevékenység (tanulás, gyerekgondozás) részaránya pedig a teljes mintát tekintve gyakorlatilag elhanyagolható.

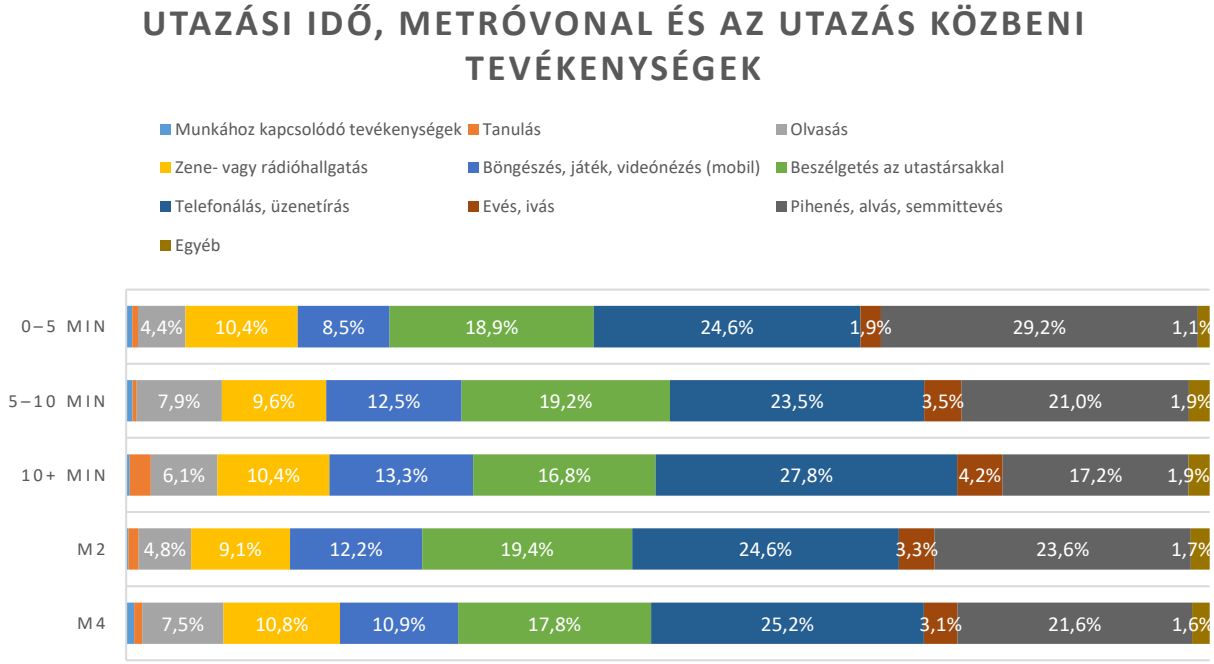
Az eredmények arra utalnak, hogy a nemek szerinti megoszlásnál a nők nagyobb arányban alkalmazzák a mobiltelefonon keresztül zajló és az írásbeli kommunikációt, a férfiak esetében pedig a (személyes) szóbeli kommunikáció, az olvasás és a műszaki eszközök nagyobb arányú használata jellemző. Az életkor szerinti bontás alapján meg lehet állapítani, hogy *az idősebb korosztályok kevésbé élnek a műszaki eszközök adta lehetőségekkel*, de az egyéb figyelmet igénylő tevékenységek (evés, ivás, beszélgetés, zene- és

[1] Érdemes emlékeztetni rá, hogy a fent bevezetett *travel-based multitasking* fogalma az utazás közben végzett tevékenységekre vonatkozik, függetlenül azok számától – ez esetben tehát maga az utazás is tevékenység. Jelen esetben a *multitasking* arra utal, hogy az utas az utazás során egynél több (párhuzamos, egymás követő vagy váltogatott) tevékenységet végez. Részletesebb összefüggéseket, magyarázatokat és módszertant lásd Munkácsy és mtsai. [11] cikkében.

rádióhallgatás) szempontjából is kevésbé aktívak: a 60 év feletti korosztályt tekintve ötből három utas csak utazik, fő tevékenysége a pihenés, semmittevés.



1. ábra: Az utazás közben végzett tevékenységek megoszlása nem és életkor szerint
Forrás: saját szerkesztés



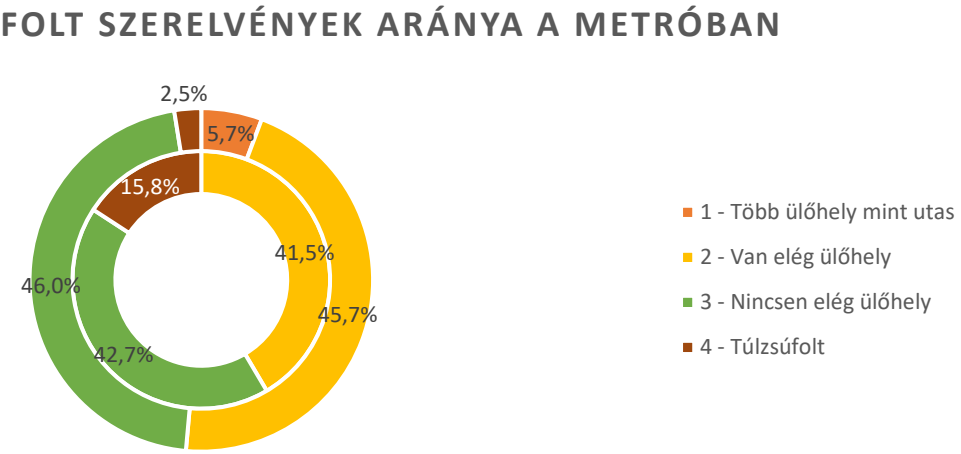
2. ábra: Az utazás közben végzett tevékenységek megoszlása utazási idő és metróvonalak szerint
Forrás: saját szerkesztés

Az utazások ideje alapján vizsgált tevékenységek megoszlása egyértelmű eredményt ad: minél rövidebb az utazás, annál kevésbé végeznek „aktív” tevékenységeket az utasok – azaz rövidebb utazásoknál nagyobb a „csak utazók” aránya elsősorban az internetet böngésző, az utazás idejét játékkal töltő és az olvasó utasok vonatkozásában, a többi tevékenység részaránya közel állandó marad, vagy éppen növekszik, lásd a 2. ábra bemutatott eredményeit.

A metróvonalak esetében nem tapasztalhatók jelentős különbségek az utasok tevékenységei között.

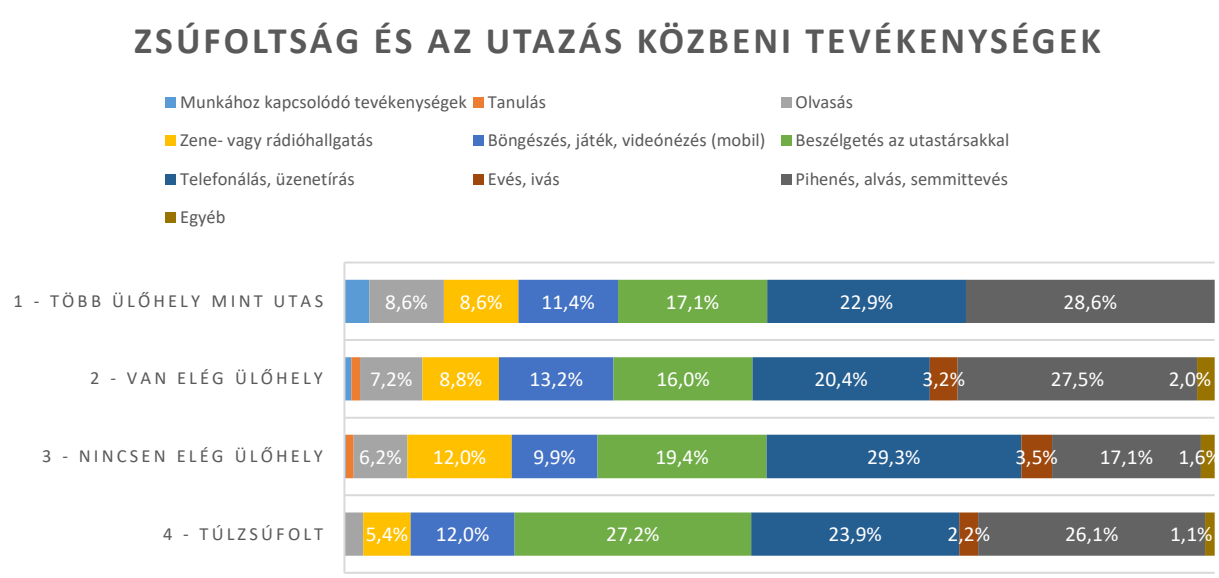
3.2 Utazás közbeni tevékenységek vizsgálata zsúfoltsági jellemzők szerint

Az előző pont utolsó gondolatához kapcsolódva érdemes kiemelni, hogy az M2 metróvonalon jelentősen nagyobb a zsúfolt szerelvényekben utazók aránya (ld. 3. ábra), így közvetve ezzel is kapcsolatba hozható az arányaiban csökkenő olvasás, zenehallgatás, valamint a böngészés, játék, videózás jelentősége (vö. a jelen megállapításokat a 4. ábra diagramján bemutatott eredményekkel is).



3. ábra: A mérések eredményei alapján jelentősen nagyobb a zsúfolt szerelvények aránya az M2 vonalon
Forrás: saját szerkesztés

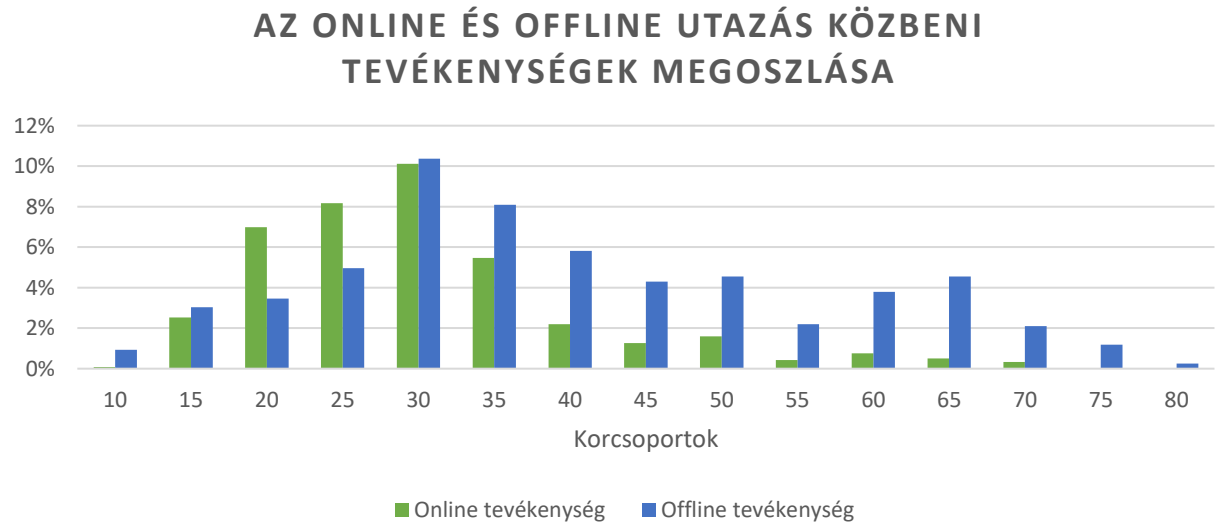
A zsúfoltság értelemszerűen jelentősen befolyásolhatja az utazás megítélését [29–31], és ezen keresztül természetesen azt is, hogy az utas milyen tevékenységeket végez – vagy tud elvégezni – utazása közben. A zsúfoltság szintjei szerint felosztott utazás közbeni tevékenységek részarányait a 4. ábra szemlélteti. Az adatgyűjtés eredményeiből az derült ki, hogy az egyetlen jelentős – és közel monoton – tendencia a beszélgető utasok arányának növekedése. Ezt a változást az okozhatja, hogy a többi tevékenység jellemzően egyéb eszközök (valamilyen okoseszköz, mobiltelefon, könyv stb.) használatát igényli, ezek pedig zsúfolt körülmények között sokkal nehezebben, kényelmetlenül használhatók.



4. ábra: Az utazás közben végzett tevékenységek zsúfoltság szerint felosztott csoportokban mérhető megoszlása
Forrás: saját szerkesztés

3.3 Online és offline tevékenységek elemzése

A tevékenységek további bontásához létrehoztuk az „online" és „offline" tevékenységek körét. Ez a felosztás azt veszi figyelembe, hogy a tevékenység műveléséhez szüksége van-e az utasnak internetelérésre. Ilyen értelemben az offline tevékenységek közé tartozik a telefonálás, SMS írás, de a chatelés, a közösségi média használata már értelemszerűen nem.

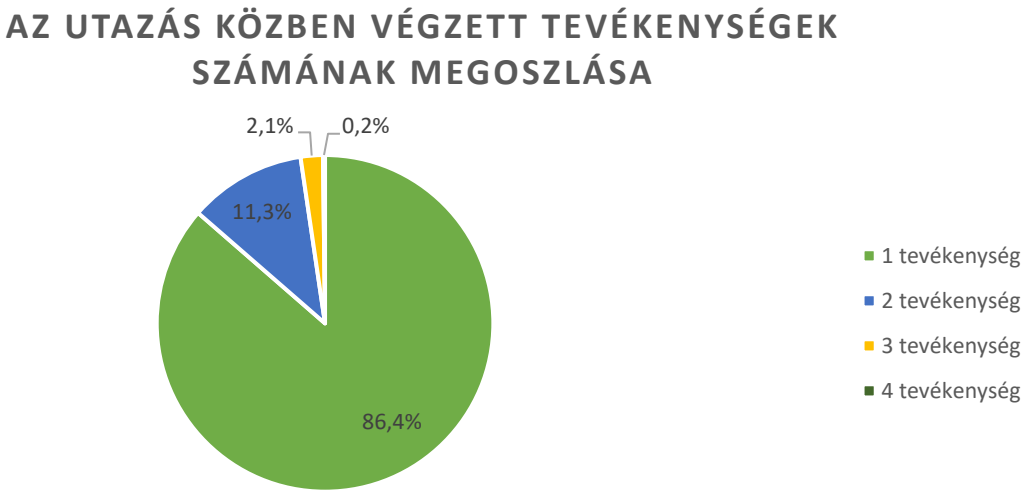


5. ábra: Az egyes korcsoportokban megfigyelt utazás közbeni tevékenységek aránya az összes megfigyelt tevékenység százalékában
Forrás: saját szerkesztés

Az eredményekből (5. ábra) kitűnik, hogy az online és offline tevékenységek életkor szerinti megoszlása egészen más lefolyású: az online tevékenységek aránya 35-40 éves kor körül jelentősen lecsökken, 50 év felett pedig gyakorlatilag eltűnik. Viszont az offline tevékenységek aránya az összes korcsoportban jelentős, nincsen olyan drasztikus visszaesés egyik korosztályban sem (a legfiatalabb és legidősebb utascsoportoknál a kis mintaszám miatt alig jelennek meg az utazás közbeni tevékenységek). *Az eredményekből az a következtetés vonható le, hogy az okoseszközöket utazás közben jellemzően a fiatalabb és a középkorú utasok használják, az idősebb korosztályoknál már sokkal inkább az offline tevékenységek, a pihenés illetve a semmittevés dominál.*

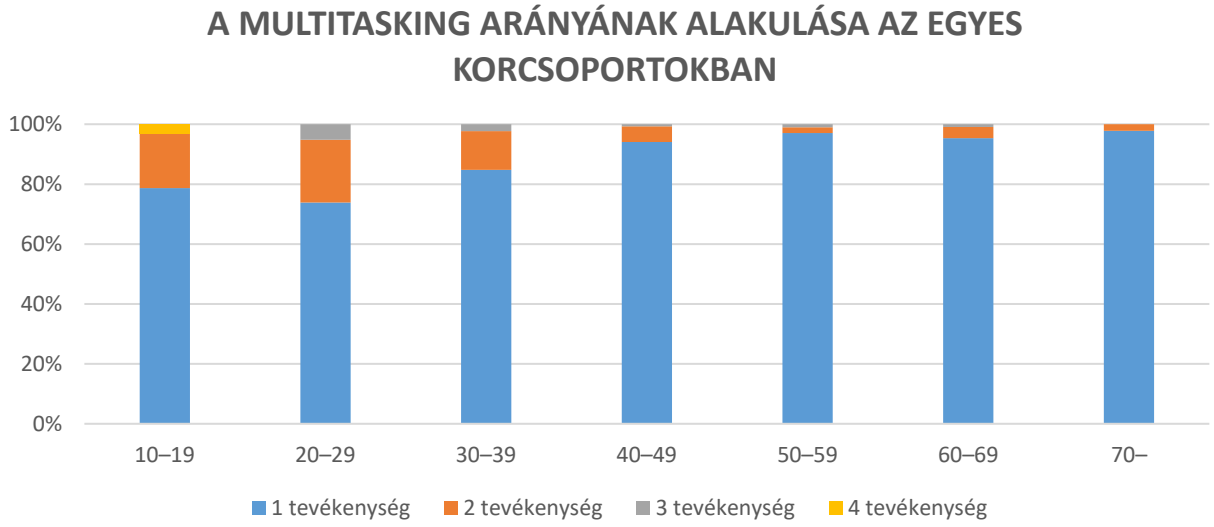
3.4 Az utazás közbeni tevékenységek száma

A kutatás külön kitért arra a kérdésre is, hogy milyen módon és mértékben jelenik meg a csúcsidőben utazóknál a multitasking mint *munkamódszer* vagy *időszervezési alapelv* – azaz mennyire jellemző (az utazás mellett) a második, harmadik stb. tevékenység a mintában.



6. ábra: Az M2 és M4 metróvonalakon megfigyelt utazás közbeni tevékenységek számának megoszlása
Forrás: saját szerkesztés

A 6. ábra diagramján szemléltetett eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy az utazás mellett a legtöbb utas (86,4%) mindösszesen egy tevékenységet végzett utazása során (ideértve természetesen a pihenést, „semmittevést" is, vagyis azt az esetet is, amikor az utas látszólag nem végez tevékenységet). Az utasok 11,3%-a párhuzamosan vagy egymáshoz képest elcsúsztatva két, további 2,3% pedig kettőnél több tevékenységet is végzett a megfigyelt utazása során.



7. ábra: A multitasking arányának életkor szerinti alakulása
Forrás: saját szerkesztés

A 7. ábra azt szemlélteti, hogy bár minden korosztályban előfordul, hogy az utasok egynél több tevékenységet végeznek az utazásuk során, ám ez csak a 40 év alattiaknál fordul elő jelentős (10%-ot meghaladó) arányban, 50 év felett pedig a multitasking részaránya gyakorlatilag elhanyagolható.

Összefoglaló gondolatok

A cikkben két budapesti metróvonal csúcsidei utasainak megfigyelések alapján meghatározott utazás közbeni tevékenységeit mutattuk be. Az eredmények arra utalnak – ami előzetesen is várható volt –, hogy az életkor és a zsúfoltság növekedésével, valamint az utazási idő csökkenésével jelentősen visszaesik az utazás közben végzett aktív munka, az eszközhasználat és szinte az összes tevékenység aránya – vagyis a semmittevés dominál –, és alig jellemző az egynél több tevékenység végzése. Az eredmények azt is bemutatták, hogy a nemek közötti különbségek nem jelentősek: bár az is kijelenthető, hogy a nők esetében jellemzőbb az offline mobileszközzel megvalósított kommunikáció, a férfiak esetében pedig az olvasás és az online mobileszköz-használat.

