



BOLYAI SZEMLE

2016/4. SZÁM



BOLYAI SZEMLE

A NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
KATONAI MŰSZAKI TUDOMÁNYÁGI FOLYÓIRATA



A szerkesztőbizottság elnöke:

Prof. dr. KOVÁCS LÁSZLÓ ezredes, PhD

A szerkesztőbizottság elnökhelyettese:

Prof. dr. HAIG ZSOLT ezredes, PhD

Szerkesztőség:

Dr. FEKETE KÁROLY alezredes, PhD – főszerkesztő

Prof. dr. Berek Lajos ezredes, CSc

NÉMETH ARANKA közalkalmazott

Rovatvezetők:

Prof. dr. BEREK LAJOS ezredes, CSc (hadművészet, hadművészet-történet)

Dr. BEREK TAMÁS alezredes, PhD (ABV-védelem)

Dr. GYARMATI JÓZSEF alezredes, PhD (katonai gépészet és robotika)

Prof. dr. HORVÁTH ISTVÁN, CSc (természettudomány)

Dr. KISS SÁNDOR ny. ezredes, PhD (biztonságtechnika)

Dr. KOVÁCS ZOLTÁN alezredes, PhD (katonai műszaki)

Prof. dr. MUNK SÁNDOR ny. ezredes, DSc (védelmi elektronika, informatika és kommunikáció)

Dr. KAVAS LÁSZLÓ alezredes, PhD (repülő műszaki)

Dr. habil. HORVÁTH ATTILA alezredes, CSc (katonai logisztika)

Dr. JÁSZAY BÉLA ny. ezredes, PhD (védelemgazdaságtan)

Dr. KÁTAI-URBÁN LAJOS t. ezredes, PhD (katasztrófavédelem)

Dr. HORVÁTH CSABA alezredes, PhD (haditechnika-történet)

A borítón Prof. dr. Berek Lajos ezredes, CSc, Mednyánszky László-díjas szobrászművész

Bolyai János, a hadmérnök című szobra látható

A lapban megjelenő írásokat lektoráltatjuk. A közlésre szánt tanulmányokat a bolyaiszemle@uni-nke.hu címre kérjük megküldeni magyar és angol címmel, valamint magyar és angol összefoglalóval ellátva.

Kiadó: Nordex Nonprofit Kft. – Dialóg Campus Kiadó

Elérhetőség: 1094 Budapest, Márton utca 19. www.dialogcampus.hu

A kiadásért felel: Petró Ildikó kiadó- és nyomdavezető

Tördelés és grafika: Tordas és Társa Kft.

ISSN 1416-1443

Tartalom

Hadművészet, hadművészet-történet

Hauber György: A megújuló energiák ellátási lánc a XXI. században a 3. ipari forradalom küszöbén	11
--	----

ABV-védelem

Berek Tamás: ABV (CBRN) tűzszerész csoport, mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés	22
Berek Tamás: Víztermelő létesítmények integrált fizikai védelme I. mechanikai-, és előerős védelem	35
Somosi Vilmos: A légiforgalmi irányítói infrastruktúra védelmének eszközszerkezete.....	46

Természettudomány

Fatalin László: A lineáris hálózatok számítási eljárásairól.....	58
--	----

Biztonságtechnika

Dr. Vasvári Ferenc – Hódi Attila: A komplex biztonságirányítási rendszer	71
--	----

Katonai műszaki

Szőkrény Zoltán: A radar, mint a légtér valós idejű információ forrásának szenzora.....	80
---	----

Védelemgazdaságtan

Hauber György: A biomassa mint a kistérségi energiaellátás egy lehetséges alternatívája	101
---	-----

Katasztrófavédelem:

Kátai-Urbán Irina: Üzemi védelmi tervezés az ipari balesetek következményei elhárítására történő felkészülés rendszerében.....	111
Manga László – Kátai-Urbán Lajos: Nukleáris balesetektől levonható tanulságok – a tudomány állása I. rész.....	120

HÓDI ATTILA, doktorandusz, Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola

VASVÁRI FERENC, DR., c. egyetemi docens, ny. mk. ezredes, Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, témavezető

SZÖKRÉNY ZOLTÁN, alezredes, doktorandusz, Nemzeti Közzszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, KÜI, Elektronikai Hadviselés Tanszék, tanársegéd, Katonai Műszaki Doktori Iskola

SOMOSI VILMOS, doktorandusz, Nemzeti Közzszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola; HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt., FAB programmenedzser és polgári-katonai együttműködési koordinátor

HAUBER GYÖRGY, doktorandusz, Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola

BEREK TAMÁS, DR., alezredes, egyetemi docens, Nemzeti Közzszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Vezetőképző Intézet, Műveleti Támogató Tanszék

KÁTAI-URBÁN IRINA, doktorandusz, tú. őrnagy, Nemzeti Közzszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

FATALIN LÁSZLÓ, egyetemi docens, Nemzeti Közzszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Természettudományi Tanszék, matematikus és villamosmérnök

MANGA LÁSZLÓ, doktorandusz, Nemzeti Közzszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

KÁTAI-URBÁN LAJOS, PhD, tűzoltó ezredes, tanszékvezető egyetemi docens, Nemzeti Közzszolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Iparbiztonsági Tanszék

Our authors

ATTILA HÓDI, doctoral candidate, University of Óbuda, Doctoral School for Safety & Security Sciences

FERENC VASVÁRI, PhD, University of Óbuda, Doctoral School for Safety & Security Sciences, theme leader

ZOLTÁN SZÖKRÉNY, lieutenant colonel, doctoral candidate, National University of Public Service, Faculty of Military Sciences and Officer Training, Institute of Military Maintenance, Department of Electronic Warfare, instructor, Doctoral School of Military Engineering

VILMOS SOMOSI, PhD student, National University of Public Service, Doctoral School of Military Engineering; HungaroControl Air Traffic Services, FAB program manager and civil-military cooperation coordinator

GYÖRGY HAUBER, doctoral candidate, University of Óbuda, Doctoral School for Safety & Security Sciences

TAMÁS BEREK, PhD, lieutenant colonel, associate professor, National University of Public Service, Faculty of Military Sciences and Officer Training, Institute of Military Leadership Training

IRINA KÁTAI-URBÁN, PhD student, major, National University for Public Service, Military Technical Doctoral School

LÁSZLÓ FATALIN, associate professor, National University of Public Service, Faculty of Military Sciences and Officer Training, Department of Natural Sciences, mathematician and electrical engineer

LÁSZLÓ MANGA, PhD student, National University for Public Service, Military Technical Doctoral School

LAJOS KÁTAI-URBÁN, PhD, colonel, National University for Public Service, Institute for Disaster Management, Head of Department for Industrial Safety

A megújuló energiák ellátási lánc a XXI. században, a 3. ipari forradalom küszöbén

A XXI. században a megújuló energiák felhasználása exponenciális ütemben növekszik, és az elkövetkező évtizedekben a zöld energiák térnyerése tovább fokozódik. A fő kérdés azonban, hogy merre vezet az utunk. Vajon a hatalmas szél-, nap-, geotermikus erőművek és az ehhez kapcsolódó szuperhálózatok, a koncentrált energiatermelés és -elosztás a jövő, vagy sok százezer és millió helyi energiatermelő egység hálózatba kapcsolt rendszere a megoldás? A decentralizáltan megtermelt energiákat felhasználhatjuk helyben, de a pillanatnyi igényekre reflektáló okoshálózatok révén azokat képesek vagyunk bárhová eljuttatni. Ki kell alakítanunk a megfelelő ellátási láncokat, figyelembe véve a rendelkezésre álló kapacitásokat, valamint a megújulóknál jelentkező hektikus és gyakran kiszámíthatatlan termelést, a tárolás és elosztás problémáit.

Kulcsszavak: szélenergia, napenergia, energiátárolás, elosztott hálózatok, decentralizáció

Bevezető

Az energiabiztonság és a globális klímaváltozás napjaink legégetőbb kérdései. A kihívásokra adott válaszok nem késhetnek tovább, mivel minden túlzás nélkül állíthatjuk, hogy a 24. órában vagyunk. Ebben a században minden bizonnyal ki fog éleződni a harc az erőforrásokért, tekintve, hogy a Földön rendelkezésre álló fosszilis készletek végesek, és még a legoptimistább jóslatokban is megjelenik a globális összeomlás lehetősége. Itt olyan kockázatokra és kihívásokra kell gondolni, ami a Föld minden lakóját érinti: a globális klímaváltozásra, az energia-ellátásra, a vízkészletek rohamos apadására, a nyersanyagkészletek szűkösségére vagy akár a kiberbiztonságra. A kritikus infrastruktúrák elleni támadások az energetika területén is bekövetkezhetnek. [1] Az energiabiztonság megteremtése minden állam elsődleges feladatai közé tartozik, mivel annak megléte vagy hiánya a biztonság számos egyéb területét is érinti közvetlenül vagy közvetve.

Cowboyok leszünk vagy úrhajósok? Kenneth Boulding metaforájával élve: vajon a végtelen síkság a mi hazánk, és mindent meghódítandónak és felhasználandónak tekin-

tünk; vagy úrhajósok vagyunk, akik tisztában vannak azzal a szigorú és szomorú ténnyel, hogy Földünk és számos erőforrásunk véges?

„Après nous, le déluge», azaz utánunk az özönvíz: ez volt a jelmondata az emberi társadalmak egy nem elhanyagolható részének. Ahogy én látom, erre csak az lehet válasz, ha rámutatunk, hogy az egyén jóléte azon múlik, mennyire tud másokkal azonosulni. Az a leghelyesebb identitás, amikor nemcsak a jelen, hanem a múlt- és a jövőbeli közösségekkel is azonosságot vállalunk. Ha az ilyen identitást rokonszenvesnek tartjuk, akkor az utókor szót kap, még ha szavazata nincs is. De ha szava befolyásolja a szavazatokat, akkor van szavazata is. Ez az egész probléma összefügg egy másik, még komolyabbal: az erkölcs meghatározó tényezőivel, a legitimitással, a társadalom »erejével«. A történelem nagy feladata ez. Megértetni, hogy az a társadalom, mely elveszíti azonosulását az utókorral, amely elveszíti pozitív jövőképét, elveszti az aktuális problémák kezelésének képességét, rövidesen szét is morzsolódik.” [2]

Ez az azonosulás azt jelenti, hogy megértjük azt a gondolkodásmódot, amely az új generációkat jellemzi. A jövő nemzedéke új alapokra kívánja helyezni a társadalmi kapcsolatokat. A centralizált, rugalmatlan rendszerek felett eljárt az idő. A felülről vezérelt egyirányú kapcsolatok helyébe az egyének közötti kétirányú kapcsolatnak kell lépnie. Ez a szemléletmód fogja meghatározni az energiához és az energia elosztásához fűződő viszonyunkat is. Ezekre a kihívásokra kell választ adnunk a jelenben és az elkövetkező évtizedekben.

A megújuló energiák lehetőségei

Kicsi ország vagyunk, és fosszilis energiák tekintetében nem állunk jól. Magas az energiafüggőségi rátánk, beszerzési forrásaink 3-4 országra korlátozódnak, az energia birtokosainak gazdasági, politikai berendezkedése is növekvő bizonytalanságot és kiszámíthatatlanságot jelent számunkra. Az ellátási lánc számos eleme is rejt, rejthet veszélyt magában, és a jelenleg körülöttünk zajló események csak további problémákat, kérdéseket vetnek fel. Ezen geopolitikai tényezőkön túl a fosszilis energiaforrások túlzott használata a globális klímaváltozás közvetlen kiváltó tényezője is, melynek következményei beláthatatlanok és megjósolhatatlanok. De abban ma már a világ tudósai, vezető politikusai is egyetértenek, hogy az azonnali beavatkozások elmaradása irreverzibilis folyamatokat indíthat el.

Magyarország számára van kiút ebből a nem túl biztató helyzetből. A megújuló energiák nyújtotta lehetőségek, a zöld energiában rejlő potenciál már rövid távon is megoldást jelenthet számunkra. A nagy kérdés persze itt is az, hogy pontosan mennyi energiát vagyunk képesek általuk megtermelni, milyen társadalmi és gazdasági költségek árán és ezeknek mekkora a kockázata? Hogyan biztosítható az ingadozó termelés és a vele szemben álló fogyasztás összehangolása? [3] Ezen a téren energiaportfóliónk még strukturá-

latlan, a biomassza hasznosítása a zöldenergia-termelés 80%-át adja, miközben a szél-, a nap- és geotermikus energia is jelentős bázisát képezhetné ennek a szektornak. A megújulókkal szembeni leghatásosabb érv, hogy jelen pillanatban előállításuk és működtetésük nem költséghatékony, megtérülési idejük túl hosszú, tárolásuk egyenlőtlen, ingadozó termelésük pedig komoly logisztikai kihívásokat jelent a szakemberek számára.

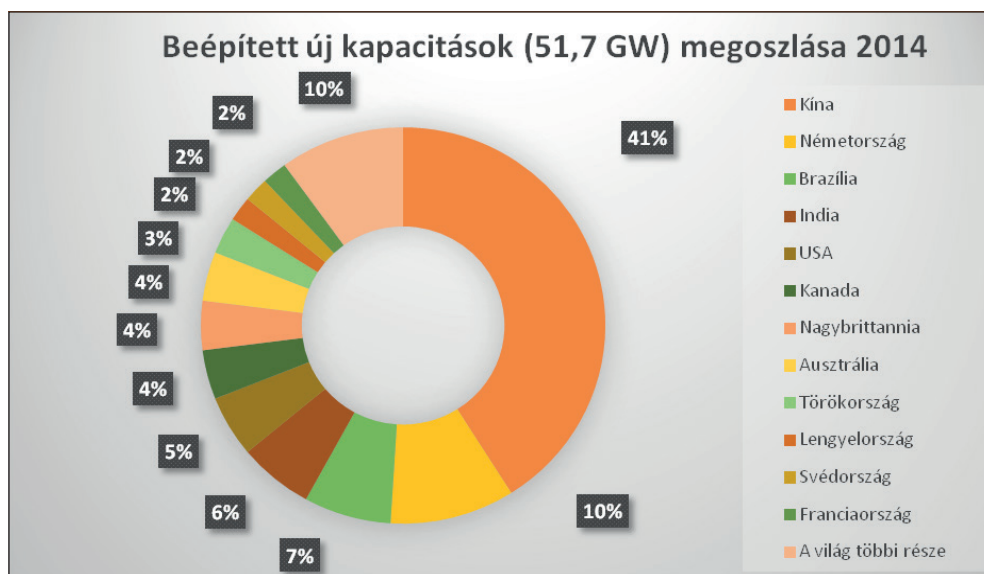
A megújuló energiák számos lehetőséget rejtenek magukban, a világban megvalósuló óriási mértékű kapacitásnövekedés pedig számos esetben bizonyította, hogy élet- és versenyképes rendszerekről van szó, különösen akkor, ha az egyéb energiaforrások okozta externális költségeket is figyelembe vesszük. 2014-ben a tiszta energiába fektetett tőke elérte a 315 milliárd dollárt. 2000 és 2010 között 430 000 MW teljesítmény került beépítésre, melynek 26%-a megújuló energia volt. [4]

A szélenergia helyzete a világban

A globális válság ellenére 2009-ben is folytatódott a szélenergia hasznosításának dinamikus növekedése. A Globális Szélenergia Tanács (GWEC)¹ statisztikái szerint 2008-ban összesen 120,8 GW teljesítményű erőmű volt üzemben, ami az előző évhez képest is 28,8%-os növekedést jelent. 2009-ben 37,466 GW teljesítményű erőművet helyeztek üzembe, ami már 31,07%-os növekedést jelent. Az összes szélerőmű-kapacitás terén az USA megelőzte Németországot, Kína pedig megduplázta kapacitását. Ez a növekedési ütem azt jelenti, hogy nagyjából 4 évente megduplázódik a beépített szélerőmű-kapacitás, ami jelentősen járul hozzá az országok gazdaságához, a foglalkoztatottság és az ellátás biztonságának növekedéséhez és az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenéséhez. A szélenergia tartalékai rendkívüliek. [5] A világ hasznosítható éves szélenergiáját 53 000 TWh-ra becsülik, ami kétszeresen meghaladja a világ 2020-ra prognosztizált 25 578 TWh villamosenergia-igényét.