Az utazási idő rövidsége mindkét metróvonal esetében adottság, ami értelemszerűen behatárolja egyes tevékenységek megvalósíthatóságát. Hasonlóképp korlátozó körülménynek tűnik a zsúfoltság, ez azonban a szolgáltatás megrendelője által, elsősorban a követési idő csökkentésével (vagyis járműbeszerzéssel, a kapcsolódó biztosítóberendezések és vezérlőszoftverek fejlesztésével stb.) kezelhető probléma. A zsúfoltsággal összefüggésben nő az álló utasok (ebben a vizsgálatban egyébként fel nem tárt) száma és aránya; felvetődik a kérdés, hogy csökkenthetők-e az álló utazás közben végezhető tevékenységek korlátai, pl. kiváltható-e a kézben tartott mobileszköz. Ezt már csak azért is érdemes végiggondolni, mert bár a fenti eredmények szerint az online tevékenységek (chatelés, internetböngészés stb.) aránya 40 éves kor felett jelentősen visszaesik, a jövőben várható, hogy a (jelenleg) felnőttkorúak az időskorba lépve is mobileszköz-használók maradnak. Mindez a járművek belső kialakítását is érintheti, például szükségessé válhat mobileszköz-tartók alkalmazása.

A jövőbeli kutatási irányok sokrétűek lehetnek, ezek közül jelen kutatás kapcsán kettőt emelünk ki: egyfelől célszerű lenne az eredményeket idősoros vizsgálatokkal bővíteni, másfelől az utasok utazás közbeni tevékenységekkel kapcsolatos elvárásait, attitűdjeit részletesen is megvizsgálni.

Irodalomjegyzék

[1] Lee, S., Kim, G. C., Wu, S. K., Oh, J., 2019, Influence of ICT on Public Transport Use and Behaviour in Seoul, 2019/02, Korea Transport Institute, Paris.

[2] Goodwin, P., 2019, The Influence of Technologies and Lifestyle on the Value of Time, 2019/03, Paris, France.

[3] Line, T., Jain, J., Lyons, G., 2011, "The Role of ICTs in Everyday Mobile Lives," Journal of Transport Geography, 19(6), pp. 1490–1499.

[4] Gripsrud, M., Hjorthol, R., 2012, "Working on the Train: From 'Dead Time' to Productive and Vital Time," Transportation, 39(5), pp. 941–956.

[5] Yosritzal, 2014, "An Investigation into the Role of Technology in Influencing the Perception and Value of Travel Time by Rail," Thesis, Newcastle University.

[6] de Jong, G., Kouwenhoven, M., 2018, "Productive Use of Travel Time, Values of Time and Reliability in The Netherlands."

[7] Fosgerau, M., 2018, "Automation and Value of Time for Passenger Transportation."

[8] Fosgerau, M., 2018, Automation and the Value of Time in Passenger Transport, 2019/10, Paris, France.

[9] Keserű, I., Bulckaen, J., Macharis, C., Minnen, J., Glorieux, I., van Tienoven, P. T., 2015, "Is Travel Time Wasted? Evidence from a Time Use Survey in Flanders, Belgium," Windsor, United Kingdom.

[10] Keserű, I., Macharis, C., 2018, "Travel-Based Multitasking: Review of the Empirical Evidence," Transport Reviews, 38(2), pp. 162–183.

[11] Munkácsy, A., Siska, M., Albert, G., Keserű, I., 2019, "Az utazás közbeni tevékenységek a közforgalmú közlekedésben," Közlekedéstudományi Konferencia, Széchenyi István Egyetem, Közlekedéstudományi Egyesület, Győr.

[12] Khan, M. S., Sundstrom, J., 2007, "Effects of Vibration on Sedentary Activities in Passenger Trains," Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 26(1), pp. 43–55.

[13] Mokhtarian, P. L., Papon, F., Goulard, M., Diana, M., 2015, "What Makes Travel Pleasant and/or Tiring? An Investigation Based on the French National Travel Survey," Transportation, 42(6), pp. 1103–1128.

[14] Clayton, W., 2012, "Bus Tales: Travel-Time Use, Technologies, and Journey Experiences on the Bus."

[15] Clayton, W., Jain, J., Parkhurst, G., 2016, "An Ideal Journey: Making Bus Travel Desirable," Mobilities, 12(5), pp. 706–725.

[16] Connolly, D., Caulfield, B., O'Mahony, M., 2009, "Rail Passengers' Preferences for On-Board Wi-Fi Internet Access," Washington D.C., p. 12.

[17] Groenesteijn, L., Hiemstra-van Mastrigt, S., Gallais, C., Blok, M., Kuijt-Evers, L., Vink, P., 2014, "Activities, Postures and Comfort Perception of Train Passengers as Input for Train Seat Design," Ergonomics, 57(8), pp. 1154–1165.

[18] Ettema, D., Friman, M., Gärling, T., Olsson, L. E., Fujii, S., 2012, "How In-Vehicle Activities Affect Work Commuters' Satisfaction with Public Transport," Journal of Transport Geography, 24, pp. 215–222.

[19] Rasouli, S., Timmermans, H., 2014, "Judgments of Travel Experiences, Activity Envelopes, Trip Features and Multi-Tasking: A Panel Effects Regression Model Specification," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 63, pp. 67–75.

[20] Lyons, G., Jain, J., Weir, I., 2016, "Changing Times – A Decade of Empirical Insight into the Experience of Rail Passengers in Great Britain," Journal of Transport Geography, 57, pp. 94–104.

[21] Ettema, D., Verschuren, L., 2007, "Multitasking and Value of Travel Time Savings," Transportation Research Record, 2010(1), pp. 19–25.

[22] Fickling, R., Gunn, H., Kirby, H. R., Bradley, M., Heywood, C., 2009, Productive Use of Travel Time and Working Time Savings for Rail Business Travellers, DfTRNN/0129/2007.

[23] Fickling, R., Gunn, H., Kirby, H., Bradley, M., Heywood, C., 2008, "The Productive Use of Rail Travel Time and Value of Travel Time Saving for Travellers in the Course of Work," Proceedings of the European Transport Conference 2008, Noordwijkerhout, Netherlands, p. 15.

[24] Susilo, Y. O., Lyons, G., Jain, J., Atkins, S., 2012, "Rail Passengers' Time Use and Utility Assessment: 2010 Findings from Great Britain with Multivariate Analysis," Transportation Research Record, 2323(1), pp. 99–109.

[25] Lyons, G., Urry, J., 2005, "Travel Time Use in the Information Age," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39(2–3), pp. 257–276.

[26] Frei, C., Mahmassani, H. S., Frei, A., 2015, "Making Time Count: Traveler Activity Engagement on Urban Transit," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 76, pp. 58–70.

[27] Vilhelmson, B., Thulin, E., Fahlén, D., 2011, "ICTs and Activities on the Move? People's Use of Time While Traveling by Public Transportation," Engineering Earth, S.D. Brunn, ed., N, pp. 145–154.

[28] Wardman, M., Lyons, G., 2016, "The Digital Revolution and Worthwhile Use of Travel Time: Implications for Appraisal and Forecasting," Transportation, 43(3), pp. 507–530.

[29] Hörcher, D., Graham, D. J., Anderson, R. J., 2017, "Crowding Cost Estimation with Large Scale Smart Card and Vehicle Location Data," Transportation Research Part B: Methodological, 95, pp. 105–125.

[30] Tirachini, A., Hensher, D. A., Rose, J. M., 2013, "Crowding in Public Transport Systems: Effects on Users, Operation and Implications for the Estimation of Demand," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 53, pp. 36–52.

[31] Tirachini, A., Hurtubia, R., Dekker, T., Daziano, R. A., 2017, "Estimation of Crowding Discomfort in Public Transport: Results from Santiago de Chile," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 103, pp. 311–326.

Utazás közbeni tevékenységek leltára

Dr. Munkácsy András – Strommer Tamás – Lieszkovszky József Pál

Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont, Közlekedésmenedzsment Osztály
e-mail: munkacsy.andras@kti.hu, strommer.tamas@kti.hu, lieszkovszky.jozsef@kti.hu

Kivonat: Az infokommunikációs eszközök fejlődésével és terjedésével bővül az utazás közbeni tevékenységek köre, változik az utazási idő megítélése, átalakulnak az utazási szokások – ezekre a változásokra pedig a közlekedésszervezőknek, szolgáltatóknak és a járműgyártóknak is reagálniuk kell. További fontos szempont, hogy az utazás akár pénzben is kifejezhető értékének változása révén a közlekedési beruházások értékelésének és pénzügyi megtérülésének módszertana is módosul, ezáltal pedig az állami szektor is érdekeltté válik a kérdéskör összefüggéseinek mélyebb megértésében. Az előzmények nyomán megállapítható, hogy a mindezeket megalapozó vizsgálatok során nem történt meg az utazás közbeni tevékenységek körének pontos lehatárolása, a tevékenységek meghatározása és jellemzése. Tanulmányunkban a szakirodalom-elemzés alapján összeállítottuk azt az utazás közbeni tevékenységekből álló leltárt, melynek alkalmazásával széles körben és egységes formában is vizsgálhatóvá válik a kérdéskör.

Kulcsszavak: utazás közbeni tevékenységek, travel-based multitasking, tevékenységek leltára

Bevezetés

A XXI. század eddigi tapasztalata, hogy az infokommunikációs, különösen a mobil- és okoseszközök robbanásszerű fejlődése, illetve a nagysebességű mobilinternet gyors terjedése átalakította a mindennapi tevékenységeinket. Közvetlen hatásai között szerepel az emberek jelentős hányadának szinte folyamatos elérhetősége, online jelenléte, valamint a munka kereteinek elmosódása és az ezzel kapcsolatos kötöttségek fellazulása. Az utazási körülmények és az utazás közbeni szórakozási, munkavégzési feltételek javulásával egészen új lehetőségek nyíltak meg, és *ezek végül magukkal hozták az utazásra fordított idő szubjektív és objektív értékének a drasztikus átalakulását* [1–5]. Napjainkban ahelyett, hogy az utasok az utazási időt elveszített értéknek tekintenék, *egyre kiterjedtebb irodalom mutat fel eredményeket az utazási idő hasznossága, értéke kapcsán az utasok, a munkáltatók és a gazdaság szempontjából* [6–9].

Ezekhez a drasztikus változásokhoz pedig célszerű a járműgyártóknak, a közlekedésszervezőknek és a szolgáltatóknak is minél gyorsabban alkalmazkodniuk, hiszen napjainkban egyértelmű törekvés – az aktív közlekedési módok terjedésének elősegítése mellett – a tömegközlekedés szerepének és részarányának növelése a személyközlekedési folyamatokban. A tömegközlekedési eszközök mellett szólhat, hogy szemben az egyéni gépjárműhasználattal az utazási idő változatosabban (és így sok esetben hasznosabban) is eltölthető, ezáltal pedig javítható az utazás szubjektív megítélése és növekedhet az utazások objektív (akár gazdasági) haszna is. Ezekhez a változásokhoz viszont elengedhetetlenek azok a kutatások, melyek az utazási idő felhasználását és az utazás közbeni tevékenységeket – ezeket az angol nyelvű szakirodalom *travel-based multitasking* névvel illeti – vizsgálják, és emellett a felhasználásuk és gyakorlati adaptálásuk lehetőségeit is elemzik.

Az utazás közbeni tevékenységek és az utazási idő felhasználásának eddigi vizsgálatait Keserű és mtsai. tanulmánya [10] foglalja össze. Fontos kiemelni, hogy a kutatók a legtöbb esetben változatos körülmények között és egymástól is jelentősen eltérő módszerekkel, meghatározásokkal, illetve különböző közlekedési módok körében végezték vizsgálataikat, ez pedig az eredmények összehasonlítását – és így közvetetten az eredmények felhasználhatóságát is – erősen korlátozza. Jelen cikkben irodalomkutatás alapján ezek közül egy témával, az utazás közbeni tevékenységek meghatározásával, az egyes tevékenységek jellemzésével foglalkozunk.

1. Szakirodalmi áttekintés és problémafelvetés

Az utazás közben is végezhető tevékenységek köre jelentősen megváltozott az elmúlt két évtized technikai fejlődésének köszönhetően, de terjedését ugyanúgy elősegítették a mindennapokban tapasztalható életmódbeli változások és az utazási szokások átalakulása is. A tevékenységekről, vizsgálati

lehetőségeikről, illetve az utas és az utazási jellemzők valamint a tevékenységek kapcsolatáról is részletes információval szolgál Keserű és mtsai. [10] összefoglaló munkája.

A szakirodalomban célszerű megkülönböztetni a vizsgálatokat kvalitatív eszközök (interjúk elemzése, szóbeli kikérdezések stb.), túlnyomórészt kvantitatív elemzések (pl. stated és revealed preference kérdőívek eredményein alapuló), valamit a „vegyes" módszertan alapján összegző tanulmányok csoportjait. Bár minden módszertannak megvan a maga előnye – a kvalitatív vizsgálatoknak leginkább a tevékenység-felderítő, kezdeti fázisban lehet meghatározó szerepe – leginkább a vegyes, illetve a kvantitatív vizsgálatok jelentik a vizsgálatok gerincét. A kvantitatív és vegyes módszertanú vizsgálatok mérések, kérdőívek vagy megfigyelések, valamint az utazói döntéseket vizsgáló módszerek felhasználásával elemzik az utazás közbeni tevékenységeket – természetesen változatos célok érdekében és változó szempontrendszer szerint. Ilyen módon mérhető például az utasok elégedettsége [11–16], az utazási idő értéke és változása [9, 17–22], de akár például az utazás közbeni tevékenységek legjellemzőbb csoportjai, speciális megjelenési formái, valamint a járműveken belül tapasztalható részarányuk is fontos információforrás lehet például a jármű- és szolgáltatástervezés folyamatánál [23–25].

A szakirodalom elemzéséből egyértelműen kiderül, hogy a vizsgálatok során alkalmazott szerteágazó tevékenységek meghatározásának hiánya, a tevékenységcsoportok változatossága, a vizsgálati módszerek és célok sokfélesége miatt – nem is említve a földrajzi, gazdasági, társadalmi különbségeket – sok esetben szinte lehetetlen az egyes tanulmányok eredményeinek összehasonlítása.

Keserű és mtsai. [10] az utazás közbeni tevékenységek témakörében 2000 óta született tanulmányokat vizsgálták. Céljuk annak megállapítása volt, hogy a tanulmányok által vizsgált jellemzőknek (utasok szociodemográfiai helyzete, utazás jellemzői stb.) van-e igazolható hatása az utazás közben végzett tevékenységekre. Azt viszont Keserű és mtsai. is egyértelműen megállapítják, hogy a multitasking egyik alapvető kérdése – az utazás közben végzett tevékenységek tényleges gyakorisága és időtartama – nagyon nehezen vizsgálható, mert a szakirodalmi eredmények összevetése, és egy egységes elemzés összeállítása az alábbi okok miatt komoly akadályokba ütközik:

1. Az empirikus kutatásoknál teljesen hiányzik az utazás közbeni tevékenységek kategorizálása. A megfigyelést is végző kutatások is azon tevékenységek azonosítására korlátozódnak, amelyek a felmérést végző személyzet számára nyilvánvalóan azonosíthatók [26, 27]. *A kérdőíves felmérések sokkal inkább nyújthatnak árnyaltabb információt a tevékenységek jellegéről* (pl. a számítógéppel végzett tevékenység munkavégzés vagy szabadidős célú), míg *az időfelhasználással kapcsolatos felmérések általában sokkal szélesebb tevékenységi kategóriákat alkalmaznak*. Ezenkívül számos átfedés lehetősége is fennáll az alkalmazott kategóriák között, különösen olyan tevékenységek esetében, mint például a munkavégzés, a telefonhívások (amelyek a munka részét is képezhetik), a laptop használata (munka vagy szabadidő céljából) vagy az olvasás (okoseszköz használatával vagy éppen anélkül).
2. A tanulmányokat összevetve látszik, hogy az *utazás közbeni tevékenységek* (travel-based multitasking), illetve a *multitasking* mint általános fogalom definíciója is jelentősen eltér az egyes felmérések, vizsgálatok esetén[1]. Ez a különbség már önmagában is jelentős eltéréseket okozhat a tanulmányok eredményei között, hiszen befolyásolja az adatgyűjtések módját és ezen keresztül a végül megállapított tevékenységgyakoriságot is [29].
3. Számos esetben a felméréseknél következetlen a tevékenységek rögzítése. Egyes tanulmányok rögzítik az összes tevékenységet, melyet az utasok az utazás során végeztek [27, 30], mások vizsgálták az ilyen tevékenységek időtartamát is [31], egyes tanulmányok viszont csak azoknak a tevékenységeknek az előfordulását rögzítik, amelyekkel az utasok a legtöbb időt töltötték [21].[2]
4. Korábbi kutatások kimutatták, hogy az utazás közbeni tevékenységeknek meghatározó tényezői a közlekedési mód és az utazási cél; ezért csak olyan tanulmányok közötti összehasonlítás hozhat fel

[1] Érdemes emlékeztetni rá, hogy már a cikkünk bevezetőjében is használt *travel-based multitasking* fogalma az utazás közben végzett tevékenységekre vonatkozik, függetlenül azok számától – ez esetben tehát maga az utazás is tevékenység. A *multitasking* tágabb, általános értelmű (az utazástól független) fogalom, amely annyit fejez ki, hogy az alany egynél több – párhuzamos, egymást követő vagy váltogatva művelt – tevékenységet végez. Részletesebb összefüggéseket és magyarázatokat lásd Munkácsy és mtsai. [28] cikkében.

[2] Az utas értelemszerűen egynél több (párhuzamos, egymás követő vagy váltogatott) tevékenységet is végezhet. Ennek megfelelően *módszertani hibának tűnik kizárólag a leghosszabb ideig művelt tevékenység rögzítése*, hiszen a többi tevékenység is lehet fontos vagy hasznos, sőt akár sokkal fontosabb, hasznosabb, mint a leghosszabb ideig művelt tevékenység (pl. folyamatos zenehallgatás mellett végzett rövid idejű telefonbeszélgetés). A tevékenységek listázása ennek értelmében elkerülhetetlennek tűnik, a tevékenységek időtartamának megadása jellemzően a mérési kapacitás függvénye.

valós bizonyítékokat a kapcsolatok megléte mellett, melyek ugyanazon közlekedési módokat és utascsoportokat vizsgálják – ez pedig jelentős korlátozza az összehasonlítás lehetőségét.

5. A gyors ütemű technológiai fejlődés miatt várható, hogy a tevékenységek köre idővel jelentősen megváltozik (pl. új okoseszközök megjelenése), ami indokolhatja új kategóriák felvételét és elavult kategóriák kivezetését [16].

Keserű és mtsai. összefoglaló cikkének megállapításaiból kiolvasható, hogy több területen is igencsak fejlesztésre és egységesítésre szorul az utazás közbeni tevékenységek kutatásának módszertana, a megfigyelt és vizsgált tevékenységek köre és tevékenységcsoportok kijelölése is. A széleskörű irodalomelemzés és tevékenységvizsgálat megállapításai alapján célszerűnek tűnik olyan tevékenységleltár megalkotása, mely képes az utazás közben is végezhető tevékenységek leírására, ám a technológia fejlődésével párhuzamosan szabadon bővíthető. Cél, hogy egységes szempontrendszer, valamint a tevékenységi körök alapján már felépülhessen az a leltár, ami alkalmas a bemutatott vizsgálatok elvégzésére és az említett problémák – legalább részleges – korrigálására. Tanulmányunkban ezt a feladatot végeztük el: megalkottuk a főbb tevékenységcsoportokat és ezeknek a további alábontásával létrehozható tevékenységek leltárát, melyet terveink szerint a közeljövőben (2020 tavaszán) a vegyes módszertan stratégiáját követve egy magyarországi példán keresztül a gyakorlatban is alkalmazni tudunk.

2. A vizsgálat keretei – módszertan, megfontolások

Tevékenységleltár létrehozása során törekedtünk arra, hogy az eddigi kutatási, vizsgálati (és mérési) eredmények tapasztalata átemelhető legyen jelen elemzésbe. Ezért a szakirodalmi eredmények áttekintése után alkottuk meg és gyűjtöttük össze azokat a tevékenységcsoportokat és elemi tevékenységeket, melyek részletes definícióit is megalkottunk végül a tevékenységek pontosítása és egyértelműsége miatt.

Szintén a tevékenységleltár elemeinek vizsgálatának céljából megalkottunk egy több szempontból álló értékelőrendszert (ld. 0. fejezet), melynek feladata a tevékenységek jellemzése, és amelynek segítségével megtörténhet a tevékenységek differenciálása is. Mivel ez a szempontrendszer és az ehhez tartozó értékelés jelenleg csak elméleti alapokon nyugszik és elsősorban szubjektív jellemzést tud adni, ezért célszerű ezen eredmények tesztelése egy szélesebb körű felmérés során is.

2.1 Irodalomkutatás

A kutatásunk alátámasztása miatt jelentős hatókörű irodalomkutatást végeztünk el. Ennek során a téma szakirodalmát nagy mélységben és igen részletesen szemléző Keserű-féle tanulmányra [10], valamint a témában fellelhető újabb tanulmányokra építettünk. A kutatás és a tevékenységek meghatározása során felhasználtuk a kizárólag kvantitatív és kvalitatív vizsgálatokra épülő [4, 5, 9, 11–15, 18–21, 23, 26, 29, 31–41], valamint a kvantitatív és kvalitatív vizsgálati módszereket egyaránt alkalmazó vegyes módszertanú tanulmányok [30, 42–44] eredményeit, valamint egy kibővített keresés során megismert újabb tanulmányok [45–50] eredményeit is.

Az utóbbi évek, illetve a korábbi vizsgálatokból kimaradt szakirodalom felkutatására az internetes keresőmotorokat használtuk; kutatásunk fő keresőszavai:

- travel-based multitasking
- value of travel time
- travel time use
- productive use of travel time
- daily activities.

Ezen keresés alapján megtalált és a téma szempontjából releváns tanulmányok eredményeit ugyancsak beépítettük a tanulmányunkba, a kevéssé releváns szakirodalmi források kutatásait igaz a tevékenységleltár összeállításánál nem, ám a kapcsolódó kutatások kidolgozásánál, valamint a jövőbeli mérési tervek pontosításánál, fejlesztésénél már felhasználtuk.

2.2 Tevékenységleltár összeállítása

A tevékenységek leltárának összeállításakor a tevékenységcsoportokból indultunk ki, majd ezeket különböző szempontok és jellemzők (eszközigény, kommunikációs forma stb.) szerint különbontottuk, így jutottunk el az elemi tevékenységekig. A felosztás és a vizsgálataink során jelentős mértékben építettünk a szakirodalom témába vágó tanulmányaira: a kutatás során felhasználtuk a kizárólag kvantitatív és a

kvantitatív vizsgálatokra épülő, illetve a két módszert egyaránt alkalmazó „vegyes” módszertanú tanulmányok eredményeit is.

2.2.1 Tevékenységcsoportok és a tevékenységek azonosítása

A legfontosabb lépés a megfelelő kiindulási pont kijelölése, ez jelen kutatásnál az összes tevékenységet lefedő tevékenységcsoportok meghatározása volt. A feldolgozott tanulmányok eredményei és a saját kutatások alapján az utazás közbeni tevékenységek alábbi csoportjait azonosítottuk:

1. biológiai, fiziológiai szükségletek (pl. evés, ivás, vizeletürítés)
2. alvás, pihenés, semmittevés
3. gondolkozás, tervezgetés, böngészés
4. öncélú információgyűjtés, olvasás-olvasgatás
5. munkavégzés, tanulás
6. kommunikáció (változatos módokon és csatornákon keresztül)
7. szórakozás
8. egyéb kiegészítő tevékenységek.

Felsorolásunkból látható, hogy az utazás közben is végezhető tevékenységek körét a jelen lista – egyes esetekben kisebb átfedésekkel – lefedi. Viszont a részletesebb vizsgálatokhoz mindenképpen szükség van egy olyan leltárra, amely már tartalmazza a felbontott tevékenységcsoportok elemi tevékenységeit is, hiszen jelentősen eltérő eszköz- és infrastruktúraigénye lehet például egy munkacélú és egy magán vagy szórakozás céljából megvalósuló tevékenységnek (pl. videobeszélgetések).

E szempontok figyelembe vételével végeztük el a tevékenységek részletesebb kibontását. A munka e fázisában nagymértékben támaszkodtunk a tevékenységcsoportok felbontási lehetőségeire (munkával kapcsolatos, tanulási vagy szabadidő-eltöltést szolgáló tevékenység, elektronikus vagy okoseszközök igénybevételét igényli-e, milyen érzékszervek használatára épít, stb.), valamint a már több kutatásban is szereplő tevékenységek alkalmazására. A tevékenységek részletességének kiválasztásánál fontos szempontként alkalmaztuk, hogy a tevékenységek ne legyenek se túl részletesek (méréseknél nem vagy csak körülményesen alkalmazható felbontás), se túlzottan általánosak (nehezen meghatározható a pontos tevékenységi kör). A tevékenységek leltárának kivonatát az 1. táblázatban közöljük. Azért hogy a tevékenységek egyértelműségéhez ne férhessen kétség, az elemi tevékenységek – részben tudományos igényű, de a gyakorlatban is jól alkalmazható – definícióit is összegyűjtöttük, kidolgoztuk.

2.2.2 Tevékenységek jellemzése

Egyértelmű, hogy a leltár sokoldalú alkalmazhatósága érdekében fontos a tevékenységek minél pontosabb meghatározása. Értelemszerűen az egy csoportba sorolható tevékenységek között, sőt, ezek alcsoportjaiban is jelentős különbségek fordulhatnak elő. Bár nem célszerű – és sokszor szinte nem is lehetséges – a különbségeknek minden árnyalatát azonosítani, a tevékenységek értékelése (pl. észlelt vagy vélt hasznosságuk megállapítása) érdekében tisztában kell lennünk különböző megnyilvánulásai jelentőségével. Egy életszerű példa: a korábbi vizsgálatok az étkezést – amely mellesleg nem is minden esetben van engedélyezve a tömegközlekedésben – egyetlen tevékenységként azonosították. A tömegközlekedési eszközön étkező utas esetén ugyanakkor egyáltalán nem mindegy, hogy egy gyorsan, a többi utas zavarása (szagok, zajok, szennyezés) nélkül elfogyasztható ételről (keksz, csokoládé stb.) van szó – vagy egy körülményesen, esetleg csak a többi utas zavarásával elfogyasztható főtt ételről. Az ilyen igények viszont nem feltétlenül hagyhatók figyelmen kívül, és a szolgáltatás bővítésére vezethetnek, például ételautomata üzembe állítására vagy étkezőkocsi alkalmazására a távolsági vonatokon.

Munkánk során a tevékenységek jellemzésére olyan szempontokat gyűjtöttünk össze, melyek segítségével a tevékenységek több szempontú értékelése is elvégezhető. A tevékenységek jellemzésénél többek között a megvalósíthatóság egyszerűségét, a szabályozás kereteit (hol és mikor végezhető a tevékenység) és a zsúfoltság befolyásoló hatását vizsgáltuk. Az értékelések eredményeit a 2. táblázat tartalmazza.

2.2.3 Egyszerűség

A tevékenység művelését – annak gyakoriságát, hosszát, rendszerességét – alapjaiban befolyásolja, hogy a cselekvő utas számára megvalósítás milyen nehézséggel jár (vagy másképp: mennyire egyszerű). Az első jellemzési szempont annak értékelése volt, hogy a tevékenység:

1. könnyen megvalósítható (nem igényel erőfeszítést),
2. közepes mértékben megterhelő, vagy csak

3. nem – vagy csak nagyon nehezen / ritkán – megvalósítható.

Az egyes tevékenységekre megadott értékeléseket a 2. táblázat mutatja be. A csoportosítás során azt is figyelembe vettük, hogy a szempontok milyen módon és mértékben érvényesülnek az egyes utascsoportoknál. A tevékenységek megvalósíthatóságánál a közforgalmú közlekedési (KK) járműveken utazó álló utasok és a gépjárművezetők szempontjait vettük figyelembe – a kimaradt utascsoportok (ülő utasok és a személygépjárművek utasai) esetén a tevékenységek könnyen megvalósíthatók, nem igényelnek erőfeszítést.

2.2.4 Szabályozás

Jogi keretek vagy szabályozás cím alatt azokat a szempontokat gyűjtöttük össze, hogy a tevékenység milyen körülmények között végezhető, művelése az általános szokásnormák betartása mellett mennyire megengedett vagy van-e olyan érvényben lévő tiltás, ami a hasonló tevékenységeket gyakran szabályozás alá vonja. Ezek alapján a tevékenység lehet:

1. szabadon végrehajtható,
2. általános szokásnormákat betartva és az utastársak igényeit is figyelembe véve szabadon végrehajtható (pl. a körülményekhez képest alkalmasan megválasztott hangerejű beszéd),
3. megtűrt / igen gyakran szabályozott tevékenység,
4. művelése szinte minden esetben tilos.

A tevékenységek megvalósíthatóságánál a közforgalmú közlekedési járműveken utazó utasok – ebben az esetben nincsen különbség álló és ülő utasok között – és a gépjárművezetők szempontjait vettük figyelembe. Gépjárművek utasai esetén a tevékenységek – a közlekedési szabályok betartásával, pl. biztonsági öv használata mellett – szabadon végrehajthatók, ott minden esetben a gépjármű sajátos (tulajdonosfüggő) szempontrendszere alakítja ki a művelhető tevékenységek körét.

2.2.5 Egyéni vagy társas tevékenység

A tevékenységek további jellemzője, hogy egyedül vagy társaságban végezhetők. Az általunk meghatározott tevékenység kategóriákban az értékelt tevékenység:

1. csak egyedül végezhető (a végrehajtása nem igényel társat),
2. több ember is végezheti (a legtöbb esetben társ is kell a végrehajtásához),
3. csak társsal együtt végrehajtható,
4. nem igényel az utassal együtt utazó társat.

A tevékenységek művelését nem befolyásolja az utascsoport jellege.

2.2.6 A zsúfoltság hatása

A mindennapi tapasztalatok és a szakirodalom is megerősíti, hogy a zsúfoltság jelentősen befolyásolja az utazás minőségének, értékének, kényelmének megítélését [51–56], és ezen keresztül – illetve emiatt – természetesen azt is, hogy az utas milyen tevékenységeket végez, tud vagy hajlandó elvégezni utazása közben. Vizsgálatunkban azt elemeztük, hogy milyen hatással van egyes tevékenységek művelésére az utazási komfortot már befolyásoló zsúfoltság. Ezen megállapítások alapján a tevékenységeket az alábbi jellemzők szerint értékeltük:

1. a zsúfoltságtól független,
2. a zsúfoltság csak kisebb mértékű negatív hatást gyakorol,
3. a zsúfoltság jelentős befolyást (akadályozó hatást) gyakorol,
4. zsúfolt utazási körülmények között nem – vagy csak nagyon nehezen – megvalósítható.

Elemzésünkben azt is figyelembe vettük, hogy eltérő lehet a tevékenységek végzésének megítélése, ha az utas mellett álló utas teljes egészében szemlélheti az utas tevékenységét (pl. üzenetírás, videohívások), de ugyanúgy zavaró lehet például az étkezés olyan helyzetben, amikor az ülő utas mellett közvetlenül ott állnak az utastársak (vagy éppen fordítva, amikor az étkező álló utas „alatt” ülnek). Ezeket a szempontokat is figyelembe véve a vizsgált utascsoportok a közforgalmú közlekedési járműveken utazó álló illetve az ülő utasok. Utóbbi esetben meghatároztunk egy álló utasok mellett ülő csoportot (például egy motorvonaton a folyosó mellett ülő utasok értendők ebbe a csoportba) és egy ülő utasok mellett ülő csoportot (az előző példában az ablak mellett utazók).

2.2.7 Hatás a többi utasra

A tevékenységek jellemzése szempontjából lényeges kérdés, hogy a művelése mennyire zavarhatja a többi utast. Hiszen amennyiben egy olyan tevékenységre jelentős igény mutatkozik, melynek jelentős zavaró hatása lehet a többi utasra, akkor azokat a funkciókat célszerű a többi utazótól leválasztani (például ilyen lehet az étkezés vagy a napjainkra már a tömegközlekedésben szinte teljes körűen tilos dohányzás). Ennek a hatásnak a mérésére a következő kategóriákat hoztuk létre:

1. nem zavaró,
2. alig zavaró,
3. mérsékelten zavaró,
4. jelentősen zavaró,
5. nagyon zavaró.

Az előző kategóriához hasonló csoportosítást alkalmaztunk a zavaró hatás vizsgálatánál is, három utascsoportot jelöltünk ki: a közösségi közlekedési eszközökön állva utazókét, illetve az álló, valamint ülő utasok mellett ülő utasokat.

3. Eredmények

3.1 A tevékenységek meghatározása

A tevékenységleltár leírásánál bemutatott folyamat eredményeit – néhány példán keresztül – az 1. táblázat mutatja be. A leltárban szerepel a tevékenységek magyar és angol nyelvű megnevezése (kisebb eltérések a jellemző angol szóhasználat miatt előfordulhatnak), az adott tevékenységet részletesebben vizsgáló szakirodalmi források, valamint az összegyűjtött meghatározásokat, definíciókat is.

1. táblázat: A tevékenységek leltárának kivonata
Forrás: saját szerkesztés

Tevékenység magyar megnevezése	Tevékenység angol megnevezése	Szakirodalmi hivatkozások	Meghatározás
Ivás	Drinking	[13, 26, 30, 34, 39, 40, 42, 43, 45–48]	Az ivás, jellemzően víz vagy valamilyen más folyadék elfogyasztása, a szájüregen keresztül az emberi testbe juttatásának folyamata.
Bámészkodás, bambulás	Window gazing, people watching	[4, 11, 13, 14, 21, 26, 30, 34, 37, 38, 42–48, 50]	Pihenésnek is tekinthető tevékenység, melynek során az alany a környezetét gondolkodás és koncentrációt igénylő kognitív tevékenységek nélkül szemléli.
Szörfölés a neten	Surfing the web	[23, 32, 33, 37, 38, 42, 45, 46, 48, 50]	Az internet világában, szűkebb értelemben az egyik oldalról a másikra, majd egy újabbra való továbbhaladást nevezik szörfölésnek. Tágabb értelemben böngészőprogram használatát jelenti.
Video hívás, magáncélú	Making (receiving) video calls (personal)	[45, 48]	A beszéd az emberi (hangos) kommunikáció egyik formája, melyhez az alany a nyelv szavait szóban használja. A videotelefonálás egyidejű video- és audiokommunikáció a felhasználók között mobileszköz (mobilalkalmazás) segítségével, valós idejű kép- és hangátvitel révén. Munkavégzéséi céllal, ha az egyén pénzkereseti tevékenységével kapcsolatos kommunikáció zajlik, egyéb esetben magáncéllal.
Video hívás, munkavégzési célú	Making (receiving) video calls (work related)	[45, 48]	
Pakolászás (pénztárca, csomagok rendezgetése)	Handling wallet, equipment, etc.	[26, 48]	A pakolászás során az alany a körülötte lévő tárgyakat, használati eszközöket rendezi a számára kívánatos rendbe.

3.2 A tevékenységek jellemzése

A leltárhoz kijelölt utazás közben is végezhető tevékenységek jellemzését a 2. táblázat ismerteti. A táblázat tartalmazza a tevékenységek megnevezését, valamint a fent már részleteiben is bemutatott jellemzésre szolgáló szempontrendszer szerinti értékelés eredményeit.

2. táblázat: A tevékenységek jellemzői[3]
Forrás: saját szerkesztés

	Tevékenység magyar nyelvű megnevezése	Megvalósítás egyszerűsége		Szabályozás			Zsúfoltság hatása			Hatás a többi utasra		
		KK álló utas	gépjármű vezetője	KK utas	gépjármű vezetője	Egyéni vagy társas tevékenység?	KK álló utas	KK ülő utas (álló mellett)	KK ülő utas (ülő mellett)	KK álló utas	KK ülő utas (álló mellett)	KK ülő utas (ülő mellett)
	Skála fokozatai	1–3		1–4		1–4		1–4			1–5	
1.	Evés	●●	●●	●●●	●●	●	●●●	●●	●●	●●●	●●	●●
2.	Ivás	●●	●●	●●●	●●	●	●●	●	●	●●	●	●
3.	Mosdóhasználat	●	–	●	–	●	●●●	●●●	●●●	●	●	●
4.	Dohányzás	●●	●●●	●● ●●	●●●	●	●● ●●	●● ●●	●● ●●	●●● ●●	●●● ●●	●●● ●●
5.	Bámészkodás, bambulás	●	●●●	●	●● ●●	●	●	●	●	●●●	●●	●
6.	Alvás	●●●	●●●	●	●● ●●	●	●● ●●	●●●	●●●	–	●●●	●●
7.	Szundítás, pihenés, semmittevés	●●●	●●●	●	●● ●●	●	●● ●●	●●●	●●	–	●●	●
8.	Gondolkozás, privát tevékenységek	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
9.	Utasinformációs rendszerek (pl. utazástervező) használata	●	●●	●	●●●	●	●	●	●	●	●	●
10.	Általános (okos) mobiltelefon használat (pl. online vásárlás)	●●	●●●	●●	●● ●●	●	●●●	●●	●●	●●	●	●
11.	Médiatartalmak fogyasztása	●●	●●●	●●	●● ●●	●	●●	●●	●	●	●	●
12.	Szörfölés a neten	●●	●●●	●	●● ●●	●	●●●	●●	●	●	●	●
13.	Általános olvasás (akár papír, akár elektronikus felületen)	●●	●●●	●	●● ●●	●	●●●	●●	●●	●●	●	●
14.	Olvasás szabadidős tevékenységként (könyvek, napilapok stb.)	●●	●●●	●	●● ●●	●	●●●	●●	●●	●●	●	●
15.	Olvasás munkaügyben	●●	●●●	●	●● ●●	●	●●●	●●	●	●●	●	●
16.	Általános írás, gépelés	●●●	●●●	●●	●● ●●	●	●●●	●●	●	●	●	●
17.	Tanulás 1: írás (jegyzetelés, házi feladat készítés) tanulás céljából	●●●	●●●	●	●● ●●	●	●●●	●●	●	●	●	●
18.	Tanulás 2: olvasás tanulás céljából	●●	●●●	●	●● ●●	●	●●●	●●	●	●●	●	●
19.	Tanulás 3: hallgatás (online előadások hallgatása)	●	●●	●●	●●	●	●●	●●	●	●●	●	●
20.	Beszélgetés az utastársakkal	●	●	●	●	●●●	●●	●	●	●●	●●	●●
21.	Telefonhívás, magán	●	●●●	●●	●● ●●	●● ●●	●●●	●●●	●●	●●●	●●	●●
22.	Telefonhívás, munkahelyi	●	●●●	●●	●● ●●	●● ●●	●●	●●	●	●●	●	●
23.	Video hívás, magán	●●	●●●	●●	●● ●●	●● ●●	●● ●●	●●●	●●	●● ●●	●●●	●●●
24.	Video hívás, munkahelyi	●●	●●●	●●	●● ●●	●● ●●	●● ●●	●●●	●●	●● ●●	●●●	●●●
25.	Szöveges üzenetek, magán	●	●●●	●	●● ●●	●● ●●	●●	●●	●	●	●	●
26.	Szöveges üzenetek, munkahelyi	●	●●●	●	●● ●●	●● ●●	●	●	●	●	●	●
27.	E-mailek küldése és fogadása, rendezése, magán	●●	●●●	●	●● ●●	●● ●●	●●	●●	●	●	●	●
28.	E-mailek küldése és fogadása, rendezése, munkahelyi	●●	●●●	●	●● ●●	●● ●●	●	●	●	●	●	●
29.	Játék, fejtörők megoldás (kártyázás, társasjátékok, keresztrejtvény stb.)	●●●	●●●	●	●●●	●●	●●●	●●	●●	●●●	●●	●●

[3] A tevékenységek értékeléséhez négy-, illetve ötfokozatú skálát alkalmaztunk (ld. 2.2. fejezet). Az eredmények megjelenítéséhez „●” karaktereket használtunk, a pöttyök száma megegyezik az értékelés fokozataival.