A következő diagram is jól mutatja, hogy a növekedés töretlen. 2014 végére az összes beépített kapacitás elérte a 370 GW-ot, ami a 2008-as adat több mint háromszorosa. A teljes kapacitás 83%-át 12 ország adja, amelyek az újonnan beépített kapacitások terén is élen járnak, hiszen a 2014-ben beépített 51,7 GW teljesítményből ez a 12 ország 44,7 GW-ot (86,4%) produkált. Kína rendkívüli módon fejleszti a megújulókra épülő energia-termelését, szinte minden alternatív energia esetében vezető szerepet tölt be, de ezen a téren az Egyesült Államok és Németország is komoly beruházásokat eszközölt. Európában az éves elektromosenergia-fogyasztás 3280 TWh. Az onshore szélenergia-termelés 233 TWh, míg az offshore termelés 24 TWh, azaz összesen 257 TWh, ami a teljes fogyasztás 7,8%-a. [6]

1 Global Wind Energy Council.



1. ábra: A beépített új szélenergia-kapacitások megoszlása 2014-ben (a www.wwindea.org/webimages/WWEA_half_year_report_2014.pdf alapján saját szerkesztés)

A szélenergia helyzete hazánkban

Magyarország a Kárpát-medencében fekszik, így hazánk a mérsékelt szélterületek közé tartozik. A 10 méteren mért átlagos szélesebesség 2,5–4,5 m/s között változik, a szeles órák száma átlagosan 1500–2200. A legszelebb az ország északnyugati térsége, ahol 75 méteren jellemzően már 5 m/s feletti az átlagos szélesebesség. Mivel a szélturbina a forgással szemben egy természetes ellenállással rendelkezik, ezért a rendszer csak egy adott küszöbérték elérésekor kezd forgó mozgásba. Ez az úgynevezett bekapcsolási sebesség, melynek értéke általában 3–5 m/s közé esik. 3 m/s-os sebességnél azonban annyi energia termelődik (<20 kW). Ez csak a rendszer fenntartására elegendő, ezért csak ennél nagyobb szélesebességnél érdemes indítani a rendszert. Ebből is látható, hogy miért korlátozottak a magyarországi szélenergia lehetőségei.

Az MTA Energetikai Bizottság Megújuló Energia Albizottság 2006-os adatai alapján Magyarország elméleti szélpotenciálja 532,8 PJ/év, míg a technikailag elérhető potenciál 75 méteren 204 PJ/év, ami megfelel 56 666 667 MWh-nak. [7] Hazánk az európai rendszerekhez képest komoly lemaradásban van, hiszen csak 2000-től kezdtünk szélenergia-berendezéseket telepíteni. 2011-ig 172 toronnyal 329,075 MW kapacitás kiépítése történt meg, bár igény ennek a háromszorosára lett volna. 2006 óta nem osztottak újabb kapacitásokat, 2010-ig az elnyert kvóták kiépítése történt meg. A villamos energiát szabályozó törvény alapján szélenergia-berendezést csak akkor lehet telepíteni, ha pályázatot írnak ki rá. Ez utoljára 2009-ben

történt meg, amikor 430 MW kapacitást osztottak szét, de 2010-ben a pályázatot visszavonták. Magyarország 2020-ra 750 MW kapacitás kiépítést vállalta. A szélenergia legnagyobb problémája az egyenetlenség, valamint a kiszámíthatóság és a tervezhetőség hiánya, bár a szélparkok energiaátadási rendszerében, a szolgáltatás biztonságosabb tervezhetőségében a számítástechnika révén nagy fejlődés várható. Megfelelő programokkal és előrejelzésekkel egyenletesebbé tehető a beépített teljesítmények kihasználása, ugyanakkor kímélik a hálózatokat a rákapcsolások és lekapcsolások szabályos ütemezésével. [8]

A szélenergia hátrányai a jövőben minimálissá tehetőek, ha megoldhatóvá válik az energia egyszerűbb tárolása és az eddig elképzelt nagy tárolóegységek decentralizálása. Ilyen lehet az energiacellák felhasználása járművekben, háztartási berendezésekben, amelyek a véletlenszerű szélenergiából nyert elektromos energiát képesek tárolni. 2012-ben a szélerőműparkok havi átlagban 61 112 MWh tiszta áramot termeltek, évente 733 348 MWh-át, ami az éves energiafelhasználásunk 1,73%-át, a szélenergiából technikailag elérhető potenciálunk 1,3%-át adta. A magyar szélerőműparkok 2012-ben összesen 77,6 millió m³ földgáz-egyenértéknyi villamos energia termelésével 662 000 tonna szén-dioxidot váltottak ki.

A napenergia

A Napból a földfelszínre nagyjából 70-80 MW/m² energia érkezik. Az energiasűrűség a Föld atmoszférájának szélén 1367 W/m², ami azt jelenti, hogy éves átlagban 219 milliárd GWh sugárzási energia éri el a földfelszínt, ami napjaink teljes energiaszükségletének 2850-szerese. Ez annyit jelent, hogy kb. 3 órányi napsugárzás képes lenne fedezni Földünk éves energiaszükségletét. A nap sugárzási teljesítménye a déli órákban és derült időben 1000W/m². Természetesen a valós teljesítmény ettől lényegesen elmarad, hiszen számos korrekciós tényezőt kell figyelembe vennünk, egyrészt a napsugárzás beesési szögét, másrészt hogy a napi átlagos intenzitás a déli órák intenzitásának csak mintegy 32%-a. Veszteség ér bennünket akkor is, ha felhős az ég. Ez körülbelül a nappali órák 30-40%-a. Így a beeső sugárzás átlagos teljesítménye 100-120 w/m². [9]

Ennek a hihetetlen mennyiségű energiának többféle hasznosítási lehetősége van. Passzív hasznosításkor alapvetően az épületek adottságait használjuk ki, úgymint a tájoltást vagy az alkalmazott építőanyagokat. Az aktív energiatermelésnek két módszerét különböztetjük meg. Az első módszerrel a Nap energiáját hőenergiává alakítjuk, ami főképp napkollektorokkal történik. A napkollektor elnyeli a napsugárzás energiáját, átalakítja hőenergiává, majd ezt átadja valamilyen hőtároló közegnek. Ez a fototermikus alkalmazás tehát azt jelenti, hogy a napenergiát folyadékot (síkkollektor) vagy levegőt (vákuumcsöves kollektor) áramoltató eszköz révén közvetlenül hővé alakítjuk.

A fotovoltaikus technológia lényege, hogy bizonyos félvezető elemek megfelelően

„szennyezve” olyan tulajdonságokra tesznek szert, ami által „fényérzékenyvé” válnak, azaz szabad töltéshordozó jön létre. Ez az atomi szinten jelentkező hatás aztán megfelelő technológiával összegyűjtve makroszkopikus szinten is számottevő energiaforrásként képes működni. Egy fotovoltaikus rendszer alapvetően kétféle módon: sziget- és szinkronüzemként állhat rendszerbe. A szigetüzemű fotovoltaikus rendszer energiatárolással (akkumulátor) rendelkező napelemes rendszer, míg a szinkron üzemű energiatároló nélküli, hálózatra kötött rendszer. Szigetüzemű rendszert akkor érdemes telepíteni, ha nincs lehetőség közcélú elektromos elosztóhálózathoz csatlakozni. Kiválóan használható ott, ahol nincs kiépített elektromos hálózat a közelben (nyaralók, tanyák, erdei házak).