	Tevékenység magyar nyelvű megnevezése	Megvalósítás egyszerűsége		Szabályozás		Egyéni vagy társas tevékenység?	Zsúfoltság hatása			Hatás a többi utasra		
		KK álló utas	gépjármű vezetője	KK utas	gépjármű vezetője		KK álló utas	KK ülő utas (álló mellett)	KK ülő utas (ülő mellett)	KK álló utas	KK ülő utas (álló mellett)	KK ülő utas (ülő mellett)
	Skála fokozatai	1–3		1–4		1–4	1–4			1–5		
30.	Elektronikus és online játékok (elektronikus eszközök használatával)	●●	●●●	●●	●●	●	●●●	●●	●	●●	●	●
31.	Közösségi média használata (posztolás, böngészés)	●●	●●●	●	●●	●	●●	●●	●	●●	●●	●
32.	Egyéb célú (okos) mobiltelefon használat, magán	●●	●●●	●	●●	●●	●●●	●●	●●	●●	●●	●
33.	Egyéb célú (okos) mobiltelefon használat, munkahelyi	●●	●●●	●	●●	●	●●	●	●	●	●	●
34.	Kötés, horgolás, kézimunka stb.	●●●	●●●	●	●●	●	●●	●●●	●●	●●	●●	●●
35.	Kép- és videó készítés	●●	●●●	●●●	●●	●●	●●	●●●	●●	●●	●●●	●●●
36.	Általános (okos) mobiltelefon használat (hallgatási funkció)	●	●	●●	●●	●	●●	●	●	●●	●	●
37.	Hangoskönyvek, podcastok stb. hallgatása	●	●●	●●	●●	●	●●	●●	●	●	●	●
38.	Rádió- vagy zenehallgatás	●	●	●●	●●	●	●	●	●	●●	●●	●●
39.	Gondoskodás az utasokkal együtt utazó személyről (+ gyerekfelügyelet és gondozás)	●●	●●	●●	●●●	●●●	●●●	●●	●●	●●	●●●	●●●
40.	Pakolászás (pénztárca, csomagok rendezgetése)	●●	●●	●	●●●	●	●●	●	●	●●●	●	●
41.	Egyéb interakció az utastársakkal	●●	●●	●●	●	●●●	●●●	●●	●●	●●●	●●	●●

4. Összefoglaló gondolatok

A szakirodalom elemzése alapján meghatároztuk az utazás közben is művelhető legfontosabb tevékenységcsoportokat, majd a tevékenységtípusok és -jellemzők alapján összeállítottuk az utazás közbeni tevékenységek leltárát. Bár kutatásunk során elsősorban a közforgalmú közlekedés volt fókuszban, az eredmények a személyközlekedésben általában is hasznosíthatók.

Munkánk során meghatároztuk és összegyűjtöttük azokat a jellemzőket, melyek befolyásolják a tevékenységek végzését. Ez alapján olyan lehetőségeket, ajánlásokat vázolunk az alábbiakban, amelyek alapján a tömegközlekedés – a járművek és szolgáltatás terén is – vonzóbbá tehető.

4.1 Járművekkel szemben támasztható elvárások

Az összeállított leltár tevékenységei alapján a legfontosabb járműoldali fejlesztések a következő területeken lehetnek igazán nagy hatással az utazásra:

- asztalok biztosítása étkezéshez, munkavégzéshez stb. (akár helybiztosítás, felár mellett),
- a munkavégzést, szórakozási, kommunikációs lehetőségeket támogatandó legalább az ülések nagy részét el kell látni elektromos csatlakozóval (az ülések túlnyomó részéhez tartozzanak hálózati és mobiltöltésre is alkalmas csatlakozók),
- az utasok egyes tevékenységei miatt biztosítani kell az ülések megfelelő megvilágíthatóságát (lehetőleg ülésenként vagy soronként kapcsolható megvilágítás),
- hosszabb (pl. távolsági) utazások esetén célszerű olyan üléseket és szolgáltatásokat biztosítani – pl. mozgatható, dönthető ülések, csendes kocsi –, amelyek révén a koncentrálást igénylő tevékenységek nyugodt és kényelmes körülmények között végezhetők,
- a mobileszközök használatát elősegítő megoldások (pl. eszköztartó),
- tisztálkodási lehetőség biztosítása (legalább) a nagy és középtávolságú utazásoknál,
- ülőhelyek biztosítása: a várható utasforgalomnak, utazási szokásoknak és az utazás közben végzett, végezhető tevékenységek részaránya alapján optimalizálva.

4.2 Szolgáltatással szemben támasztható elvárások

A járművek kialakítására és felszereltségére tett megállapítások ugyanúgy érvényesek a (fedélzeti) közlekedési szolgáltatásokra is. Ezekben az esetekben sokszor nincs is szükség jelentős átalakításokra az infrastruktúrában és a járműparkban, hiszen sok esetben már szervezés jellegű intézkedésekkel is jelentős eredményeket lehet elérni. A leltár alapján javasolható legfontosabb szolgáltatásfejlesztési intézkedések lehetnek:

- étel- és italvásárlási lehetőség a rövidebb utazásoknál (étel- és italautomata, büfé), étkezőkocsi közlekedtetése távolsági viszonylatokon,
- nagysebességű internet-hozzáférés biztosítása a teljes szolgáltatás során,
- rugalmas módon működő helyfoglalási rendszer, kényelmi szolgáltatások biztosítása (ülésfoglalás, büfé- vagy étkezőkocsi, családbarát vagy csendes kocsi/fülke, prémiumülések, asztalok stb.),
- a zsúfoltság csökkentése (követési idő csökkentése, kapacitás bővítése stb.).

4.3 További kutatási irányok

A tevékenységleltár kezdeti alkalmazása a szakértői megállapítások validálására, felülvizsgálatára szolgálhat. Erre a szerzők folyamatban lévő kutatása keretében – egy tevékenységcsoportra, a munkavégzésre fókuszálva – 2020 tavaszán nyílik először lehetőség. Ekkor célszerű lesz az érintettek, így elsősorban az utasok, a szolgáltatók és más érintettek (a konkrét esetben munkaadók) bevonásával, vegyes módszerrel több szempontú vizsgálatot végezni. A jövőbeli kutatások során érdemes a tevékenységek további jellemzőit is górcső alá venni: az átlagos időigényt, folyamatosságot, az ülőhelyek szükségességét, valamint a jármű- vagy szolgáltatásfejlesztési igényeket.

Irodalomjegyzék

[1] Lee, S., Kim, G. C., Wu, S. K., and Oh, J., 2019, *Influence of ICT on Public Transport Use and Behaviour in Seoul*, 2019/02, Korea Transport Institute, Paris.

[2] Goodwin, P., 2019, *The Influence of Technologies and Lifestyle on the Value of Time*, 2019/03, Paris, France.

[3] Line, T., Jain, J., and Lyons, G., 2011, "The Role of ICTs in Everyday Mobile Lives," Journal of Transport Geography, 19(6), pp. 1490–1499.

[4] Gripsrud, M., and Hjorthol, R., 2012, "Working on the Train: From 'Dead Time' to Productive and Vital Time," Transportation, 39(5), pp. 941–956.

[5] Yosritzal, 2014, "An Investigation into the Role of Technology in Influencing the Perception and Value of Travel Time by Rail," Thesis, Newcastle University.

[6] de Jong, G., and Kouwenhoven, M., 2018, "Productive Use of Travel Time, Values of Time and Reliability in The Netherlands."

[7] Fosgerau, M., 2018, "Automation and Value of Time for Passenger Transportation."

[8] Fosgerau, M., 2018, *Automation and the Value of Time in Passenger Transport*, 2019/10, Paris, France.

[9] Keserű, I., Bulckaen, J., Macharis, C., Minnen, J., Glorieux, I., and van Tienoven, P. T., 2015, "Is Travel Time Wasted? Evidence from a Time Use Survey in Flanders, Belgium," Windsor, United Kingdom.

[10] Keserű, I., and Macharis, C., 2018, "Travel-Based Multitasking: Review of the Empirical Evidence," Transport Reviews, 38(2), pp. 162–183.

[11] Mokhtarian, P. L., Papon, F., Goulard, M., and Diana, M., 2015, "What Makes Travel Pleasant and/or Tiring? An Investigation Based on the French National Travel Survey," Transportation, 42(6), pp. 1103–1128.

[12] Connolly, D., Caulfield, B., and O'Mahony, M., 2009, "Rail Passengers' Preferences for On-Board Wi-Fi Internet Access," Washington D.C., p. 12.

[13] Groenesteijn, L., Hiemstra-van Mastrigt, S., Gallais, C., Blok, M., Kuijt-Evers, L., and Vink, P., 2014, "Activities, Postures and Comfort Perception of Train Passengers as Input for Train Seat Design," Ergonomics, 57(8), pp. 1154–1165.

[14] Ettema, D., Friman, M., Gärling, T., Olsson, L. E., and Fujii, S., 2012, "How In-Vehicle Activities Affect Work Commuters' Satisfaction with Public Transport," Journal of Transport Geography, 24, pp. 215–222.

[15] Rasouli, S., and Timmermans, H., 2014, "Judgments of Travel Experiences, Activity Envelopes, Trip Features and Multi-Tasking: A Panel Effects Regression Model Specification," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 63, pp. 67–75.

[16] Lyons, G., Jain, J., and Weir, I., 2016, "Changing Times – A Decade of Empirical Insight into the Experience of Rail Passengers in Great Britain," Journal of Transport Geography, 57, pp. 94–104.

[17] Clayton, W., 2012, "Bus Tales: Travel-Time Use, Technologies, and Journey Experiences on the Bus."

[18] Ettema, D., and Verschuren, L., 2007, "Multitasking and Value of Travel Time Savings," Transportation Research Record, 2010(1), pp. 19–25.

[19] Fickling, R., Gunn, H., Kirby, H. R., Bradley, M., and Heywood, C., 2009, *Productive Use of Travel Time and Working Time Savings for Rail Business Travellers*, DfTRNN/0129/2007.

[20] Fickling, R., Gunn, H., Kirby, H., Bradley, M., and Heywood, C., 2008, "The Productive Use of Rail Travel Time and Value of Travel Time Saving for Travellers in the Course of Work," *Proceedings of the European Transport Conference 2008*, Noordwijkerhout, Netherlands, p. 15.

[21] Susilo, Y. O., Lyons, G., Jain, J., and Atkins, S., 2012, "Rail Passengers' Time Use and Utility Assessment: 2010 Findings from Great Britain with Multivariate Analysis," Transportation Research Record, 2323(1), pp. 99–109.

[22] Lyons, G., and Urry, J., 2005, "Travel Time Use in the Information Age," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39(2–3), pp. 257–276.

[23] Frei, C., Mahmassani, H. S., and Frei, A., 2015, "Making Time Count: Traveler Activity Engagement on Urban Transit," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 76, pp. 58–70.

[24] Vilhelmson, B., Thulin, E., and Fahlén, D., 2011, "ICTs and Activities on the Move? People's Use of Time While Traveling by Public Transportation," *Engineering Earth*, S.D. Brunn, ed., N, pp. 145–154.

[25] Wardman, M., and Lyons, G., 2016, "The Digital Revolution and Worthwhile Use of Travel Time: Implications for Appraisal and Forecasting," Transportation, 43(3), pp. 507–530.

[26] Russell, M., 2011, "Watching Passengers: Using Structured Observation Methods on Public Transport."

[27] Munkácsy A., and Strommer T., 2020, "Csúcsidei utasok által végzett tevékenységek a budapesti metrón," *Közlekedéstudományi Konferencia*, Széchenyi István Egyetem, Közlekedéstudományi Egyesület, Győr.

[28] Munkácsy, A., Siska, M., Albert, G., and Keserű, I., 2019, "Az utazás közbeni tevékenységek a közforgalmú közlekedésben," *Közlekedéstudományi Konferencia*, Széchenyi István Egyetem, Közlekedéstudományi Egyesület, Győr.

[29] Kenyon, S., 2010, "What Do We Mean by Multitasking? - Exploring the Need for Methodological Clarification in Time Use Research," eIJTUR, 7(1), pp. 42–60.

[30] Bjørner, T., 2016, "Time Use on Trains: Media Use/Non-Use and Complex Shifts in Activities," Mobilities, 11(5), pp. 681–702.

[31] Ohmori, N., and Harata, N., 2008, "How Different Are Acitivities While Commuting by Train? A Case in Tokyo," Tijdschrift voor economische en sociale geografie, 99(5), pp. 547–561.

[32] Berry, M., and Hamilton, M., 2010, "Changing Urban Spaces: Mobile Phones on Trains," Mobilities, 5(1), pp. 111–129.

[33] Gamberini, L., Spagnolli, A., Miotto, A., Ferrari, E., Corradi, N., and Furlan, S., 2013, "Passengers' Activities during Short Trips on the London Underground," Transportation, 40(2), pp. 251–268.

[34] Guo, Z., Derian, A., and Zhao, J., 2015, "Smart Devices and Travel Time Use by Bus Passengers in Vancouver, Canada," International Journal of Sustainable Transportation, 9(5), pp. 335–347.

[35] Kamp, I., Kilincsoy, Ü., and Vink, P., 2011, "Chosen Postures during Specific Sitting Activities," Ergonomics, 54(11), pp. 1029–1042.

[36] Khan, M. S., and Sundstrom, J., 2007, "Effects of Vibration on Sedentary Activities in Passenger Trains," Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 26(1), pp. 43–55.

[37] Lyons, G., Jain, J., Susilo, Y., and Atkins, S., 2013, "Comparing Rail Passengers' Travel Time Use in Great Britain Between 2004 and 2010," Mobilities, 8(4), pp. 560–579.

[38] Rhee, K.-A., Kim, J.-K., Lee, B.-J., Kim, S., and Lee, Y.-I., 2013, "Analysis of Effects of Activities While Traveling on Travelers' Sentiment," Transportation Research Record, 2383(1), pp. 27–34.

[39] Timmermans, H., and Van der Waerden, P., 2008, "Synchronicity of Activity Engagement and Travel in Time and Space: Descriptors and Correlates of Field Observations," Transportation Research Record, 2054(1), pp. 1–9.

[40] Van der Waerden, P., Timmermans, H., and van Neerven, R., 2009, "Extent, Nature, and Covariates of Multitasking of Rail Passengers in an Urban Corridor: A Dutch Case Study," Transportation Research Record, 2110(1), pp. 106–111.

[41] Zhang, J., and Timmermans, H., 2010, "Scobit-Based Panel Analysis of Multitasking Behavior of Public Transport Users," Transportation Research Record, 2157(1), pp. 46–53.

[42] Clayton, W., Jain, J., and Parkhurst, G., 2016, "An Ideal Journey: Making Bus Travel Desirable," Mobilities, 12(5), pp. 706–725.

[43] Lyons, G., Jain, J., and Holley, D., 2007, "The Use of Travel Time by Rail Passengers in Great Britain," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 41(1), pp. 107–120.

[44] Lyons, G., Holley, D., and Jain, J., 2008, "The Business of Train Travel. A Matter of Time Use," *Mobility and Technology in the Workplace*, D. Hislop, ed., Routledge, Abingdon, pp. 74–86.

[45] Pudāne, B., Rataj, M., Molin, E. J. E., Mouter, N., van Cranenburgh, S., and Chorus, C. G., 2019, "How Will Automated Vehicles Shape Users' Daily Activities? Insights from Focus Groups with Commuters in the Netherlands," Transportation Research Part D: Transport and Environment, 71, pp. 222–235.

[46] Singleton, P. A., 2018, "How Useful Is Travel-Based Multitasking? Evidence from Commuters in Portland, Oregon," Transportation Research Record, 2672(50), pp. 11–22.

[47] Singleton, P. A., 2019, "Multimodal Travel-Based Multitasking during the Commute: Who Does What?," International Journal of Sustainable Transportation, pp. 1–13.

[48] Tang, J., Zhen, F., Cao, J., and Mokhtarian, P. L., 2018, "How Do Passengers Use Travel Time? A Case Study of Shanghai–Nanjing High Speed Rail," Transportation, 45(2), pp. 451–477.

[49] Varghese, V., and Jana, A., 2018, "Impact of ICT on Multitasking during Travel and the Value of Travel Time Savings: Empirical Evidences from Mumbai, India," Travel Behaviour and Society, 12, pp. 11–22.

[50] Krueger, R., Rashidi, T. H., and Auld, J., 2019, "Preferences for Travel-Based Multitasking: Evidence from a Survey among Public Transit Users in the Chicago Metropolitan Area," Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 65, pp. 334–343.

[51] Hörcher, D., Graham, D. J., and Anderson, R. J., 2017, "Crowding Cost Estimation with Large Scale Smart Card and Vehicle Location Data," Transportation Research Part B: Methodological, 95, pp. 105–125.

[52] Tirachini, A., Hensher, D. A., and Rose, J. M., 2013, "Crowding in Public Transport Systems: Effects on Users, Operation and Implications for the Estimation of Demand," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 53, pp. 36–52.

[53] Tirachini, A., Hurtubia, R., Dekker, T., and Daziano, R. A., 2017, "Estimation of Crowding Discomfort in Public Transport: Results from Santiago de Chile," Transportation Research Part A: Policy and Practice, 103, pp. 311–326.

[54] Whelan, G., and Crockett, J., 2009, "An Investigation of the Willingness to Pay to Reduce Rail Overcrowding," p. 16.

[55] Milkovits, M. N., 2008, "Modeling the Factors Affecting Bus Stop Dwell Time: Use of Automatic Passenger Counting, Automatic Fare Counting, and Automatic Vehicle Location Data," Transportation Research Record, 2072(1), pp. 125–130.

[56] Hensher, D. A., Rose, J. M., and Collins, A. T., 2011, "Identifying Commuter Preferences for Existing Modes and a Proposed Metro in Sydney, Australia with Special Reference to Crowding," Public Transp, 3(2), pp. 109–147.

Utilization of data collecting and data processing in land surveying

Marcell Mándli[1] – Dr. Dániel Miletics[2]– Richárd Nagy[3]

[1]**Mandli Communications, Department of Development**
telephone: 003670/283 1039
e-mail: marcimandli@yahoo.com

[2]**Széchenyi István University**
Department of Transport Infrastructure and Water Resources Engineering
telephone: 003670/632 1230
e-mail: mileticsd@sze.hu

[3]**Széchenyi István University**
Department of Transport Infrastructure and Water Resources Engineering
telephone: 003630/824 8526
e-mail: nagy.richard@sze.hu

Abstract: The paper introduces the available technologies in land surveying, in data collection of road infrastructure and other fields of economy. Operation of certain devices and applications of Mandli Communications Ltd. are also introduced. Case studies show versatile application of the introduced technologies.

Keywords: Lidar, Pavement collection, Pavement profiling, 3D- profiling

Introduction

The purpose of this article is to highlight the versatility of numerous data-processing, pavement data collection and profiling, 3D profiling and positional techniques. The majority of these techniques might be implemented in a vast range of practical uses such as ecology, agriculture, driveways, bridges, pipelines, landscaping, freeways, ditches, tunnels, even emergency situations and many more. Perhaps the most promising way to focus on nowadays is the mobile data processing. A significant portion of possible solutions can be solved that the different devices shall be mounted on different transportation vehicles, as it is shown in Figure 1.