A szinkronüzemű napelemek esetén a hálózatra tápláló rendszer napelemeivel megtermelt energia a DC-szekrényen, az inverteren, majd az AC-szekrényen keresztül az épület elektromos rendszerébe (mérő utáni főelosztó) jut. A közcélú villamos elosztóhálózattal együttműködő rendszer legnagyobb előnye, hogy nem szükséges hozzá hagyományos akkumulátor, mivel ezt a funkciót a villamos energiaszolgáltató látja el. A fel nem használt energia az ad-vesz mérőórán keresztül kijut a villamos elosztóhálózatba. [10]

A hazai fotovoltaikus energiapotenciál meghatározásához különböző számítások készültek. Az elvileg beépíthető napelemfelület 9027 km^2 . Ebből kedvezően beépíthető 4052 km^2 . Az így beépíthető napelem-teljesítmény $405\,158 \text{ MWp}$. [11] A becslések alapján számított hazai fotovoltaikus potenciál 486 milliárd $\text{kWh} = 1749 \text{ PJ/év}$. Ez megfelel $134,8 \text{ kWh/nap/fő}$ energiának, ami a jelenlegi energiafelhasználásunknak több mint a másfélszerese, a villamosenergia-felhasználásunknak pedig több mint a 12-szerese. Ehhez képest Magyarországon 2013-ban 837 MW -nyi zöldelőművi kapacitást tartottak számon, aminek mindössze $4,2\%$ -a a napenergia, azaz $35,02 \text{ MW}$. Ez a teljesítmény Európában az egyik legrosszabb adatot jelenti. Ami még szomorúbb, hogy a telepítendő napkollektorok és napelemek nagyságrendekkel elmaradnak a tervezettektől. [12] Magyarország a teljes energiafelhasználáson belül $14,65\%$ -os megújuló energia részarányt vállalt 2020-ra. Az európai beépített napelem-kapacitás 2013-ra elérte a 80 GW értéket, míg Kínában csak 2015 első kilenc hónapjában $9,9 \text{ GW}$ napelem-kapacitást építettek ki. [13]

Az energia tárolásának jövője

A megújuló források felhasználásának világszerte az egyik legérzékenyebb pontja az energiatárolás. A befektetők ugyanis leginkább az időjárásfüggő szél- és napenergia iránt mutatnak érdeklődést, az ezekre alapozott termelőkapacitások viszont a rendszerek szabályozása miatt komoly kihívásokat jelentenek.

A szél- és napenergia jelenlegi legnagyobb gondja a 24 órás alkalmazhatóság hiánya, azaz a tárolás, ami a jelenlegi akkumulátoroknál lényegesen kisebb szerkezeti tömegű és magasabb hatásfokú tárolást, illetve átalakítást kívánna. A terheléscsúcsok áthidalása

fosszilis üzemanyagú, gyorsan indítható erőművekkel, akkumulátorokkal, vízátszivattyúzással már most korlátokba ütközik. A hidrogénnel ilyen gond nincs. A közúti járművek mellett felhasználóként megjelennek a hidrogénnel működő traktorok, illetve a korlátlan fogadókészségű és tárolóképességű gázközelművek.

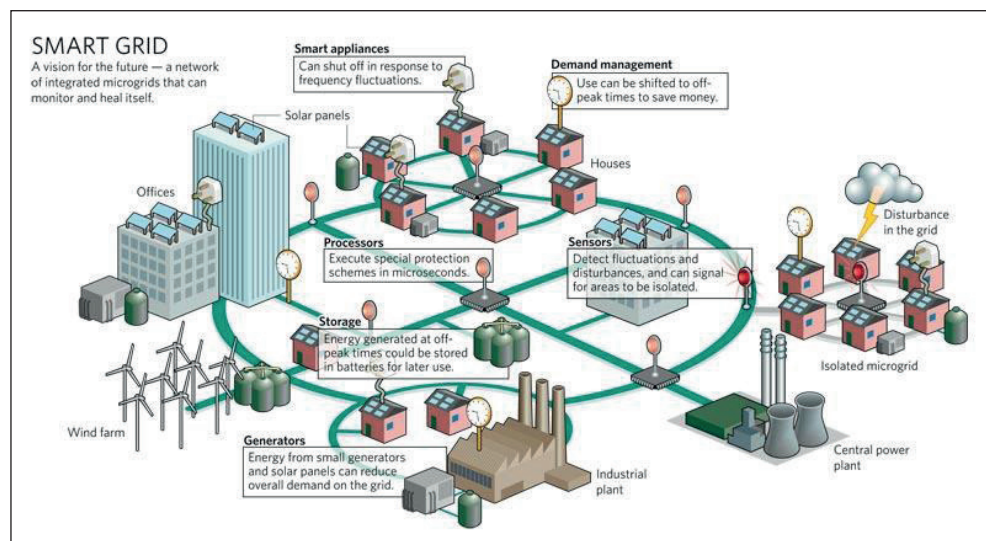
A hidrogén a jövőben döntő szerepet fog betölteni a fölös szél- és napenergia tárolásában. Az anyag-átalakítók, úgynevezett elektrolizálók protoncserélő membránokkal alkalmasak arra, hogy a szél- és napenergiából hidrogént nyerjünk. Az elektrolizálók két elektródából állnak, amelyeket egy protoncserélő membrán, PEM² választ el egymástól. Az elektródák nagy tisztaságú vízzel vannak körülvéve. Ha feszültség alá helyezzük a nemesfémme bevont elektródákat, az anód katalizátorként működik, és szétválasztja a vízmolekulákat oxigénatomokra, elektronokra és elektromosan töltött hidrogénionokra, tehát protonokra. Egyedül a protonok tudnak áthaladni a membránon. Az elektronok, melyek egy külső áramkörből a katódhoz jutottak, itt egyesülnek a protonokkal, és hidrogénné alakulnak. [14] A PEM-eljárás számos előnnyel rendelkezik: a forró és maró káli-lúggal szemben az elektrolit szilárd polimembránból áll. Ez környezetbarátabb, kevesebb karbantartást igényel, de mindenekelőtt kisebb és könnyebb. A bennük keletkezett hidrogén nagyon tiszta, így azt nem kell lúgozással tisztítani. Ezenkívül gyorsan beindulnak, és akkor is hatékonyan dolgoznak, ha nincsenek teljesen kihasználva. A kinyert hidrogén közvetlenül a gázhálózatba táplálható vagy tartálykocsikkal ipari üzemekbe szállítható. Hasonló jellegű kísérletek folynak Michael Graetzel, a Laboratory of Photonics and Interfaces igazgatója vezetésével, ahol a szolárcellákban egy olcsó és könnyen előállítható, perovszkit nevű anyagot használtak, amelynek hatásfoka az elmúlt években meredeken nőtt. [15]

A power-to-gas technológia lényege, hogy a PEM-eljárás során nyert hidrogént a földgázvezeték-rendszerbe táplálják. Az így nyert hidrogén a földgázmix részeként hő- és villamosenergia-termelésre használható, vagyis visszaforgatható. Egyes számítások szerint a megoldás akár terrawattórás mennyiségben is képes lehet arra, hogy rendszerszinten felvegye a fölösleges villamos áramot. [16] A megoldás előnye, hogy átjárást teremt a gáz- és villamosenergia-rendszerek között. A P2G-tárolók által előállított hidrogén ugyanis a földgázmix részeként jelentős mennyiségű földgáz megtakarításával jár, meghosszabbítja a termelőktől a létesítmények és növeli energiafüggetlenségünket. A rendszer még kísérleti fázisban van, de az eredmények rendkívül biztatóak. A falkenhageni P2G kísérleti létesítmény több mint kétfélmillió kilowattórnyi hidrogént juttatott a németországi földgázvezeték-rendszerbe az elmúlt egy évben. A létesítmény két megawattos kapacitásával óránként 360 m³ hidrogént tud előállítani. [17]

2 Proton Exchange Membrane.

A megújuló energiák ellátási láncának kérdései

Az alternatív energiákra épülő modellek esetében nem szabad megfeledkeznünk az ellátórendszerek kiépítéséről sem. Egy olyan intelligens, hálózatközpontú logisztikai rendszer kialakításáról van szó, amely képes kezelni a működés közben jelentkező beavatkozási kényszereket. A legnagyobb gond alapvetően a kialakult – és mára már elavult – struktúrával van. A nagy energiafejlesztők, nagy hálózatok és nagy- és kisfogyasztók rendszerébe a házakra szerelt napelemek, a kis szélkerekek nehezen illeszthetők be. Át kell alakítanunk a jelenlegi villamosenergia-hálózati rendszerünket a megújuló energiáknál jelentkező kapacitásokhoz igazítva. Elosztott hálózatot kell létesíteni, ami sok apró szigetből (microgrid) áll össze. Ezek a szigetek önállóan tartalmaznak áramfejlesztőket, energia-tárolókat, intelligens energiatovábbítókat és -felhasználókat, melyek között biztosított a megfelelő infokommunikáció. Ezekből a közös vezérlésű rendszerekből alakul ki egy redundáns, flexibilis, öndiagnosztizáló és „öngyógyító” hálózat („smart grid”). [18]



2. ábra: Az ún. smart grid technológia jövőképe (forrás: <https://smartgridtech.wordpress.com/smart-grid/>, a letöltés ideje: 2016. 08. 27.)

Fontos a rendszerszintű, rendszerszemléletű gondolkodás, az egységes stratégiai elvek mentén való haladás, de a valódi, működőképes megoldásokat első körben regionálisan, kistérségi szinten kell keresnünk. Szerencsére egyre több olyan hatékonyan és gazdaságosan működő kistérségi zöldenergia-rendszert láthatunk magunk körül, mely egy esetleges adaptáció alapjául szolgálhat. Olyan logisztikai rendszer kidolgozása a feladatunk, amely (ki)szolgálja a fenntartható fejlődést. Az ellátási lánc az energiát átalakító telepeket ellátja a szükséges anyagokkal, eszközökkel, technikával. Feladatuk a beszerzés, szállítás, tárolás,

raktározás, működtetési támogatás, terméktárolás, szállítási tevékenység a fogyasztóig, valamint az esetleges cserék elvégzése. A megújuló energiák legfontosabb megoldandó feladata tehát (különösen a nap- és szélenergia esetében) az energia tárolása, valamint – a termelés hektikusságából adódóan – a kereslet és kínálat egymáshoz igazítása. [19]

A lokális rendszerek kialakításának, a regionális fejlesztéseknek számos előnye van. Kisebbségi beruházási igénye, jelentősen csökkennek a szállítási, tárolási költségek, a helyben történő termelés és felhasználás nagy előnye pedig, hogy kiküszöbölhetőek, illetve minimálisra redukálhatóak az energiaszállítási veszteségek is. Mindemellett megoldást jelenthetne a túlzott centralizációval, urbanizációval szemben. A vidékfejlesztés további hozadéka, hogy új munkahelyek teremthetők, helyi vállalkozások jutnak megrendelésekhez, és az így keletkezett többletjövedelmek jó része is az adott területen hasznosul.

„Az energia kezelése alakítja a civilizáció természetét. Az energia termelésének és elosztásának ellenőrzése a fosszilis üzemanyag bázisú gigantikus centralizált társaságoktól áthelyeződik a kis termelők millióihoz, akik generálják saját megújuló energiájukat, és a felesleget eladják. Az új kor a hatalmi kapcsolatok minden szintjének újjászervezését hozza magával. Míg az első és második ipari forradalom a centralizációt és a vertikális szervezeti struktúrát favorizálta, a harmadik a másodlagos utakat választja, és előnyben részesíti az együttműködő üzleti modelleket, amelyek jobban működnek a világhálókön. A kapcsolat a korábbi eladó és vevő ellentéte helyett együttműködő kapcsolattá alakul a szállító és a felhasználó között.” [20]

A jó példa ragadós

Lassan összefonódik az otthoni energiatárolás és az elektromos autózás. A vezető autógyártók közül egyre többen lépnek be az otthoni energiatárolás piacára. A BMW az i3-as modelljében a Beck Automotion-nal együttműködve olyan rendszert épített ki, amely az autó energiatárolóit használva 22, illetve 33 kilowattórás teljesítményre képes, ami elegendő energiát képes tárolni ahhoz, hogy ellásson egy átlagos otthon egy napig külső betáplálás nélkül. Ezzel egy lépéssel közelebb kerültünk a 3. ipari forradalom elveihez, az önálló energiaellátáshoz. A tulajdonosok ugyanis eltárolhatják a háztetőjükre szerelt napelemben termelődő energiát anélkül, hogy a hálózat esetleges kimaradásainak ki lennének szolgáltatva. Hasonló megoldásokkal korábban a Tesla és a Nissan (Nissan xStorage) is bejelentkezett. [21] A Tesla által kifejlesztett Powerwall akku 7 vagy 10 kilowattórányi áramot tárolhat. Akkuira a cég 10+10 év garanciát vállal. A 100 kg-os Powerwall 130x86x18 centiméteres, így akár egy előszobában vagy a garázsban is elfér. További előnye, hogy töltése időzíthető, így akár éjszakai árammal is tölthető.

Összefoglalás

A XXI. században, a 3. ipari forradalom küszöbén az alternatív energiák térnyerése, úgy tűnik, megállíthatatlanul folytatódik. Mindez azonban még nem vezet el bennünket a megoldáshoz, hiszen meg kell vizsgálnunk a teljes ellátási lánc megfelelő kialakításának lehetőségeit is. A decentralizált áramtermelésre a kismértékű, szétszórt energiatermelés jellemző, melyeknek az elosztási rendszere hatékony, szállítási vesztesége a helyi felhasználás miatt kicsi. Szükséges az új generációs erőforrásokat integrálni, újfajta hálózatokra és innovatív kapcsolódó megoldásokra van szükségünk. A hálózati irányítás új alapokra helyezése elengedhetetlen. Ezek az új intelligens megoldási formák képesek biztosítani az energia keresletének és kínálatának egyensúlyban tartását, egymáshoz igazítását. Itt az ideje a közös gondolkodásnak és a cselekvésnek. Minden elvesztegetett év növeli a kockázatokat és csökkenti a következő generációk esélyét egy jobb életre. Egy olyan geopolitikai és természeti adottságokkal rendelkező ország, mint hazánk sikere jelentős mértékben függ attól, hogy a hagyományos energiahordozókra épített gazdasági modellt hogyan tudja egy alternatív gazdasági modell felváltani. Magyarországnak olyan rendszerelvű energetikai terveket kell alkotnia, amely kiutat mutat a jelenlegi rendszer nehezen feloldható ellentmondásaiból.

Irodalomjegyzék

- [1] Vass Attila – Dr. Maros Dóra – Prof. Dr. Berek Lajos: Az interdependencia kérdése az energetikai rendszer és a híradástechnika esetén a kritikus infrastruktúra biztonsága védelmében. *Bolyai Szemle*, 2015/3., 9–33. o.
- [2] Boulding, E. Kenneth: *The economics of the coming spaceship earth* (1966), www.ub.edu/prometheus21/articulos/obsprometheus/BOULDING.pdf (a letöltés ideje: 2016. 08. 22.)
- [3] Mackay, David J. C.: *Fenntartható energia – mellébeszélés nélkül*. Typotext Kiadó, Budapest, 2011.
- [4] Bloomberg New Energy Finance, Clean energy investment in 2016 undershoots last year's record; www.bbhub.io/bnef/sites/4/2016/07/Q2-2016-BNEF-Press-Release.pdf (a letöltés ideje: 2016. 08. 24.)
- [5] GWEC, Global statistics, www.gwec.net/global-figures/graphs/ (a letöltés ideje: 2016. 08. 24.)
- [6] The World Wind Energy Association 2014 Half-year Report, www.wwindea.org/webimages/WWEA_half_year_report_2014.pdf (a letöltés ideje: 2016. 07. 14.)
- [7] *Magyarország megújuló energetikai potenciálja. Tanulmánykötet.* MTA Energetikai Bizottság Megújuló Energia Albizottság, 2006.
- [8] Szélérőművek kihasználtsága Magyarországon 2010, www.mavir.hu/web/mavir/tanulmanyok (a letöltés ideje: 2015. 08. 21.)
- [9] Mackay, David J. C.: *Fenntartható energia – mellébeszélés nélkül*. Typotext Kiadó, Budapest, 2011.
- [10] Vass Attila – Berek Lajos: Napenergia és az elektronikai jelzőrendszer, villamosenergia-hálózattól távol lévő objektumok védelmének lehetőségei. *Hadmérnök*, X.évfolyam 2. szám.
- [11] Pálffy Miklós: Magyarország szoláris fotovillamos energetikai potenciálja. *Energiagazdálkodás*, 2004, 45. évfolyam, 6. szám, 7–10. o.
- [12] Farkas István: A napenergia hasznosításának hazai lehetőségei. *Magyar Tudomány*, 2010/8., 942. o.
- [13] Varga Pál: V. Napenergia-hasznosítás az épületgépészetben konferencia és kiállítás, 2014. 11. 06.
- [14] Dr. Óvári Gyula – Dr. Szegedi Péter: Alternatív üzemanyagok alkalmazásának lehetőségei a repülésben. *Repüléstudományi közlemények*, 2010. április 16.