Figure 1. IMU system mounted on a vehicle

1. Data collection and data processing technologies

Human-beings have always been interested in ways how to describe their ambient and environment precisely. We have always been seeking more accurate, simpler and more effective solutions throughout the years. As time goes by so improve the different types of land-surveying techniques. Starting from the

most conventional GPS methods through total stations in geodesy, until the most advanced techniques; such as drones and real-time 3D profiling, every level of maturity represent them all around the world. Those, who do not keep up with improvement cannot upkeep with the rest of the world. [1]

1.1 Different technologies in general used in 3D imagery and land surveying

Figure 2. A modern Total station

One of the most basic and most wide-spread methods in 3D land surveying is connected to total stations.(For more information see figure 2) For more decades triangulation, trilateration and levelling techniques have been used in order to monitor the information of our surroundings. Later on technological improvements such as GNSS (Global Navigation Satellite System and RTK (Real-Time Kinematic) opened up new ways of data processing. Being supported by the previously mentioned technologies the gained date could easily be processed by computers, and the data be stored on various units. [2]

The next milestone was positioning the Total station on a mobile vehicle. Beside this scanner, 360° cameras, prisms and LiDAR scanners might also be applied or mounted on vehicles.[3] These methods will pave the way in the future for autonomous vehicles as well. This innovation will leave a significant mark on our custom regarding everyday traffic. Just think about how many people's lives could be become more convenient and comfortable. The key to do so is to unite and combine public- and private transport. With these techniques at our disposal this goal might be achieved in the near future as well, that will revolutionize our definition connected to traffic. [4]

1.1.1 What does exactly LiDAR stand for?

It means: Light Detection and Ranging, basically it is a laser-based remote control method. Shortly after the recognition of the wave-like nature of laser, the first LiDAR-like system was introduced in the 1960s. The phenomenon was first met by common knowledge at the event of the Appollo-15 Moon-landing.

1.1.2 Operation of LiDAR

Instead of constant electro-magnetic waves in LiDAR's case laser light is being used. Primarily it is utilized for telemetry. According to the English terminology these appliances are called as CW LiDAR. That continuous electro-magnetic waves emitted by the laser interacts with objects standing in the way of the laser. The path covered by the laser is explained in the following formula.

$$T_l = nT + \frac{\Phi}{2\pi}T$$

n: full wavelength

T: distance covered by given wavelength

F: phase difference

$$\Delta R = \frac{T_l}{2}c$$

ΔR: distance between receiver and beacon

One can see, that the accuracy of measurement only depends on the phase differences and the wavelengths. In case of CW LiDAR the accuracy greatly depends on the applied longest wavelength. In case of mapping a different type of method is used, where See in for more details in UAV section.

1.1.3 Classification of LiDAR measuring methods:

- Meteorology
- Laser profiling
- Aerial laser scanning (ALS, ULS and UAV)
- Ground laser scan (TLS)
- Mobile laser scan (MLS)
- Utility Asset management
- Next-generation E-911
- Urban-profiling

1.2 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) mapping a.k.a. drones.

Aerial mapping of agricultural and forestry land provides a means to estimate current production and environmental states, and monitor progress over time. Information on production and environmental states can be used in site-specific farming to tailor specific crop and soil treatments for each field. [5]However, the spatial resolution of satellite and aircraft sensory data is still low compared to that of an unmanned aerial vehicle (UAV), which fly at a much lower altitude. Low spatial resolution sensory data may underestimate productivity and environmental factors, and result in insufficient treatment coverage. A UAV can inspect at a much closer range, and may provide spatial sensory information at a much higher resolution. Scaling down all these important assets highlight the advantages of both features. For more information regarding the parts of an UAV please see figure 3.

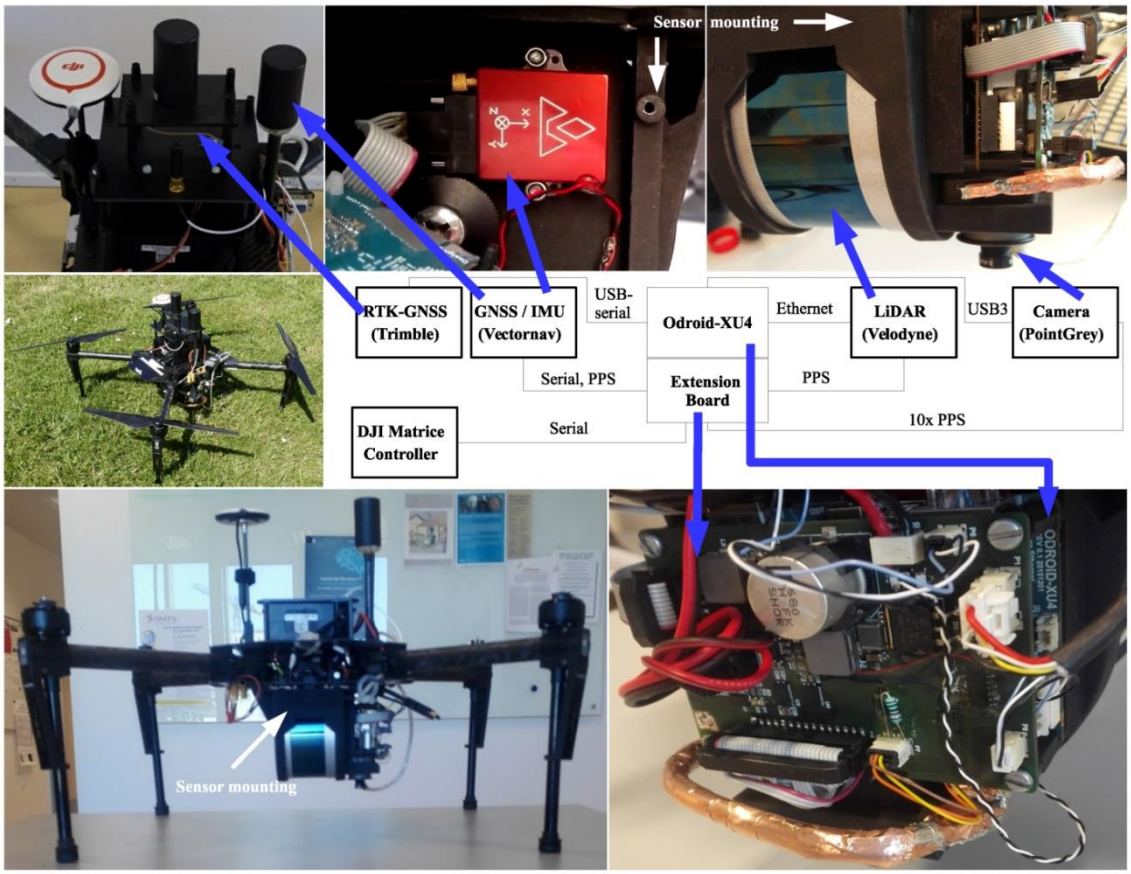


Figure 3. Integration of LiDAR and UAV

2. Mandli applications

Mandli offers a variety of software applications that can be customized to meet the needs of any project. Roadview Workstation is Mandli's next generation data viewing and asset inventory software, and allows users to access all collected data in an easy-to-use, synchronized viewing environment. Route information, imaging, GPS, pavement, and LiDAR data can all be accessed through a variety of search and filter tools. Roadview Explorer is an interactive environment that is used for working with roadway images and data using a web browser, and allows users to view images, data, and information through URL access. For basic image viewing, Mandli offers Roadview Player, which displays single or multiple camera right-of-way images in succession along with corresponding road index data.

Mandli Communication was established in 1983, Madison, Wisconsin state, USA. The company focuses on a complex service that enables 3D-imaging, scanning of the environment and generating GPS-integrated point cloud at the same time. Mandli's future-focused data collection vehicle was designed with you in mind [6]. X35 collects highly detailed, geo-located pavement and asset data, simultaneously streamlining and automating processes. For visualization please look at an example of urban-modelling in figure 4.

Industries can include DOTs, municipalities, airports, construction companies, engineering firms, utility companies, and Emergency Services. With projects spread across the United States and beyond, Mandli guarantees that their vehicles can meet the challenges of any collection project.

- Urban Modeling
- Roadway Asset Inventory
- Utilities Asset Inventory
- Intersection Modeling
- Asset Encroachment
- Right-of-Way Imaging

• Pavement Distress Analysis

Terrain Mapping

• Sign Retro reflectivity Data

• Pavement Data

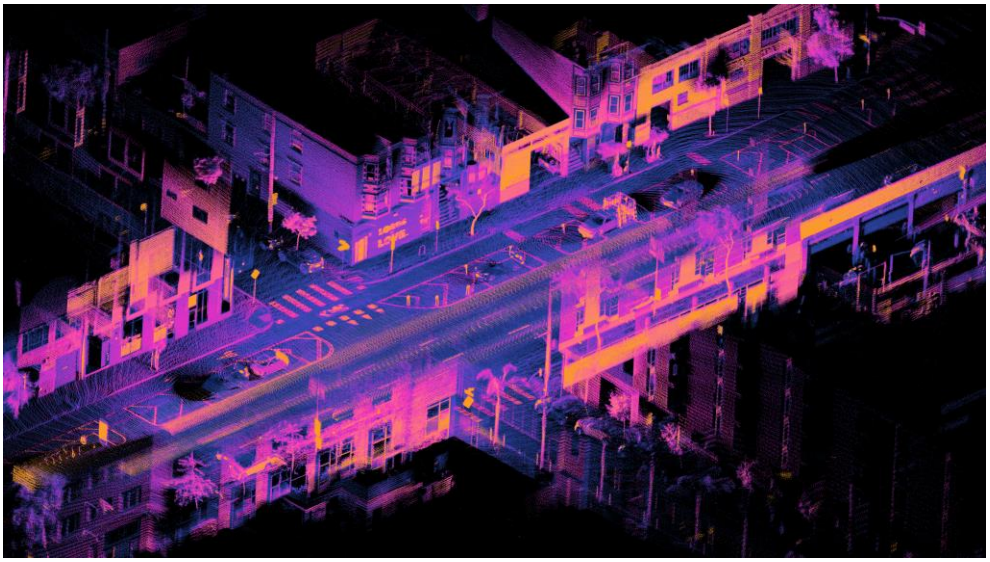


Figure 4.Representing a virtual model of the ambient of an urban project. The light a point's color is the higher its elevation is.

2.1 Highlighting the most important measurement features that are utilized by Mandli:

- **Dual Velodyne HDL-32 LiDAR sensors** collect high-definition, 3D representations of the surrounding environment. LiDAR coverage makes for a "real-world" 3D view allowing inspection of assets in an accurate virtual environment without the need to travel to remote sites.
- **Nine 8.9 MP Cameras** deliver nearly 80 megapixels of 360° image. This means inspection of road conditions and asset location without the need to travel to remote sites. The simultaneous use of LiDAR and Photo log provided from our cameras guarantees the most accurate data possible.
- **Dual LCMS-2 Pavement Scanners,** with a resolution of .025 mm/.05 mm, provide automated crack detection and distress classification across the entire width of the lane, making pavement upgrade projects easier and more effective.
- **Position Orientation System** includes high quality Inertial Movement Unit (IMU) and Optical Distance Measurement Unit (DMI) which allow for accurate mapping of assets and their geographic coordinates regardless of obstructions. There's an example for mapping in figure 5.
- **The Advanced independent Power System** offers a dual alternator system where the vehicle and system batteries operate independently from one another. This eliminates the need for a generator, and allows the system to operate independently and safely.
- **Processing/Post-Processing Software** is provided to our customers with customization and support so you can get the most out of the data collected. The same easy-to-learn software is used in-house at Mandli.

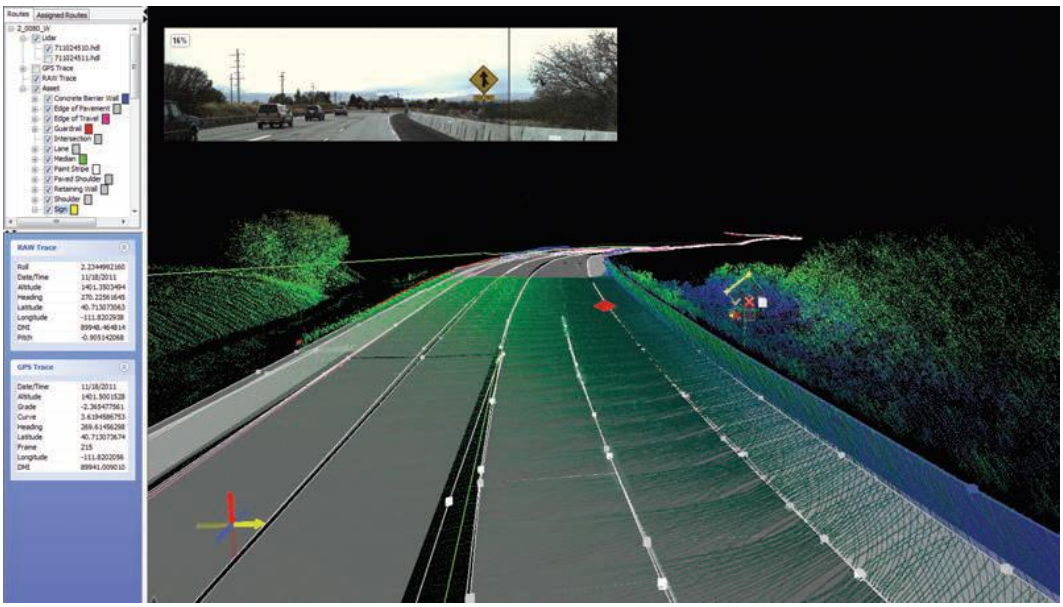


Figure 5. An example for combining different asset inventory, while driving in traffic.

2.2 Transportation features:

Mandli offers a variety of comprehensive mobile solutions for transportation infrastructure management applications. By integrating the latest and most advanced data collection hardware, Mandli provides clients with efficient and cost-effective systems and services.

One of the strongest features of the 3D LiDAR dataset is the ability to perform measurements on both point and linear features. For example, the width and height of a guardrail can be measured, as well as its exact length, providing a measurement of the material that is out in the field. The LiDAR data is geo-spatially referenced, and when shown with GIS data the curvature of linear assets can be visualized, unlike the results of linear-referenced data. The point density of the LiDAR data is higher than what cameras can provide, which translates into better accuracy when taking measurements. Each point has its own unique X-Y-Z coordinate, allowing for both point-to point measurements and the grouping of points, such as sign faces, into polygons to measure surface areas. The LiDAR data allows for the area of an entire pavement surface to be measured, along with the pavement type. This measurement can be performed for the entire infrastructure network, all in a single pass of the collection vehicle.

2.2.1 Urban Modeling

Mandli's LiDAR data collection system is an excellent tool for providing accurate models of urban areas. These models can be used to plan improvements, inventory assets, and evaluate civil concerns. The LiDAR data is easy to collect and update, providing a realistic representation of the urban environment that is three-dimensional and fully interactive. All buildings, objects, and roadway assets that are viewable from the street can be clearly seen in the post-processing software. These objects can be extracted and tagged to maintain an easy-to-use and accessible database of urban assets.

- Plan improvements, inventory assets and evaluate civil concerns
- Fully interactive model
- Create customized databases

2.2.2 Right-of-Way Imaging

Mandli's right-of-way imaging system is capable of recording digital images and data in a variety of weather, speed, and lighting conditions. The imaging software controls data collection with real-time image viewing, camera controls, GPS data, route setup and management features, and DMI calibration and operation. To ensure that high-quality images are collected, the software provides preset and manual camera settings for various lighting controls. The cameras are also able to adjust to di□erent lightning conditions in order to capture quality images in both high and low light environments.

- Real-time monitoring of image collection
- Frame rate ranges from 100 to 500 images per mile

- System operational at speeds ranging from 0 to 70 mph
- Images are referenced to linear distance traveled (DMI) and DGPS information
- Images compressed in JPEG format
- Camera resolution ranges up to 3296 x 2472 pixels

3. Mandli case studies

3.1 ST. LOUIS LAMBERT INTERNATIONAL AIRPORT

Figure 6. Mandli car measuring and airport runway

Collection of airport pavement information can be a hard and time consuming project. Not to mention the interruptions it can cause in day-to-day runway operations. Mandli has come up with a system to collect the entire width of the runway in a fraction of the time and with minimal disruptions to traffic by using drive-by-wire technology and a high definition Laser Crack Measurement System (LCMS). The resulting dataset gives the end user a 3D view of the pavement and all its attributes with ± 1cm accuracy the entire width of the runway. Our team can be seen in figure 6.

Table 1: showing the location of St. Louis project

LOCATION	St. Louis, MO
CLIENT/END USER	St. Louis Lambert International Airport

3.2 WINGS OF DREAMS

In 2013, Mandli was hired by Star Intermodal Transportation to do a project of a different scale. In table 2 the location is shown, this time the client was also extraordinary. The issues they were having was detecting the clash points (street lights, bus stops, fire hydrants, utility poles, etc.) of the NASA shuttle external fuel tank they were tasked with moving. The fuel tank was approximately 165 feet long, as you can see in figure 7, it is considered as an oversized vehicle: 34 feet tall, and weighed 75,000 pounds.

Figure 7. NASA space station in Florida

While this project may sound like it would be outside Mandli's scope, it was exactly the sort of problem Mandli's portable Maverick solution was designed to solve. Mandli deployed its Maverick system and one technician down to Florida to drive the 55 mile route to help the company and state Department of Transportation find all the clash points the tank may come into contact with. The final result was the discovery of over 300 items marked for collision.

Table 2: showing the location of Wings of Dream project

LOCATION	Florida
CLIENT/END USER	Star Intermodal Transportation

Conclusions

To summarize the topic we have to highlight that, the new technologies presented by Mandli are the pinnacle of nowadays technologies. The versatility ensured by the company can be used in all walks of life. From utility designs through bridges, till airport designs even some environmental data collection included. With all the benefits combined in one solution this service is undeniably state-of-the-art.

On the other hand a more advanced technology naturally attracts higher costs, and more expert knowledge is also required in order to maintain and operate the existing technology.

Acknowledgement: Hereby I would like to thank the opportunity to my mentor: Sean Mandli, who gave me the possibility to participate during a summer internship in various projects at the company. Moreover I also wish to thank Ray Mandli and Kevin Mandli to introduce us this new technology, which will shape the future.

References

[1] Omasa, K. et. al., 3D lidar imaging for detecting and understanding plant responses and canopy structure, Journal of Experimental Botany, doi: 10.1093/jxb/erl142, 2007
[2] da Silva I., Ibañez W., Poleszuk G. (2018) Experience of Using Total Station and GNSS Technologies for Tall Building Construction Monitoring. In: Rodrigues H., Elnashai A., Calvi G. (eds) Facing the Challenges in Structural Engineering. GeoMEast 2017. Sustainable Civil Infrastructures. Springer, Chamde Palma, A. – Lindsey, R. – Quinet, E. – Vickerman, R. (eds.): A handbook of transport economics, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, 2011.
[3] Azevedo, F. et. al., LiDAR-Based Real-Time Detection and Modeling of Power Lines for Unmanned Aerial Vehicles, Sensors (Basel), doi: 10.3390/s19081812, 2019.
[4] Farahani, D. et. al. Three-dimensional Imaging and Scanning: Current and Future Applications for Pathology, Journal of Pathology Informatics, doi: 10.4103/jpi.jpi_32_17, 2017
[5] https://www.yellowscan-lidar.com/products/fly-drive-uav-car-mapping/ (2020.01.30.)
[6] https://www.Mandli.com (2020.02.12.)

Zsáktelepülések igényvezérelt alapú kiszolgálása a helyközi közösségi közlekedésben

Lakatos András[1] - Dr. Tóth János[1] – Kerek Tamás[2]

[1]Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék
telefon: 1/463 1052
e-mail: lakatos.andras@mail.bme.hu, toth.janos@mail.bme.hu

[2]Volánbusz Zrt. Észak-Borsod-Abaúj-Zemplén megyei Forgalmi Üzem
telefon: 46/515 015/2292
e-mail: kerek.tamas@emkk.hu

Kivonat: Magyarország egészét érintő és aktuális probléma az aprófalvas térségek közösségi közlekedéssel történő kiszolgálása. Az alacsony lakosszámú zsáktelepülések ellátása kizárólag betérésekkel oldható meg, amely jelentős teljesítményt igényel az üzemeltető vállalattól, illetve annak megrendelését követeli meg a közlekedésért felelős minisztériumtól. A vidéki települések elnéptelenedése és elöregedése folyamatos, hiszen a vidéki – gazdaságilag aktív – lakosság a mindennapi ingázás helyett a munkahelyeket, közintézményeket magába foglaló városokba költözik be. Az említettek tükrében kihívást jelent az aprófalvas térségek közösségi közlekedéssel történő kiszolgálása, hiszen a zsákfalvakba történő betérések teljesítmény-igénye magas, az elszállított utasszám pedig alacsony és a gazdasági aktivitását tekintve kevésbé fizetőképes, így a helyváltoztatás jelentős anyagi kompenzációra szorul. A vizsgálat hipotézise, hogy a jelenleg rendelkezésre álló források racionális elosztásával javítható a zsáktelepülések kiszolgálása mind felhasználói, mind üzemeltetői szempontból. Ennek bizonyításához egy olyan vizsgálati módszertan kerül bemutatásra, amely általánosan alkalmazható és alapjául a jelenlegi közlekedési kínálati adatok, teljesítmény-mutatók, demográfiai adatok és utasszámok szolgálnak a törvényi és finanszírozhatósági feltételek betartása mellett. Az optimalizálással javítható az aprófalvas térségek elérhetősége, vagyis az elvándorlás mértéke csökkenthető jelentősebb beruházás nélkül.

Kulcsszavak: igényvezérelt közlekedés, közösségi közlekedés, falugondnoki szolgálat, helyközi közlekedés, zsáktelepülések

Bevezetés

Magyarországon az aprófalvas területek közösségi közlekedéssel történő kiszolgálása számos kihívást jelent a szolgáltatás megrendelője és az azt végző személyszállítási vállalatnak egyaránt. A szolgáltatást a Magyar Állam közlekedésért felelős képviselője, azaz az Innovációs és Technológiai Miniszter rendeli meg közszolgáltatási szerződés keretein belül [1] alapján, amelyet a Volánbusz Zrt. lát el Magyarország egészére kiterjedően. A minisztérium anyagi ellentételezést nyújt a szolgáltató felé egyrészről a szolgáltatásért, másrészről szociálpolitikai menetdíj-kedvezmények, illetve a működés során keletkező veszteség ellensúlyozása végett, így a helyközi közlekedés biztosítása nem profitorientált szolgáltatás, amely kiemelten igaz az aprófalvas térségekre, ahol egy-egy településen néhány 100 ember él.

Az autóbusz-vonalak által lefedett településeken élők mindennapi kiszolgálása (munkába- és iskolába járás stb.) nagyban függ a közösségi közlekedési szolgáltatás színvonalától és mennyiségi paramétereitől. Különösen igaz ez azokban a falvakban, amelyek a településhierarchia legalsó szintjén helyezkednek el, ugyanis a településeken belül az alapszolgáltatásokon kívül (élelmiszerbolt, posta, esetleg óvoda, általános iskola) más, mindennapi élethez elengedhetetlen intézmények nem találhatók meg (pl. egészségügyi intézmények, hivatalok stb). A 600 főnél kisebb lakosszámú, alapfokú településen élők életminőségének javítása érdekében [2] falugondnoki szolgálat fenntartását teszi lehetővé a helyi önkormányzat részéről, amely [3], [4] alapján magába foglalja az igényvezérelt alapon működő személyszállítási szolgáltatást is (pl. templomba, piacra járás).

Jelen vizsgálat célja az állami és önkormányzati megrendelés, illetve rendelet alapján végzett hagyományos és – Magyarországon [5], [6], [7], [8], [9], [10] és világszerte [11] egyre inkább terjedő – igényvezérelt közösségi közlekedési kínálat [12] racionalizálása üzemeltetési, utasoldali szempontból, a hatályos jogszabályok figyelembe vételével, a fenntartható közlekedés jegyében.

1. Módszertan

Az alacsony lakosszámú települések igényvezérelt közösségi közlekedési rendszerrel történő kiszolgálásának vizsgálata 7-lépcsős módszertannal történik, amely magában foglalja a felhasználói és üzemeltetési paraméterek elemzését is, valamint igazolhatja, illetve elvetheti a hipotézisben foglaltakat.

A módszertan az alábbi lépcsős felépítéssel rendelkezik:

1. Autóbuszos fővonalak definiálása.
2. Fővonali betérőjáratok által kiszolgált települések lakosszámának vizsgálata.
3. Betérésekből adódó teljesítmény és költségértékek kiszámítása.
4. Törvényi szempontok és az utasforgalom figyelembe vételével az optimalizálás végrehajtása igényvezérelt közlekedés kiépítésével.
5. Javaslat a felhasználható teljesítmény hasznosítási lehetőségeire.
6. Költségek és a szolgáltatási színvonal változásának vizsgálata.
7. Hipotézis bizonyítása.

A módszertan alapadatként használja a jelenlegi menetrendi kínálatra vonatkozó adatokat (pl. menetrend, tarifatáblázat stb.), a közösségi közlekedési szolgáltató által mért utasszámokat, valamint a települések lakosszámát, mint statisztikai adatot.

1.1 Autóbuszos fővonalak definiálása

Jelen kutatás fő célja az alacsony lakosszámú települések közösségi közlekedésének vizsgálata, ezért érdemes olyan nagyobb településeket (pl. járási központ) összekötő autóbusz-vonalat választani, amelyen közlekedő járatok a – nem forgalomtechnikai értelemben vett – főútvonal mellett fekvő zsáktelepülések kiszolgálását is végzik. Az autóbusz-vonal kiválasztásával definiálhatók a településhierarchia magasabb fokain elhelyezkedő települések, illetve az alapfokú települések (zsákfalvak). Az autóbuszos fővonal alatt az előbb említett települések közötti, betérés nélküli reláció értendő.

1.2 Fővonali betérő járatok által kiszolgált települések demográfiai vizsgálata

Annak érdekében, hogy az igényvezérelt közlekedés a falugondnoki járművekkel történhessen, vizsgálni szükséges a települések állandó lakosszámát, illetve a falugondnoki járművek meglétét. A népességszám-elemzéshez a [13] adatai szolgáltatják az alapot, míg a falugondnoki midibuszok számának meghatározása az érintett települések polgármestereivel folytatott interjúkból adódnak. Megjegyzendő, hogy ezen személyszállításra alkalmas eszközök beszerzésére az elmúlt 15 évben számos pályázatot írt ki az illetékes minisztérium (pl. [14], [15]), amelynek során teljes állami finanszírozás keretein belül lehetett pályázni falugondnoki járművek beszerzésére.

1.3 Betérésekből adódó teljesítmény és költségértékek kiszámítása

A közösségi közlekedési kínálati oldal, azaz a teljesítmény-mutatók és azokhoz tartozó költségértékek feltérképezése szükséges. A vonalon közlekedő adott járat menetrendi adatai megadják, mely települést mely időpontban érinti. Ezzel mátrixos formában előállítható a települést érintő járatok darabszáma (X_{0i} … X_{23m}) üzemidőn belüli órás bontásban, irányonként (1. táblázat, 2. táblázat).

1. táblázat: Települést érintő járatszámok kifelé irányban (forrás: saját forrás)

Óra/település	i	j	k	…	m
0	X_{0i}	X_{0j}	X_{0k}	…	X_{0m}
1	X_{1i}	X_{1j}	X_{1k}	…	X_{1m}
2	X_{2i}	X_{2j}	X_{2k}	…	X_{2m}
…	…	…	…	…	…
23	X_{23i}	X_{23j}	X_{23k}	…	X_{23m}

2. táblázat: Települést érintő járatszámok befele irányban (forrás: saját forrás)

Óra/település	i	j	k	…	m
0	Y_{0i}	Y_{0j}	Y_{0k}	…	Y_{0m}
1	Y_{1i}	Y_{1j}	Y_{1k}	…	Y_{1m}
2	Y_{2i}	Y_{2j}	Y_{2k}	…	Y_{2m}
…	…	…	…	…	…
23	Y_{23i}	Y_{23j}	Y_{23k}	…	Y_{23m}

A kétirányú kínálati értékeket az irányhelyes mátrixok megfelelő elemeinek összege adja (1).

$$X_{oi} + Y_{0i} = Z_{0i}$$
$$\dots$$
$$X_{23m} + Y_{23m} = Z_{23m} \quad (1)$$

Ez alapján előállítható a kétirányú, települést érintő járatszámokat órás bontásban tartalmazó mátrix (3. táblázat).

3. táblázat: Települést érintő járatszámok kétirányban (forrás: saját forrás)

Óra/település	i	j	k	...	m
0	Z_{0i}	Z_{0ij}	Z_{0k}	...	Z_{0m}
1	Z_{1i}	Z_{1j}	Z_{1k}	...	Z_{1m}
2	Z_{2i}	Z_{2j}	Z_{2k}	...	Z_{2m}
...	...	...	...	...	...
23	Z_{23i}	Z_{23j}	Z_{23k}	...	Z_{23m}

Ezt követően meghatározandó az egyes betéréseknek a hossza. A jelenlegi menetrend szerinti betérések teljesítménye órás bontásban kiszámolható a kétirányú járatszámokat tartalmazó mátrix és a betérési távolság szorzataként (2).

$$Z_{x,\alpha} \cdot s_\alpha = W_{x,\alpha} \quad (2)$$

ahol:

- $Z_{x\,\alpha}$: adott településre adott órában (x) betérő járatok száma ($Z_{xi} \dots Z_{xm}$) [darab];
- α: település fővonaltól legtávolabbi megállóhelyének azonosítója (i…m);
- x: adott óra (0-23)
- s_α: adott település távolsága a fővonaltól [km];
- $W_{x\,\alpha}$: adott településre való betérések teljesítmény-értéke órára vonatkoztatva [km].

A kívánt értékek összegzésével előállítható napi szintű, de akár időszakra (pl. csúcsidőszak) vonatkoztatott teljesítmény-érték is az egyes települések tekintetében. Jelen vizsgálat szempontjából a napi, illetve a csúcsidőn kívüli (9-13 óráig) teljesítmény bír jelentőséggel, ezért azok számítási módjának (3), (4) ismertetése elegendő.

$$W_{napi,\alpha} = \sum_{x=0}^{23} W_{x,\alpha} \quad (3)$$

$$W_{csk,\alpha} = \sum_{x=9}^{13} W_{x,\alpha} \quad (4)$$

ahol:

- $W_{napi,\alpha}$: Kétirányú betérések napi teljesítménye adott település tekintetében [km].
- $W_{csk,\alpha}$: Kétirányú betérések csúcsidőn kívüli teljesítménye adott település tekintetében [km].

Adott betérések ezen felül valamennyi települést figyelembe véve is összegzendők (5), (6).

$$W_{csk} = \sum_{\alpha=i}^{m} W_{csk,\alpha} \quad (5)$$

$$W_{napi} = \sum_{\alpha=i}^{m} W_{napi,\alpha} \quad (6)$$

A betérések jelenlegi menetrenden alapuló költségvonzatának meghatározása az előzőekben ismertetett időszakokra az alábbiak szerint történik (7), (8):

$$W_{napi} \cdot C_{busz} = C_{napi} \quad (7)$$

$$W_{csk} \cdot C_{busz} = C_{csk} \quad (8)$$

ahol:

- C_{busz}: dízelüzemű, 50 fő befogadóképességű autóbusz üzemeltetési költsége kilométerenként [forint/km];
- C_{napi}: betérések napi üzemeltetési költsége [forint/km];
- C_{csk}: betérések csúcsidőn kívüli üzemeltetési költsége [forint/km].

1.4 Jogszabályi szempontok és az utasforgalom figyelembe vételével az optimalizálás végrehajtása

Az optimalizálás végrehajtásához a hazai törvényi szabályozásra is tekintettel kell lenni. Magyarországon a közösségi közlekedést törvényi szinten [1] szabályozza. Emellett természetesen szerves részét képezi a helyközi közlekedésnek a megrendelő és a szolgáltató között kötött közszolgáltatási szerződés is, valamint számos kormány- és Európai Uniós rendelet (pl. 561/2006/EK).

Jelen vizsgálat szempontjából [1]-ben foglaltak játszanak jelentős szerepet, hiszen a 28§ (1) pontja alapján *„Az igényvezérelt személyszállítási szolgáltatás alkalmazására különösen a) a munkába járás és az oktatási, nevelési intézményekbe történő eljutással nem érintett időszakokban,… kerülhet sor”.*

Elmondható, hogy a módszertan képes kezelni a törvényben foglaltakat, hiszen az órás bontásban lévő teljesítmény-mutatókat annak megfelelően lehet összegezni. Külön kiemelendő, hogy a törvény a menetrendszerinti közszolgáltatással ellátott átszállóhely megközelítésére tartja alkalmasnak az igényvezérelt közlekedést. Ez az optimalizáció során különös jelentőséggel bír, hiszen a betérési teljesítmény racionalizálása elsősorban a menetrendszerinti betérések igényalapú kiváltásával lehetséges.

Az érintett autóbusz-vonalakon közlekedő járatok tekintetében vizsgálni és értékelni szükséges az utasszámokat, kifejezetten az egyes településeken fel- illetve leszállók számát a különböző napszakokban és napi szinten egyaránt.

Amennyiben a módszertan lépéseit végigkövetve az optimalizálás végrehajtható, úgy a statikus menetrendszerinti betérések kiváltása szükséges igényvezérelt falugondnoki járművekkel, amelyhez definiálni kell azon megállóhelyeket, ahol a menetrendszerinti járatokkal üzemelő vonalra való rá- és elhordás megtörténik. A menetrendszerinti autóbuszjárat és falugondoki járatok közötti párhuzamosságok minimalizálása érdekében az adott településhez közúton legközelebb eső fővonali autóbusz-megállóhelyet szükséges választani, amely lehet elágazónál is, lakott területen kívül is.

1.5 Javaslat a felhasználható teljesítmény hasznosítási lehetőségeire

Az optimalizálást követően a helyközi, statikus menetrend alapján működő szolgáltatást érintően teljesítmény-csökkenés érhető el a betérések igényvezérelt közlekedéssel történő kiváltása miatt. Ugyanakkor a falugondnoki járművel végzett személyszállítás teljesítményértéke az igények függvényében változhat, szabadságfoka magas. Ez jelentheti azt, hogy a jelenlegi, fix menetrendi betérésekhez képest magasabb, azonos vagy alacsonyabb értékeket is felvehet. Ezzel együtt – a hagyományos közösségi közlekedési rendszerhez képest – fajlagosan alacsonyabb működési költségek miatt bármely teljesítmény-változás esetén az üzemeltetési költségek csökkenése várható a jelenlegi rendszerrel összehasonlítva.

A rendszer bevezetését követően, az utasforgalom terén szerzett tapasztalatok birtokában lehetőség van – a költségek változásából adódóan – a felszabaduló hasznos kilométer-érték átcsoportosítására, illetve a statikus menetrend alapú fővonali szolgáltatás bővítésére (pl. ütemes, óránkénti indulásokat tartalmazó menetrend bevezetése) is.

1.6 Költségek és a szolgáltatási színvonal változásának vizsgálata

Az üzemeltetési költség két részre bontható:

- fix költségek: humán erőforrás bére, utastájékoztató rendszer üzemeltetése stb;
- közvetlen költségek: üzemanyagár, karbantartási költségek stb.

Elsőként a közvetlen költségeket vizsgálva megállapítható, hogy a gázolaj-felhasználású szóló buszok átlagos fogyasztása 35 liter/100 km. Ez természetesen típusonként, sőt járművenként eltérő lehet, de [16], [17], [18] alapján átlagértékként alkalmazható. Ezzel ellentétben a falugondoki 9 személyes buszok üzemanyag-felhasználása körülbelül 10 liter/100 km.

Ugyan a karbantartási költségek tekintetében elmondható, hogy a falugondnoki buszokat üzemeltető cég vagy szervezet nem követi a Volánbusz Zrt. által rendszeresített, még a gyártói ajánlásoknál is szigorúbb karbantartási ciklusrendet (pl. heti-kétheti revíziók, I. és II. jelű szemlék stb.), de jelen vizsgálat során ugyanakkora költséget szükséges biztosítani a falugondnoki buszok karbantartására is, nem kizárva ezzel az állami cég által alkalmazott karbantartási ciklusrend érvényesítését.

Fontos megemlíteni, hogy a Volánbusz Zrt. a MOL Nyrt.-vel kötött megállapodása alapján körülbelül 25 forinttal vételezi olcsóbban a gázolajat literenként, így ez – a világpiaci ártól függően – körülbelül 383

forintba kerül literenként. A falugondnoki buszokat üzemeltető cégek, szervezetek számára ez a kedvezmény nem érvényesíthető, így azok a piaci áron, azaz körülbelül 407 forintért vételezik az üzemanyagot literenként. [19], [20]

Ezek alapján szükséges definiálni az üzemeltetési költségek változását a betérő, különböző időszakokra vonatkoztatott teljesítmény függvényében.

Teljes üzemidőt illetően ezt a (9), (10) egyenletek adják meg.

$$\frac{W_{napi,}}{100} \cdot f_{kisbusz} \cdot c_{normál} = C_{kisbusz,napi} \tag{9}$$

ahol:

- $f_{kisbusz}$: falugondnoki járművek fogyasztása [10 liter/100 km];
- $c_{normál}$: gázolaj piaci ára 2019. november 13-i állapot szerint [407 forint/liter];
- $C_{kisbusz,napi}$: falugondnoki járművek teljes üzemidőre vonatkoztatott üzemanyagköltsége [forint].

$$\frac{W_{napi}}{100} \cdot f_{szóló} \cdot c_{kedv.} = C_{szóló,napi} \tag{10}$$

ahol:

- $f_{formál}$: dízel üzemű, szóló járművek fogyasztása [35 liter/100 km];
- c_{kedv}: Volánbusz Zrt. – MOL Nyrt. megállapodásán alapuló kedvezményes üzemanyagár [383 forint/liter];
- $C_{szóló,napi}$: szóló járművek teljes üzemidőre és kizárólag a betérésekre vonatkoztatott üzemanyagköltsége [forint].

Teljes üzemidőre a két költség közötti különbség a következőképp számítandó (11).

$$\Delta C_{napi} = C_{szóló,napi} - C_{kisbusz,napi} \tag{11}$$

Csúcsidőszakon kívüli napszakra (9-13 óráig) pedig a (12), (13) egyenletek adják meg.

$$\frac{W_{csk}}{100} \cdot f_{kisbusz} \cdot c_{normál} = C_{kisbusz,csk} \tag{12}$$

ahol:

- $C_{kisbusz,csk}$: falugondnoki járművek csúcsidőn kívüli napszakra vonatkoztatott üzemanyagköltsége.

$$\frac{W_{csk}}{100} \cdot f_{szóló} \cdot c_{kedv.} = C_{szóló,csk} \tag{13}$$

ahol:

- $C_{szóló,csk}$: szóló járművek csúcsidőszakon kívüli napszakra és kizárólag a betérésekre vonatkoztatott üzemanyagköltsége.