- [15] MIT Technology Review, www.technology-review.com/s/530331/germany-and-canada-are-building-water-splitters-to-store-renewable-energy/ (a letöltés ideje: 2016. 08. 11.)
- [16] www.hydrogenics.com/hydrogen-products-solutions/energy-storage-fueling-solutions/power-to-gas (a letöltés ideje: 2016. 08. 26.)
- [17] www.energiacentrum.com/energiatarolas/uj-zold-technologia-energiatermelesen-a-p2g-hidrogenrendszerek/ (a letöltés ideje: 2016. 08. 27.)
- [18] Dr. Estók Sándor: Hálózatközpontú integrált interdiszciplináris logisztika. *Bolyai Szemle*, XVIII. évf., 3. szám, 23–33. o.
- [19] Dr. Estók Sándor: Megújuló energiák rendszereinek intelligens logisztikai támogatása. *Hadtudományi Szemle*, 2014/1., 13–21. o.
- [20] Rifkin, Jeremy: *The Third Industrial Revolution – How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy and the World*. Macmillan, 2011.
- [21] www.alternativenergia.hu/bmw-i3-mint-otthoni-energiatarolo/76697 (a letöltés ideje: 2016. 08. 27.)

Supply Chain of Renewable Energies in the 21st Century, on the Doorstep of the 3rd Industrial Revolution

HAUBER GYÖRGY

In the 21st century utilization of renewable energy sources is growing exponentially, and in the coming decades this expansion will continue to increase. The main question is where this road will lead us. What represents the future: giant wind, solar, geothermal power plants and the connecting supergrids, the concentrated energy production and supply, or the solution will be given by switching the hundreds of thousands and millions of local energy production units into a network? The energy produced in a decentralized way can be utilized locally, however, through smart grids and smart networks we are now also able to distribute it anywhere according to needs. Therefore, appropriate supply chains have to be evolved, taking into consideration the available capacities, the hectic and often unpredictable production typical to the renewables, as well as the problem of storage and distribution.

Keywords: wind energy, solar energy, energy storage, smart grid, distributed networks, decentralization

ABV (CBRN) tűzszerészcsoporthoz mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés

Az elkövetkező évtizedek biztonsági környezetének állapotát – több más meghatározó tényező mellett – az ABV-, a CBRN-fegyvereken¹, eszközökön kívül olyan, egyébként békés célú ipari vagy kutatási kapacitások nem kellően „örzött” vegyi, biológiai vagy nukleáris összetevőinek bűnös szándékú felhasználása is ronthatja, melyekről a gondoskodás jegyében összehangolt intézkedéseket kell meghoznia az európai közösség államainak.

A szerző a cikkben összefoglalást ad az ABV tűzszerészcsoporthoz felépítéséről és feladatairól, melyeket a CBRN fenyegetésre válaszolva dolgoztak ki.

Kulcsszavak: CBRN-fegyverek, ABV-robbanóeszközök, ABV-lőszer és -robbanóanyag, -robbanótest hatástalanítása

Bevezetés

A hidegháborús időszak vége óta a fegyverzet-ellenőrzés területén tett erőfeszítések ellenére sajnos elmondható, hogy a tömegpusztító fegyverek és a célba juttató rendszereik elterjedése, valamint fejlesztése nem állt meg. A NATO 2012-ben kiadott ABV-védelmi irányelve² egyértelműen kifejezi, hogy a tömegpusztító fegyverek proliferációjának megakadályozására irányuló törekvések nem váltották be a hozzájuk fűződő reményeket.

A biztonságpolitikai szakértők a korábbi fegyverkezési verseny hozományaként napjainkra új típusú veszélyforrásként jelölték meg az ABV-fegyverek és -eszközök gyártásához szükséges anyagok, szellemi termékek proliferációjából fakadó fenyegetést. Az ellenőrzés alól kikerült és kisebb felfegyverzett csoportok tárházát bővítő ABV-eszközök szerepet kaphatnak a helyi konfliktusokban vagy a terrorakciókban.

Ezzel párhuzamosan napjainkra megerősödött a nemzetközi terrorizmus, illetve

1 A kétféle elnevezéssel arra kívánok utalni, hogy bár a nemzetközi és a NATO-szakirodalom a CBRN (Chemical, Biological, Radiological and Nuclear, azaz vegyi, biológiai, radiológiai, nukleáris) összetételt használja, az MH Fegyvernemi Állandó Munkabizottság Vegyivédelmi Szekciójának 2009-es egységes iránymutatása alapján továbbra is az ABV rövidítés használatos az MH dokumentumaiban.

2 NATO's Comprehensive, Strategic-Level Policy for Preventing the Proliferation of Weapons of Mass Destruction (WMD) and Defending against Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Threats.

kockázati tényezőként jelenik meg a jelenséggel összefonódó CBRN-terrorizmus mint az aszimmetrikus hadviselés egyik lehetséges eszköze. A terrorista szervezetek fegyvertára és szakmai ismerete ugyanis egyre bővül. Sugárzó, mérgező, fertőző anyagok alkalmazásával szélsőséges nézeteket valló vallási szekták, nacionalista terrorszervezetek, egyéni terroristák fenyegethetnek és szándékozhatnak elérni bűnös céljaikat. Ezek az eszközök tehát már nemcsak a reguláris hadseregek fegyverei között találhatók meg, hanem ezeket alkalmazhatják háborús helyzetben kívül, akár egy országon belül is a szélsőséges csoportok. [1]

A közös európai CBRN-szakpolitika a fenti biztonsági kihívásokra adott válaszlépésként célul tűzte ki, hogy közösségi intézkedések révén csökkentse az Európai Unió polgárainak váratlan CBRN-események miatti veszélyeztetettségét, valamint az ilyen események miatt fellépő károkat. Már 2008-ban EU CBRN-munkacsoport alakult meg, mely zárójelentésében ajánlásokat fogalmazott meg a teendőket, illetve a fenyegetéssel kapcsolatos problémák leghatékonyabb kezelési módját illetően.

A CBRN-munkacsoport – a konkrét problémák értékelése alapján – a CBRN-fenyegetettség általános szintjét és a CBRN-anyagokat érintő terrorista akciók, illetve egyéb váratlan események bekövetkezését figyelembe véve, a CBRN-anyagokkal kapcsolatos megelőzéssel, felderítéssel és felkészültséggel kapcsolatban többek között megállapította: „Számos CBRN-anyagot viszonylag könnyű megszerezni és fegyverré alakítani.” [2] A szóba jöhető CBRN-anyagok kockázat alapján felállított sorrendjét – a hozzáférhetőség szempontjából – a munkabizottság az alábbiakban jelölte ki: vegyi anyagok, kisebb mértékben biológiai organizmusok és radioaktív sugárforrások.

Napjaink CBRN-kihívásai, a CBRN-eszközök

A robbanóeszközök alkalmazása alapvetően fenyegetést jelent a művelési területen tevékenykedő csapatok és a civil lakosság számára egyaránt. Itt ugyanakkor számítani kell improvizált robbanószerkezetek (Improvised Explosive Device, IED) alkalmazására is. Ezek olyan házilag előállított eszközök, amelyek a pusztító hatásukat a robbanás hatóerejével, az egészségre ártalmas vegyi, biológiai anyagokkal, pirotechnikai eszközökkel vagy gyújtó hatású anyagok segítségével érik el. Az IED szerkezeti felépítése általában kezdetleges, de csak a készítőjének kreativitása és a rendelkezésére álló anyagok, alkotórészek mennyisége és technológiai színvonala határoolja be az eszköz kifinomultságát. [3]

Az IED lehet mobil telepítésű, illetve helyhez kötött. Alapvető részét képezi a robbanótöltet, a töltet iniciálását biztosító detonátor és az ennek működését kiváltó indító mechanizmus. Az előbbieken túl a robbanóeszköz kiegészítő részei lehetnek még az áramforrás, az időzítő berendezés vagy a hatásfokozó repeszek, illetve a rejtést biztosító valamilyen álcázó burkolat. [4]

Bár jelenleg a fent említett fenyegetés főleg a hagyományos IED alkalmazásában testesül meg, aggodalmak fogalmazódnak meg a vegyi, biológiai, radioaktív töltetű IED-k jövőbeni alkalmazásával kapcsolatban.