Csúcsidőn kívüli napszakra a két költség közötti különbséget pedig a (14) egyenlet adja meg.

$$\Delta C_{csk} = C_{szóló,csk} - C_{kisbusz,csk} \tag{14}$$

Az említett különbségek alapján kiszámíthatók azok a teljesítmény-mennyiségek, amelyek a jelenlegi költségeket alapul véve – az optimalizációt követően – többlet-szolgáltatás biztosítására felhasználhatók (15), (16) adott napszakban.

$$W_{f,csk} = \frac{\Delta C_{csk}}{C_{kisbusz,csk}} \cdot W_{csk} \tag{15}$$

$$W_{f,napi} = \frac{\Delta C_{napi}}{C_{kisbusz,napi}} \cdot W_{napi} \tag{16}$$

ahol:

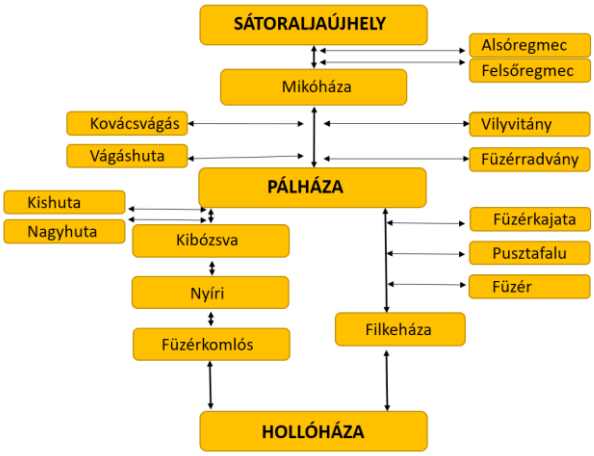
- $W_{f,csk}$: csúcsidőn kívüli időszakban felhasználható teljesítmény-mennyiség [km];
- $W_{f,napi}$: napi szinten felhasználható teljesítmény-mennyiség [km]

1.7 Hipotézis bizonyítása

A lépések alapján megalkotott, optimalizált közösségi közlekedési hálózatot rendszerszinten szükséges értékelni a módszertanban megfogalmazott pontok alapján. Amennyiben a racionalizáció mind a közösségi közlekedési szolgáltatónak, mind a megrendelőnek, mind pedig az utazóközönség számára előnyös, azaz javul a rendszer fenntarthatósága, illetve a zsáktelepülések elérhetősége, úgy annak gyakorlatba történő átültetése indokolt.

2. Eredmények

A bemutatott vizsgálati módszertan alapján a 3900 Sátoraljaújhely – Kovácsvágás – Pálháza – Nagyhuta – Hollóháza, valamint a 3901 Sátoraljaújhely – Kovácsvágás – Pálháza – Nagyhuta – Nyíri – Hollóháza autóbusz-vonalak által kiszolgált települések kerültek elemzésre. Ezen vonalakon közlekedő járatokban közös, hogy Sátoraljaújhely – Mikóháza – Pálháza - $\frac{Filkeháza}{Kisbózsva-Nyíri-Füzérkomlós}$ – Hollóháza útvonalon, mint fővonalon közlekednek, amelyről a menetrendben jelölt módon letérve szolgálják ki az útvonal mellett elhelyezkedő zsáktelepüléseket (1. ábra).



1. ábra: Autóbusz-vonalak által kiszolgált települések (forrás: saját forrás)

4. táblázat: Érintett települések demográfiai adatai (forrás: [13])

Településnév	Állandó lakos [fő]	Foglalkoztatottak		Munkanélküli		Inaktív		Eltartott	
		Százaléka a lakosságnak	Fő	Százaléka a lakosságnak	Fő	Százaléka a lakosságnak	Fő	Százaléka a lakosságnak	Fő
Alsóregmec	**183**	33%	61	10%	18	36%	66	21%	38
Felsőregmec	**324**	10%	31	3%	10	39%	125	49%	158
Vilyvitány	**227**	27%	61	10%	22	44%	99	20%	45
Mikóháza	552	39%	218	4%	23	32%	178	24%	133
Füzérradvány	**328**	19%	63	14%	46	37%	122	30%	97
Kovácsvágás	**657**	20%	132	17%	111	26%	170	37%	244
Vágáshuta	**71**	31%	22	6%	4	43%	30	21%	15
Pálháza	971	17%	161	17%	161	28%	268	39%	381
Kishuta	**273**	41%	112	8%	21	40%	110	11%	30
Nagyhuta	**63**	32%	20	10%	6	49%	31	10%	6
Kisbózsva	**173**	34%	58	29%	17	36%	63	20%	35
Nyíri	**404**	25%	99	12%	47	36%	144	28%	114
Füzérkomlós	**321**	36%	116	8%	27	32%	103	23%	75
Filkeháza	**110**	26%	29	10%	11	28%	31	35%	39
Füzérkajata	**111**	24%	27	14%	15	45%	50	17%	19
Füzér	**378**	34%	128	8%	29	38%	143	21%	78
Pusztafalu	**200**	31%	61	4%	7	52%	104	14%	28
Hollóháza	846	38%	321	7%	63	37%	311	18%	151

A zsáktelepülések Kovácsvágás kivételével mind 500 fő alatti lakosszámmal bírnak, sőt két esetben 100 fő alatti állandó lélekszámmal rendelkeznek (4. táblázat).

Leszámítva az utasok ingázásának megfelelő irányokból a kora hajnali és késő esti indulásokat elmondható, hogy a fővonalon Sátoraljaújhely és Pálháza között közlekedő 22 járatpár óránként közlekedő autóbuszokat jelent, amely szimbolizálja a két város közötti mobilitási igény volumenét. Hasonló elgondolás alapján a Pálháza és Hollóháza között közlekedő, irányhelyesen 18 és 19 járat is a fentieket erősíti. Hangsúlyozandó, hogy a Sátoraljaújhelyre érkező, illetve onnan induló autóbuszok menetrendi csatlakozást biztosítanak a 80c vasútvonalakon közlekedő vonatok többségéhez. A betéréseket illetően a napi teljesítmény-értékek és az ezzel együttjáró költségigényeket az 5. táblázat

tartalmazza, amelyek összértéke 815,4 kilométer és 448.470 forint. Érdekes adat, hogy a vizsgált autóbusz-vonalakon közlekedő járatok napi, kétirányú teljesítmény-értéke ezzel szemben csak 2093 km.

5. táblázat: Betérések teljesítmény-igénye és költségei napi szinten a jelenlegi menetrend alapján (forrás: saját forrás)

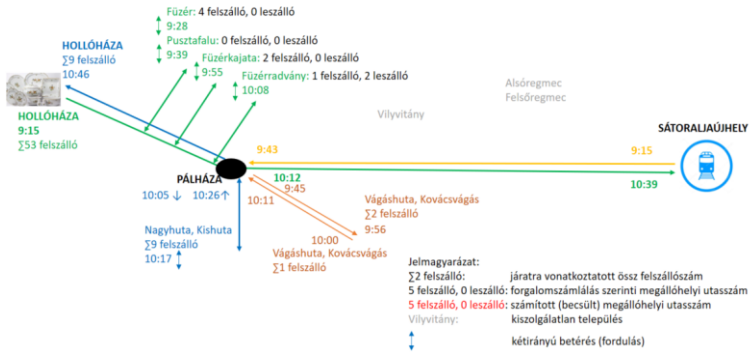
Település neve:	Alsóregmec	Felsőregmec	Vilyvitány	Kovácsvágás	Vágáshuta	Füzérradvány	Kishuta	Nagyhuta	Füzérkajata	Füzér	Pusztafalu
Napi betérések száma [db]:	10	10	10	16	15	10	11	11	8	14	15
Betérés teljesítménye [km]:	1,5	3	3,9	2,5	4,1	1,9	4,1	2,3	3,1	3	4,4
Betérés összteljesítménye [km]:	30	60	78	80	123	38	90,2	50,6	49,6	84	132
Betérés költsége [HUF]	**16500**	**33000**	**42900**	**44000**	**67650**	**20900**	**49610**	**27830**	**27280**	**46200**	**72600**

A csúcsidőn kívüli kínálatról (6. táblázat) is elmondható, hogy a fővonalon óránként követik egymást az autóbusz-járatok, míg a betérések száma ennél alacsonyabb (kb. 2 óránként), de teljesítmény-igénye (178,2 kilométer) és összköltsége (98.010 forint) jelentős.

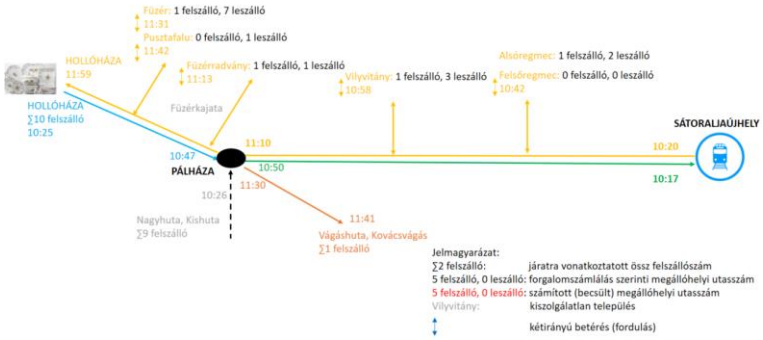
6. táblázat: Betérések teljesítmény-igénye és költségei csúcsidőn kívül a jelenlegi menetrend alapján (forrás: saját forrás)

Település neve:	Alsóregmec	Felsőregmec	Vilyvitány	Kovácsvágás	Vágáshuta	Füzérradvány	Kishuta	Nagyhuta	Füzérkajata	Füzér	Pusztafalu
Csúcsidőn kívüli betérések száma [db]:	2	2	2	4	4	3	3	3	2	2	2
Betérés teljesítménye [km]:	1,5	3	3,9	2,5	4,1	1,9	4,1	2,3	3,1	3	4,4
Betérés összteljesítménye [km]:	6	12	15,6	20	32,8	11,4	24,6	13,8	12,4	12	17,6
Betérés költsége [HUF]	**3300**	**6600**	**8580**	**11000**	**18040**	**6270**	**13530**	**7590**	**6820**	**6600**	**9680**

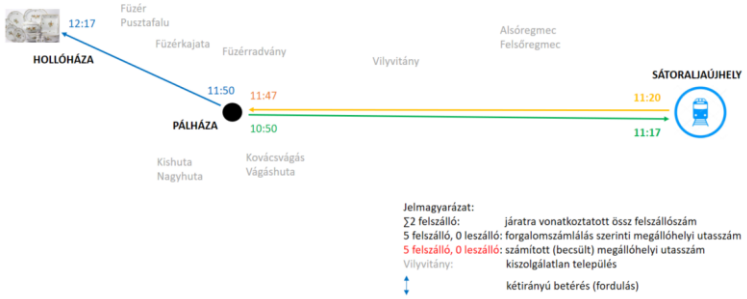
A Volánbusz Zrt.-től kapott forgalomszámlálási adatokat vizsgálva, a napközbeni csúcsidőn kívüli szolgáltatást összefoglalva elmondható (2. ábra, 3. ábra, 4. ábra, 5. ábra), hogy az 500 fő alatti települések tekintetében nem jelentkezik olyan utazási igény (>8 fő/indulás), amelyet a falugondnoki járművek – azok kapacitás-korlátait figyelembe véve – ne lennének képesek ellátni. Kiemelten került értékelésre Kovácsvágás, amely 500 fő fölötti állandó lakosszámmal bír, de a jelentkező mobilitási igények (2. ábra, 3. ábra, 5. ábra) nem mutatnak szignifikáns eltérést a többihez képest.



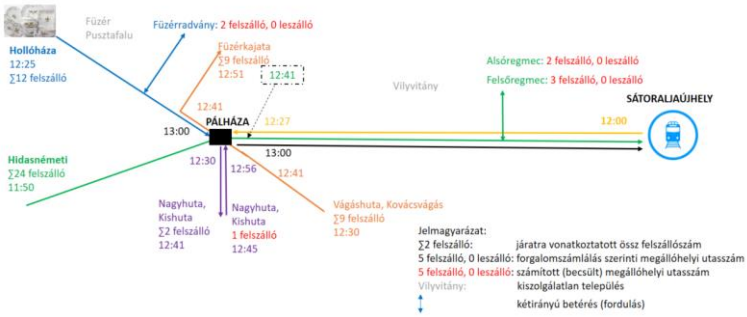
2. ábra: Le- és felszálló utasok az érintett településeken 9-10 óra között (adatok forrása: Volánbusz Zrt.)



3. ábra: Le- és felszálló utasok az érintett településeken 10-11 óra között (adatok forrása: Volánbusz Zrt.)



4. ábra: Le- és felszálló utasok az érintett településeken 11-12 óra között (adatok forrása: Volánbusz Zrt.)



5. ábra: Le- és felszálló utasok az érintett településeken 12-13 óra között (adatok forrása: Volánbusz Zrt.)

A tapasztalt alacsony utasszám tükrében megfontolandó a falugondnoki járművek igényvezérelt elven történő üzemeltetése, ugyanis az utasforgalmi adatok alapján felfedezhető számos olyan eset, amikor le- és felszállási igény nem jelentkezett, a betérést – a kötött menetrend és útvonal miatt – mégis teljesített a menetrend szerint közlekedő autóbusz. A módszertani lépéseken alapuló elgondolást követve tehát végrehajtható az optimalizálás.

A többi napszakot illetően a Volánbusz Zrt. által szolgáltatott utasforgalmi adatok releváns értékeit a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: Releváns utasszámadatok a többi napszak esetében (adatok forrása: Volánbusz Zrt.)

Vizsgált járat	Mezőkód /járatszám	Indulási időpont	Érintett zsáktelepülések	Maximális fel/leszállószám a betérésnél [fő]
Sátoraljaújhely - Pálháza	3900/3	4.10	Alsóregmec, Felsőregmec	2/0 3/0
Pálháza - Vágáshuta	3900/118	15.05	Kishuta, Nagyhuta, Kovácsvágás, Vágáshuta	1/10 0/3 0/16 0/2
Sátoraljaújhely - Füzérradvány	3900/141	16.15	Füzérradvány	0/6
Hollóháza - Pálháza	3900/94	16.25	Füzér, Pusztafalu	2/1 0/1
Füzérradvány - Sátoraljaújhely	3900/122	16.50	Füzérradvány, Kovácsvágás, Vágáshuta	0/0 2/3 8/0
Sátoraljaújhely - Hollóháza	3900/177	21.45	Füzér, Pusztafalu	0/0 0/0

3. Analízis és értékelés

A racionalizálás végrehajtása során háromfajta beavatkozási mód javasolt (8. táblázat):

- a teljes járat kiváltása igényvezérelt alapon működő falugondnoki szolgáltatással;
- a fővonalon közlekedő járat betéréseinek kiváltása rugalmas falugondnoki szolgáltatással;
- jelenleg kizárólag a fővonalon közlekedő járatokhoz ráhordó falugondnoki szolgáltatás biztosítása.

8. táblázat: Optimalizálásba bevont járatok (forrás: saját forrás)

Mezőkód	Járat-szám	Indulási időpont	Induló állomás	Érkező állomás	Jelenlegi betérés	Tervezet
3900	62	9:15	Hollóháza	Sátoraljaújhely	Füzér	Falugondnoki busszal ráhordás Füzéri elág. (Dobogó) [3] buszmegállóig
					Pusztafalu	Falugondnoki busszal ráhordás Füzéri elág. (Dobogó) [3] buszmegállóig
					Füzérkajata	Falugondnoki busszal ráhordás Füzérkajatai elág. [3] buszmegállóig
					Füzérradvány	Falugondnoki busszal ráhordás Pálháza, aut. vt. buszmegállóig
3900	59	9:15	Sátoraljaújhely	Pálháza	-	Ráhordó szolgáltatás adható
3900	56	9:45	Pálháza	Vágáshuta	Kovácsvágás	Járat menetrendszerinti indulásának kiváltása igényvezérelt falugondnoki szolgáltatással
					Vágáshuta	
3900	61	10:00	Vágáshuta	Pálháza	Kovácsvágás	Járat menetrendszerinti indulásának kiváltása igényvezérelt falugondnoki szolgáltatással
					Vágáshuta	
3901	85	10:05	Pálháza	Hollóháza	Nagyhuta	Falugondnoki busszal ráhordás Pálháza, aut. vt. buszmegállóig
					Kishuta	Falugondnoki busszal ráhordás Pálháza, aut. vt. buszmegállóig
3900	69	10:20	Sátoraljaújhely	Hollóháza	Alsóregmec	Falugondnoki busszal ráhordás Mikóháza, temető buszmegállóig
					Felsőregmec	Falugondnoki busszal ráhordás Mikóháza, temető buszmegállóig
					Vilyvitány	Falugondnoki busszal ráhordás Mikóháza, vegyesbolt buszmegállóig
					Füzér	Falugondnoki busszal ráhordás Füzéri elág. (Dobogó) [3] buszmegállóig
					Pusztafalu	Falugondnoki busszal ráhordás Füzéri elág. (Dobogó) [3] buszmegállóig
3901	64	10:25	Hollóháza	Pálháza	-	Ráhordó szolgáltatás adható
3900	66	10:50	Pálháza	Sátoraljaújhely	-	Ráhordó szolgáltatás adható
3900	71	11:20	Sátoraljaújhely	Pálháza	-	Ráhordó szolgáltatás adható
3900	70	11:30	Pálháza	Vágáshuta	Kovácsvágás	Járat menetrendszerinti indulásának kiváltása igényvezérelt falugondnoki szolgáltatással
					Vágáshuta	
3929	668	11:50	Hidasnémeti	Sátoraljaújhely	Alsóregmec	Falugondnoki busszal ráhordás Mikóháza, temető buszmegállóig
					Felsőregmec	Falugondnoki busszal ráhordás Mikóháza, temető buszmegállóig
3901	75	11:50	Pálháza	Hollóháza	-	Ráhordó szolgáltatás adható
3900	85	12:00	Sátoraljaújhely	Pálháza	-	Ráhordó szolgáltatás adható
3901	92	12:25	Hollóháza	Pálháza	-	Ráhordó szolgáltatás adható
3900	87	12:30	Vágáshuta	Füzérkajata	Vágáshuta	Járat menetrendszerinti indulásának kiváltása igényvezérelt falugondnoki szolgáltatással
					Kovácsvágás	
					Füzérkajata	
3901	43	12:30	Pálháza	Nagyhuta	Nagyhuta	Járat menetrendszerinti indulásának kiváltása igényvezérelt falugondnoki szolgáltatással
					Kishuta	
3901	72	12:45	Nagyhuta	Pálháza	Nagyhuta	Járat menetrendszerinti indulásának kiváltása igényvezérelt falugondnoki szolgáltatással
					Kishuta	

A teljes járat kiváltása során szolgáltatási színvonal csökkenés nem következik be, ugyanis a jelenlegi menetrend alapján is átszállásra kényszerül a fővonali település és a zsákfalu között utazó, az igényvezérelt közlekedés bevezetésével pedig az átszállási idők számos esetben csökkenthetők. Összesen 6 járat (7. táblázat) kiváltása javasolt a napközbeni, csúcsidőn kívüli időszakban.

A második típus, azaz a fővonalon közlekedő járatok betéréseinek kiváltása esetében 4 járat érintett:

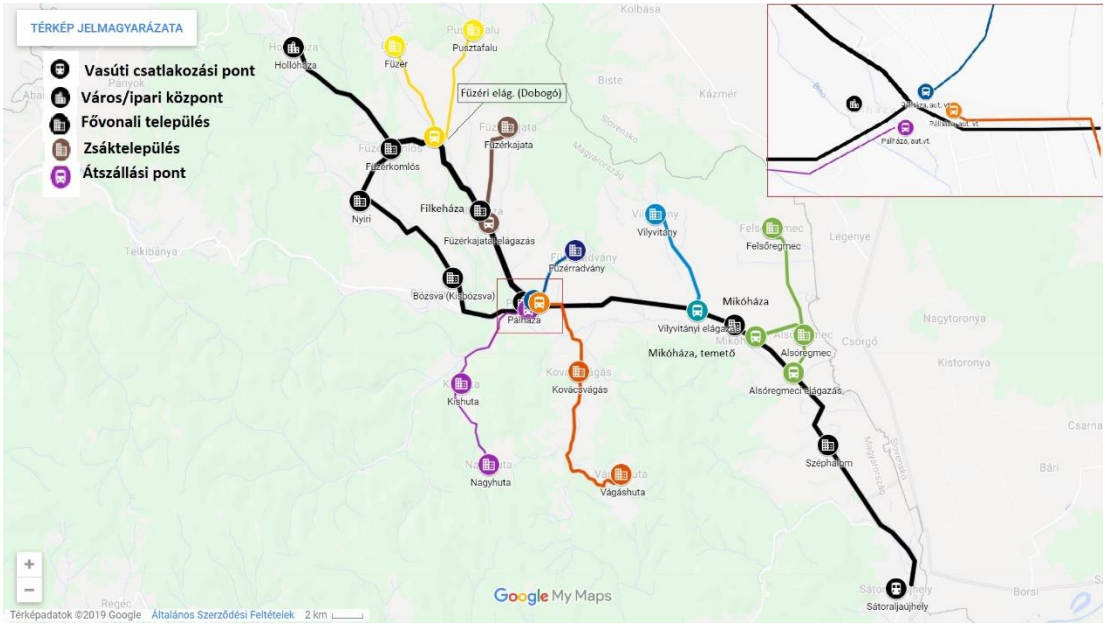
- Hollóháza (indul. 9.15 óra) és Sátoraljaújhely között közlekedő járat Füzér, Pusztafalu, Füzérradvány és Füzérkajata betéréseinek;
- Pálháza (indul 10.05 óra) és Hollóháza relációban közlekedő járat nagyhutai és kishutai betéréseinek;
- Sátoraljaújhely (indul 10.20 óra) és Hollóházát összekötő fővonali autóbusz-járat Alsóregmec, Felsőregmec, Vilyvitány, Füzér és Pusztafalu falvakba való betérések;
- Hidasnémeti (indul 11.50 óra) – Sátoraljaújhely járat alsóregmeci és felsőregmeci betéréseinek

igényvezérelt alapon működő falugondnoki busszal történő helyettesítése.

Ezekben az esetekben a ráhordást a legközelebb eső fővonali megállóhelyig szükséges biztosítani az optimális teljesítmény-felhasználás, valamint a párhuzamos kínálat elkerülése miatt.

A harmadik beavatkozási csoportot illetően elmondható, hogy azokhoz a fővonali járatokhoz, amelyek jelenleg nem térnek be sehova, igényvezérelt alapon rá- illetve elhordó szolgáltatás adható a jelenlegi költségértékek megtartása mellett. Ehhez nyújtanak alapot az órás bontásban szerepeltetett ábrákon (2. ábra, 3. ábra, 4. ábra, 5. ábra) szürke színnel jelölt települések, ugyanis azon falvak esetében a fővonali járathoz csatlakozó falugondnoki szolgáltatás biztosítható. Ezzel a zsáktelepülések szolgáltatási színvonala növelhető.

Az optimalizálás során javasolt változtatásokon alapuló közösségi közlekedési hálózatot a 6. ábra szemlélteti, amelyből kitűnik, hogy a szolgáltatás fenntartásához a jelenleg rendelkezésre állónál kevesebb falugondnoki járműre van szükség (pl. Vágáshuta, Kovácsvágás és Füzérradvány falvak kiszolgálása történhet egy járművel), így tartalék is képezhető.



61. ábra: Optimalizált közösségi közlekedési hálózat (forrás: saját forrás)

Hangsúlyozandó, hogy a fenti megállapítások megvalósításához az illetékes önkormányzatok közötti jó kommunikáció és együttműködés szükséges (mely település falugondnoki járműve mikor közlekedjen).

A megtervezett közlekedési hálózatot követően a módszertanban foglaltak alapján meghatározhatók a gazdasági paraméterek a betérések tekintetében (17), (18), (19):

$$C_{kisbusz,csk} = 7.253 \frac{forint}{napszak} \tag{17}$$

$$C_{szóló,csk} = 23.888 \frac{forint}{napszak} \tag{18}$$

$$\Delta C_{csk} = 16.635 \frac{forint}{napszak} \tag{19}$$

A költségkülönbségből látszik, hogy a jelenlegi menetrend szerinti betérések falugondnoki kisbuszokkal történő ellátása több, mint napi 16 ezer forint (ΔC_{csk}) megtakarítást jelent a napközbeni csúcsidőn kívüli időszakban. Ebből adódik, hogy a jelenlegi betérések kielégítése mellett további napi 408 km ($W_{f,csk}$) teljesítmény válik finanszírozhatóvá, amely a (20) egyenletből adódik, ahol a 178,2 kilométeres (W_{csk}) érték a korábban megadott, csúcsidőn kívüli betérések összteljesítményét jelenti.

$$W_{f,csk} = 408{,}7 \sim 408 \tag{20}$$

Visszacsatolva ezt a fővonali óránkénti követéshez, elmondható, hogy minden fővonali induláshoz minden zsáktelepülés tekintetében rá- illetve elhordó szolgáltatás adható igényvezérelt falugondnoki szolgáltatás alkalmazásával, amelyet a 9. táblázat bizonyít.

9. táblázat: Kínálható többlet-betérések száma zsáktelepülésenként (forrás: saját forrás)

Település neve:	Alsóregmec	Felsőregmec	Vilyvitány	Kovácsvágás	Vágáshuta	Füzérradvány	Kishuta	Nagyhuta	Füzérkajata	Füzér	Pusztafalu
Betérés teljesítménye [km]:	1,5	3	3,9	2,5	4,1	1,9	4,1	2,3	3,1	3	4,4
Nyújtható további betérések száma:	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2	2
Betérés összteljesítménye [km]:	6	12	23,4	10	16,4	3,8	16,4	9,2	12,4	12	17,6

A betérési teljesítményeket összegezve 139,2 kilométer adódik, ami azt jelenti, hogy több, mint 250 kilométernyi teljesítmény használható még fel igény esetén a fővonalon óránként közlekedő autóbusz-járatokra történő rá- illetve elhordás mellett:

- más időszakok közlekedési kínálatának javítása;
- falugondnoki szolgáltatás kiemelt finanszírozása (magasabb állami támogatás);
- fővonali szolgáltatás javítása;
- teljesítmény átcsoportosítása más vonalakra.

A fővonali közlekedés esetleges bővítése esetén, a teljesítmény-elosztás során figyelmet kell fordítani a többletindulásokhoz adható, zsáktelepüléseket kiszolgáló kapcsolatokra is. Ezzel is mérsékelhető az esetleges átszállási kényszerből adódó szolgáltatási színvonal csökkenésének érzete, hiszen a fővonaltól távolabb elhelyezkedő, alacsony lakosszámú falvakban élők számára növekszik az elérhető közösségi közlekedési kínálat. Ebből adódóan javul a települések elérhetősége, a jelentkező mobilitási igények jobban kiszolgálhatók.

A csúcsidőszaki közösségi közlekedésre vonatkozó optimalizáció vizsgálata pusztán teoretikus, hiszen a személyszállítási törvény munka- illetve iskolamotiváltságú utazások igényvezérelt közforgalmú közlekedéssel történő ellátását nem teszi lehetővé. A 7. táblázat adataiból egyértelműen látszik, hogy számos zsáktelepülés (pl. Kishuta, Nagyhuta, Kovácsvágás, Vágáshuta) a falugondnoki járművek kapacitás-korlátai miatt sem szolgálható ki az önkormányzati kisbuszok bevonásával A jelzett utazási igények 2-3 darab falugondnoki busszal elégíthetők ki relációnként, amely problémákat vet fel mind a rendelkezésre álló eszközök (kisbuszok), mind pedig a humán erőforrás tekintetében (járművezetők, falugondnokok).

Ellentétes megállapítás vonható le Füzérradvány, Füzér, Pusztafalu, Vilyvitány, Alsóregmec, Felsőregmec tekintetében, amelyek kiszolgálását végző autóbusz-járatok utasszámai semelyik időszakban sem haladják meg a falugondnoki járművek által kínált kapacitásértéket. Belátható, hogy a személyszállítási törvény módosításával ezen zsákfalvak kiszolgálása elméleti szinten megoldható falugondnoki járművekkel.

Kiszámíthatók a betérésekre vonatkozó üzemeltetési költségértékek napi szinten a falugondnoki minibuszra és a „hagyományos", dízel üzemű, 50 fő befogadóképességű szóló autóbuszra egyaránt, összhangban a módszertani lépésekben leírtakkal (21), (22), (23).

$$C_{minibusz,napi} = 33.187 \frac{forint}{nap} \tag{21}$$

$$C_{szóló,napi} = 109.304 \frac{forint}{nap} \tag{22}$$

$$\Delta C_{napi} = 76.117 \frac{forint}{nap} \tag{23}$$

A jelenlegi menetrend szerinti betérésen felül a jelenlegi üzemeltetési költségszinten (23)-ban foglalt teljesítmény garantálható még a falugondnoki járművek alkalmazásával.

$$W_{f,napi} = 1870{,}2 \sim 1870 \tag{24}$$

Az előbbiekben említettekhez azonban a falugondnoki szolgálat működésének teljes felülvizsgálata szükséges, ugyanis a csúcsidő, illetve a napközbeni csúcsidőn kívüli időszak már teljes munkaidős elfoglaltságot igényel a jármű vezetőjétől, azaz a falugondnoktól. Ez azért vethet fel problémákat, mert a falugondnoki szolgálat körébe számos feladat tartozik, amelyek ellátása veszélybe kerülhet a közösségi közlekedés időbeni erőforrás-igénye miatt.

Jól látható, hogy a (24)-ben kapott érték jelentős, nagyságrendileg a teljes vonali teljesítmény, amelynek felhasználási lehetőségei igen széleskörű:

- a szociális ellátás egyéb területeinek fejlesztésére (idősellátás, étkeztetés stb.);
- üzletpolitikai kedvezmények biztosítására;
- igénybejelentést és vezénylést elősegítő informatikai rendszer fejlesztésére;
- a többi regionális vonalon nyújtott kínálat bővítésének finanszírozására.

Hangsúlyozni szükséges, hogy a falugondnoki szolgáltatás közösségi közlekedésbe történő integrálásának szerződéses – és ezzel együtt az egységes finanszírozási – háttere nem megoldott. Ennek kiküszöbölése érdekében javaslatként lehet megfogalmazni a falugondnoki kisbuszos szolgáltatás közszolgáltatási szerződéssel való lefedését, amelynek részletes tárgyalása a politikai réteg feladata elsősorban, így ettől jelen kutatás eltekint.

Az optimalizációból adódó hálózati változtatások bevezetésével kapcsolatban érdemes SWOT-analízist is készíteni (10. táblázat), egyfajta összefoglalásaként az eddig megállapítottaknak.

10. táblázat: Az optimalizálás SWOT analízise (forrás: saját forrás)

Erősségek	Gyengeségek
• csökkenthetők az üzemeltetési költségek • átlagos utazási idő csökken • a jelentkező teljesítmény-különbség felhasználható a szolgáltatási színvonal növelésére • javítható a zsáktelepülések elérhetősége növelhető a kínálat	• az igény bejelentése telefonon vagy interneten keresztül történik • az átszállási kényszereket szolgáltatási színvonal csökkenéseként élik meg az utasok
Lehetőségek	**Veszélyek**
• racionalizálható a Volánbusz Zrt. által kiadott járműmennyiség • üzletpolitikai kedvezmények bevezetése az igényvezérelt szolgáltatás népszerűsítésére • módszertan országos alkalmazása • buszvezetői hiány mérséklése • kedvező eljutási lehetőségek miatt új utasok megjelenése	• finanszírozásához és a jármű-gazdálkodáshoz politikai egyezségek szükségesek (önkormányzat és önkormányzat, valamint önkormányzat és minisztérium között) • a falugondnoki szolgálatot végzők plusz feladatként érzékelik, ezáltal elutasítók lehetnek • Nagyobb számú új utas esetén többlet jármű és járművezető igény

Amint arra a SWOT-analízis is rávilágít, az igénybejelentésének – felhasználói oldalon jelentkező – esetleges komplexitása üzletpolitikai kedvezmények bevezetésével, megfelelő marketing-előkészítéssel ellensúlyozható és kiküszöbölhető.

Összességében tehát elmondható, hogy a módszertan segítségével a zsáktelepülések közösségi közlekedési kiszolgálása racionalizálható üzemeltetői oldalról, amely szolgáltatási színvonal növekedést eredményez a felhasználó szempontjából.

Konklúzió

Jelen kutatás országos szintű közösségi közlekedési problémát dolgoz fel, ugyanis Magyarország egyes megyéiben található zsáktelepülések közforgalmú közlekedéssel történő kiszolgálása mind a megrendelő, mind az üzemeltető oldalán kihívást jelent az utazóközönség számára is elfogadható szolgáltatási színvonal mellett.

A vizsgálat hipotézise, hogy a rendelkezésre álló források racionális elosztásával javítható a fokozatosan elnéptelenedő zsáktelepülések kiszolgálása mind felhasználói, mind üzemeltetői szempontból. A felvetés igazolásához vagy elvetéséhez 7-lépcsős módszertan került kialakításra, amely alapján optimalizálható a kiválasztott közlekedési hálózat, vagy hálózatrész.

Az elemzés során a Sátoraljaújhely – Pálháza – Hollóháza autóbuszvonal került kiválasztásra, amelynek vonalvezetésében Pálháza és Hollóháza között két variációja létezik és összesen 11 zsáktelepülést szolgál ki betérésekkel. Az érintett zsákfalvak lakosszáma egy kivételével 500 fő alatti, demográfiai szempontból az eltartottak és az inaktívak aránya magas. Ennek ellenére a vonal vonatkozásában minden napszakban jelentős a betérésekből adódó teljesítmény (közlekedési kínálat) és az üzemeltetési költség.

A módszertani lépéseket követve a hálózat optimalizálható igényvezérelt közlekedés bevezetésével és a falugondnoki szolgálat bevonásával a jogszabályi korlátok betartása mellett. A csúcsidőn kívüli időszakra (9.00-13.00 óra között) elvégzett hálózat-optimalizáció megmutatta, hogy a betérések igényvezérelt alapon közlekedő, falugondnoki járművekkel történő kiváltása lehetséges mind utasforgalmi, mind pedig üzemeltetői szempontból. Előbbi azt jelenti, hogy a Volánbusz Zrt. által végzett utasszámlálási adatokat felhasználva megállapításra került, hogy a betérést igénybe vevők száma sehol sem haladta meg a falugondnoki minibuszok által felkínált kapacitást, utóbbi esetben pedig bizonyításra került, hogy az üzemeltetési költségek tekintetében jelentős megtakarítás érhető el. Ezzel lehetővé válik a jelenlegi finanszírozási volumen mellett többlet-szolgáltatások (pl. a fővonalon közlekedő járművekhez hangoltan, óránkénti rendszerességgel történő rá- és elhordás a zsákfalvakból a jelenlegi eseti jelleg helyett) biztosítása is, amely a települések elérhetőségét nagyban javítja.

Fontos megállapítás, hogy a falugondnoki járművekkel történő kiszolgálás bevezetése esetén e szolgáltatás közszolgáltatási szerződésbe történő bevonása szükséges az állami veszteségtérítés és az

árkiegészítés miatt, amely politikai egyezmény megkötését vonja maga után az önkormányzat és a közlekedésért felelős minisztérium között. Az említett egyezség kockázatokat hordozhat magában.

A 7 lépcsős módszertanon alapuló optimalizálás eredményeképpen a csúcsidőn kívüli időszakra igazolható a hipotézis, azaz az aprófalvas térségek közösségi közlekedési kiszolgálása javítható mind felhasználói, mind pedig üzemeltetői szempontból a rendelkezésre álló erőforrások racionális elosztásával.

Irodalomjegyzék

[1] 2012. évi XLI. törvény a személyszállítási szolgáltatásokról (letöltve 2019. szeptember 25.)
[2] 1993. évi III. törvény a szociális igazgatásról és szociális ellátásokról. (letöltve 2019. november 26.)
[3] 1/2000. (I. 7.) SzCsM rendelet a személyes gondoskodást nyújtó szociális intézmények szakmai feladatairól és működésük feltételeiről. (letöltve 2019. november 26.)
[4] 188/1999. (XII. 16.) Korm. rendelet a személyes gondoskodást nyújtó szociális intézmény és a falugondnoki szolgálat működésének engedélyezéséről, továbbá a szociális vállalkozás engedélyezéséről. (letöltve 2019. november 26.)
[5] Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, Magyarország, (2019), pp. 4–16.
[6] A BKK bővíti a 219-es Telebusz járat szolgáltatását. https://bkk.hu/2019/05/bkk-boviti-219-es-telebusz-jarat-szolgaltatasat/, (letöltve 2019. november 25.)
[7] Népszerűek a Telebuszok. https://bkk.hu/2013/12/nepszeruek-a-telebuszok/, (letöltve 2019. november 25.)
[8] A Telebusz Solymáron is népszerű lett. https://bkk.hu/2014/05/a-telebusz-solymaron-is-nepszeru-lett/, (letöltve 2019. november 25.)
[9] Engi Zsuzsa: Megkezdődött Zerge néven a peremkerületi kisbuszos közlekedés tesztelése Zalaegerszegen. Zalaegerszeg, Zalaegerszegi Hírek, (2019) URL: https://zalaegerszeg.ihirek.hu/2019/11/09/megkezdodott-zerge-neven-a-peremkeruleti-kisbuszos-kozlekedes-tesztelese-zalaegerszegen/
[10] Önvezető buszokkal fejlődhetnek a falvak. https://iotzona.hu/kozszolgaltatas/oenvezeto-buszokkal-fejlodhetnek-a-falvak, (letöltve 2019. november 25.)
[11] Satoshi Sugiyama: Driverless terminal bus goes on test run at Tokyo's Haneda airport. Tokyo, The Japan Times, (2019) URL: https://www.japantimes.co.jp/news/2019/01/22/business/driverless-terminal-bus-goes-test-run-tokyos-haneda-airport/#.Xd07R-hKhPZ,
[12] dr. Tóth János: Rugalmas közlekedési rendszerek. Budapest, BME-KUKG, (2019) URL: http://kukg.bme.hu/wp-content/uploads/2019/04/Rugalmas-k%C3%B6zleked%C3%A9si-rendszerek_2019.pdf
[13] Táblák (STADAT) - Idősoros éves, területi adatok - Népesség, népmozgalom. URL: https://www.ksh.hu/stadat_eves_6_1 (letöltve 2019. szeptember 25.)
[14] IH közlemények 2008. URL: https://umvp.kormany.hu/umvp-ihkozlemenyek-2008 (letöltve 2019. november 25.)
[15] A Magyar Falu Program keretében „Falu- és tanyagondnoki szolgálat támogatása” URL: https://www.kormany.hu/download/5/f9/a1000/8%20Kiiras_falugondoki%20szolg%C3%A1lat%20fejleszt%C3%A9se.pdf, (letöltve 2019. november 25.)
[16] Lakatos András, dr. Mándoki Péter Autóbusz-üzemtan. Budapest, Akadémiai, (2018). ISBN 978 963 454 387 9.
[17] Kameniczky Ákos, Vonnák Attila, Dr. Zsigmond Gábor Az Oktogontól a Népligetig. Budapest, VOLÁNBUSZ Zrt., (2018). ISBN 978 61 5000 5829.
[18] Lakatos András, dr. Mándoki Péter: A hazai autóbusz közösségi közlekedés üzemeltetési kérdései. Budapest, BME-KUKG, (2019) URL: http://kukg.bme.hu/wp-content/uploads/2019/10/hazai_buszkozl_uzem_kerdesek.pdf, letöltve (2019. szeptember 25.)
[19] Jandó Zoltán: Irigylésre méltó feltételekkel veszi az üzemanyagot a BKV. Budapest, g7.hu, (2019) URL: https://g7.hu/vallalat/20190514/irigylesre-melto-feltetelekkel-veszi-az-uzemanyagot-a-bkv/
[20] Rusznák András: Ha kipróbálnád a buszvezetést – Volkswagen Caravelle (T6) 2.0 TDI teszt. Budapest, autoszektor.hu, (2018) URL: http://www.autoszektor.hu/hu/content/ha-kiprobalnad-buszvezetest-volkswagen-caravelle-t6-20-tdi-teszt

A rendezvény a Széchenyi István Egyetem
és a Közlekedéstudományi Egyesület szervezésében valósul meg.

9 789638 121882 >