Tény, hogy – amennyiben a polgári vetületet nézzük – az egyre gyakoribb robbantásos merényletek mellett a fenyegetés és az ezzel járó figyelemfelkeltés markánsabb eszköze lehet a CBRN IED-k alkalmazása, ezek jelentősebb pszichológiai hatása okán. A robbanóeszközök felderítéséről és hatástalanításáról szóló NATO STANAG 2143 is – kategorizálva az improvizált robbanóeszközöket – megjelöli a felsorolt kategóriák egyikeként a vegyi, biológiai, radiológiai fegyvereket, valamint ezek rögtönzött diszperziós eszközeit.

A tárgyalt CBRN-eszközök lehetnek egyrészt eltulajdonított vegyi, biológiai fegyverek, robbanó és nem robbanó szerkezetek, üzemszerűen gyártott vagy házilag előállított, illetve kombinált eszközök. Ugyanakkor a műveleti területen rendelkezésre álló és így hozzáférhető toxikus ipari anyagok veszélyét sem szabad alábecsülni. Ezek figyelembevétele különösen fontos a nem robbanó CBRN-eszközök, úgymint a különböző diszperziós eszközök lehetséges felbukkanásánál. Töltetük lehet tehát mérgező harcanyag, biológiai ágens, radioaktív anyag és toxikus ipari anyag egyaránt. A nem robbanó eszközök lehetséges típusa pedig az improvizált vegyi vagy biológiai anyagot porlasztó berendezés (permetezőgép, aeroszolt fejlesztő generátor stb.). Ezek az eszközök előfordulhatnak ABV-szenyezett terepszakaszokon és tiszta területeken egyaránt.

A biztonsági szakértők egy része a terrorista akciók lehetséges eszközeként jelöli meg a radioaktív anyaggal „töltött” improvizált robbanószerkezeteket (IRDE) mint aggasztó veszélyforrást, de mindenképpen számításba kell venni azok vegyi vagy biológiai ágensekkel történő alkalmazását is.

A radiológiai eszközök alkalmazásának egyik lehetséges célja, hogy hagyományos robbanóanyag segítségével szórjanak szét sugárzó anyagokat bizonyos területen azzal a céllal, hogy sugárveszélyt generáljanak az ott tartózkodó csapatok tevékenységi körletében, és a harctevékenység hatékonyságát csökkentő védelmi intézkedések megtételére kényszerítsék őket. Bár a radiológiai fegyverek alkalmazásának nincsenek a műveleti terület egészére kiterjedő hatásai [5], ugyanis ezeknek nincs a nukleáris fegyverekkel összemérhető rombolóereje, és sem az okozott sugárveszély mértéke, sem pedig a szennyezett terület nagysága nem elegendő a hadműveletek megállítására, pszichológiai hatásuk és az ABV-védelmi rendszabályok alkalmazása közvetve mégis akadályozhatja a műveleteket.

Fontos, nagy jelentőségű katonai objektumok, egyebek mellett a logisztika (hadtáp) objektumai, a kikötők, a menet-, után- és hátraszállítási útvonalak szennyezését követő sugárfelderítés és mentesítés, valamint a védelmi intézkedések bevezetése következtében késedelmet szenvedhetnek lényeges műveletek. Harcászati következményeit tekintve azonban rosszabbak a kilátások: a műveleti képességet érheti veszteség ezen erők tevékenységi körletében a radiológiai veszély által érintett területeken. Amennyiben a korlátozott kiterjedésű területen harcoló állományt hosszú ideig kell ABV-védőeszköz hatása

alatt tartani, sűrűbben kell a váltásokat végrehajtani. Az alegység manőverszabadsága jelentősen romlik a szennyezett területek miatt. [6] A lehetséges terrorista célú alkalmazás súlyosabb következményekkel is járhat.

A radiológiai diszperziós eszközök (RDE) alkalmazása civil környezetben emberi veszteséggel, gazdasági károkkal és az ezeket nagyságrendekkel meghaladó pánikkal járhat. Az RDE hatása különböző tényezőktől, így a meteorológiai körülményektől, a sugárzó anyag típusától és mennyiségétől, a besugárzás időtartamától és a diszperzió módjától függ. A radiológiai támadás következményeit felszámoló katasztrófavédelmi rendszerrel szemben támasztott elsődleges követelmény, hogy képesnek kell lenni a sugárhelyzet, a károk gyors felmérésére, a megfelelő beavatkozó erők és eszközök kijelölésére és mozgósítására, a kidolgozott katasztrófavédelmi tervek alkalmazására, szükség esetén módosított terv kidolgozására. Az első beavatkozó erők és a kórházi személyzet felkészítése különösen fontos. [7]

Az improvizált robbanóeszközök elleni védelem (C-IED) komplex tevékenységet foglal magában, amelynek három fő eleme a terrorhálózat megbontása, a robbanószerkezet semlegesítése, valamint a védelemben résztvevők felkészítése a feladataikra. [3]

Az Európai Unió Tanácsa is az 15912/08 számú, *A terrorizmus elleni küzdelem stratégiájának és cselekvési tervének végrehajtása* című dokumentumában felhívja a figyelmet arra, hogy ezen CBRN-fenyegetésekkel szembeni védelem magában foglalja a CBRN-anyagok és -eszközök észlelését, azonosítását és megfigyelését, a CBRN-robbanóeszközök hatástalanítását (EOD), középpontjában pedig a biológiai felderítő eszközök fejlesztése és a CBRN EOD személyzet képzése áll. [9]

A CBRN EOD feladatainak végrehajtására tehát olyan speciális összetételű tűzszerészcsoporthoz szükséges alkalmazni, amely felkészült mind az ABV-veszélyek, mind pedig a robbanószerkezet hatásaival szemben, azok hatástalanítása során.

A tárgyalt terület aktualitásához hozzájárul az is, hogy a Honvéd Vezérkar főnökhelyettesének utasítása alapján³ a STANAG 2609 (ED1)⁴ a *CBRN EOD feladatok nemzetközi környezetben* című NATO egységesítési egyezmény nemzeti elfogadására és hatályba léptetésére sor került szeptemberben. A NATO-egyezmény a szárazföldi haderőnél és a légierőnél kerül bevezetésre. Emiatt, továbbá a biztonságot fenyegető jövőbeni kihívások tükrében mindenképpen érdemes áttekinteni néhány kérdést az érintett egyezményről.

A CBRN-eszközök alkalmazásán kívül ezen eszközök hatástalanítása is jelentős kockázatokat hordoz magában. Tekintettel arra, hogy a hatástalanítás sikertelensége a tűzszerészcsoporthoz kívül hatással bírna a lakosságra, a környezetre, művelési területen az adott katonai műveletre, olyan specialistákból összeállított csoport alkalmazására van szükség, melynek körülmekintően kell kialakítani a struktúráját, és felállításával együtt meg kell ha-

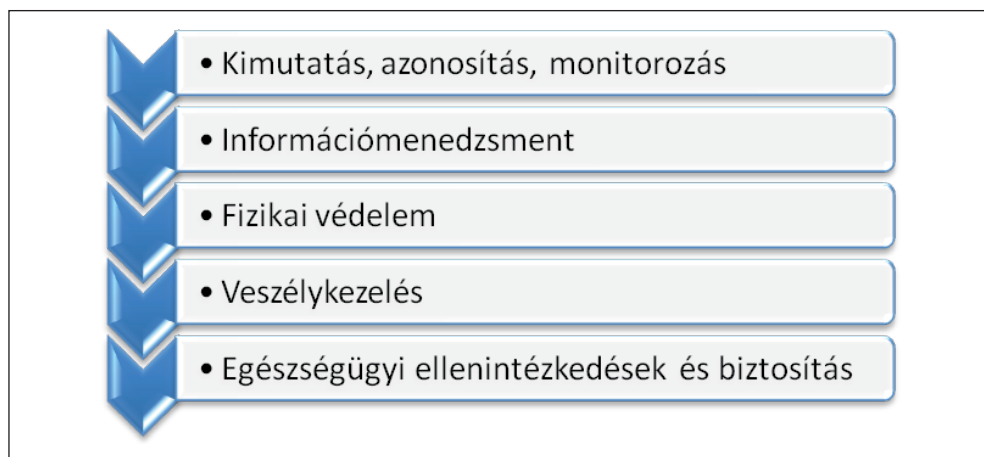
3 A Honvéd Vezérkar főnökhelyettesének 11/2015. (HK 4.) HVKFKH szakutasítása a NATO egységesítési egyezmények nemzeti elfogadásáról és hatályba léptetéséről.

4 STANAG 2609 (ED1): Interservice Chemical, Biological, Radiological, Nuclear Explosive Ordnance Disposal Operations (Cbrn Eod) On Multinational Deployments – AEODP–8.

tározni a résztvevők feladatait végrehajtói és parancsnoki szinten egyaránt.

A hatékony és biztonságos feladatvégrehajtás érdekében a CBRN EOD műveletek során a hatástalanításhoz szükséges tűzserész képességeknek ki kell egészülnie az ABV-védelem feladatrendszeréhez kapcsolható képességekkel, melyek a kockázatértékelés, a veszélykezelés, – különösen az ABV-mentesítés – a kimutatás, az azonosítás, a monitorozás és az egészségügyi rendszabályok területéhez köthetők.

Az ABV-védelem feladatai egymástól jól elkülöníthető öt fő területre csoportosíthatók (1. ábra), mely funkcionális területek alapját az ABV-védelmi irányelvek, az ABV-védelmi doktrína, -képességek, -eljárások, -szervezetek és a kiképzés képezik.



1. ábra: Az ABV-védelem öt fő funkcionális területe (a szerző saját szerkesztése)

Ez az összetett feladatrendszer az egyes részfeladatok összehangolt végrehajtását követeli meg, és mint ismeretes, az összetevők számának növekedése csökkenti a reagálás rugalmasságát, ami jelen esetben kulcsfontosságú feltétele a sikeres teljesítésnek.

Tekintettel arra, hogy egyes esetekben speciális szakismeretek más katonai és polgári szerveken keresztül érhetők el, együttműködésre van szükség a társszervekkel, akár civil szakértői csoportokkal is, így az interoperabilitás feltételeinek megteremtése létfontosságú a műveletek zökkenőmentes végrehajtása érdekében.

ABV tűzseréscsoport (CBRN EOD)⁵ [10]

A CBRN EOD műveletek sikeres és biztonságos végrehajtása a csoport alapképességein és felszerelésén felül egyéb – külső – támogató elemek jelenlétét igényli. A kockázatér-

⁵ CBRN EOD: ABV-lőszer és -robbanóanyag/-robbanótest hatástalanítása.

tékelés, a veszélykezelés – ideértve az ABV-mentesítés, valamint az ABV-felderítés (ki-mutatás, azonosítás, monitorozás) – és az egészségügyi intézkedések területén más szak-területek ismereteinek szinkronizálása elengedhetetlen.

A fenyegetettség értékelése és a sebezhetőségi vizsgálat alapvető fontosságú a CBRN EOD műveletek előkészítéseként, a biztonság növelése érdekében. A fenyegetettség elem-zése során értékelni kell az összes veszélyt a meteorológiai tényezőktől a robbanószer-kezeteken és az ellenség vagy a műveleti területen jelen lévő harmadik fél vagy a többi résztvevő képességeinek eljárásainak elemzésén keresztül a környezeti, különösen az ipari veszélyek feltárásáig. Ennek azonban előfeltétele az információmenedzsment. A megbíz-ható forrásokon alapuló fenyegetettségértékelés lényeges azonban az adekvát, esemény előtti rendszabályok bevezetése érdekében is.

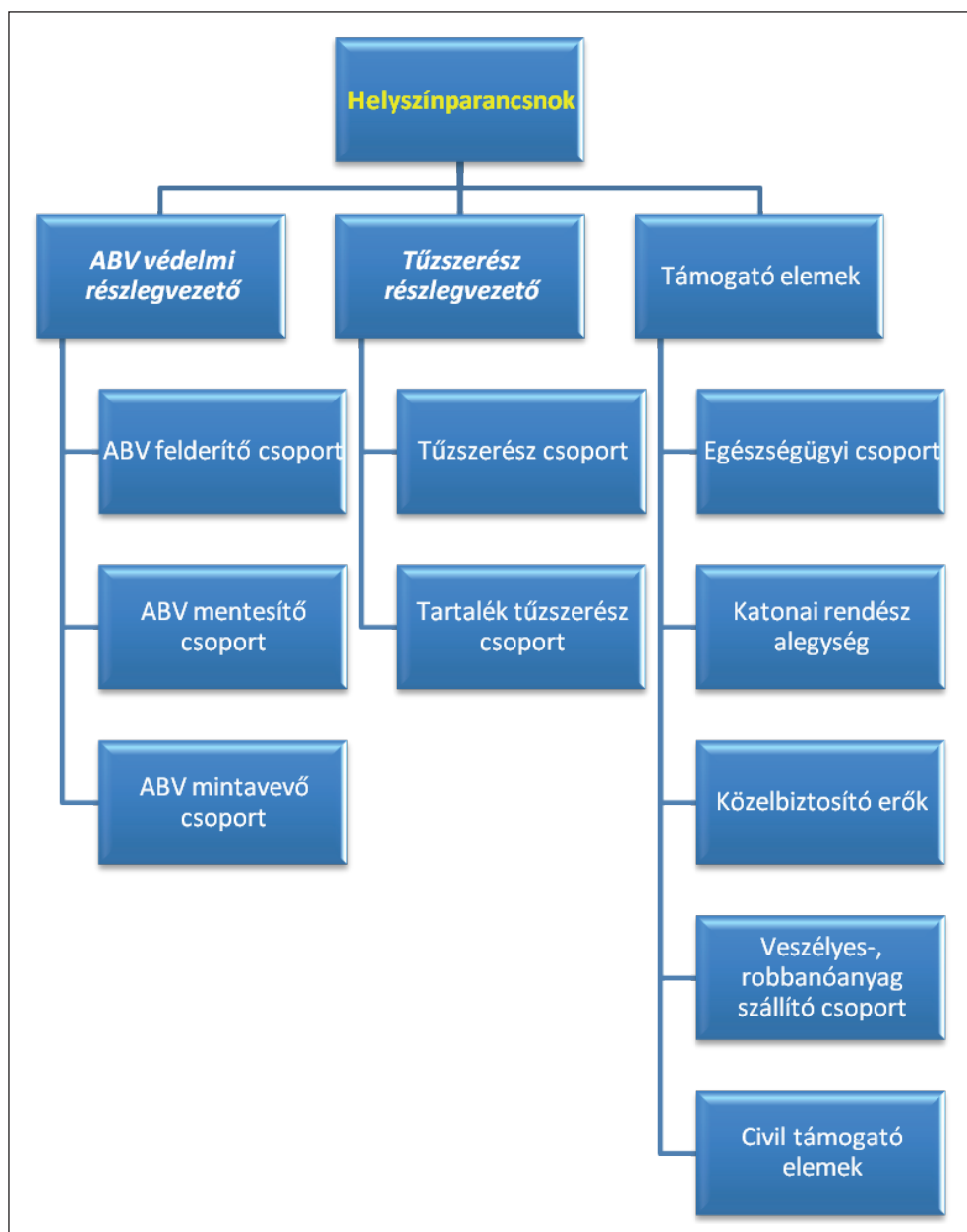
A CBRN-eszközök biztonságossá tétele (RSP)⁶ természetéből eredően a veszélyek so-kaságát magában hordozó tevékenység. A tevékenységi rend meghatározása érdekében a pontos és megbízható adatokon nyugvó sebezhetőségi analízis és fenyegetettségértékelés elsődleges fontosságú, amelyhez a primer adatokat viszont a CBRN tűzszerésznek kell szolgáltatnia. A pontos fenyegetettségértékelés érdekében is alapvető fontosságú a haté-kony felkészítés.

A CBRN EOD műveletek nem különállóan, hanem valamely katonai művelet része-ként valósulhatnak meg, így a képességeken és a saját erőforrásokon túl fontos szerepe van a kiépített és jól strukturált parancsnoki vezetési rendszernek (C2) a megfelelő informá-cióáramlás érdekében.

A NATO ajánlás (AEODP–8) nem határozza meg pontosan, hogy a többnemzeti CBRN EOD műveletekben résztvevő felek milyen erővel és képességekkel – beleértve a személyi állomány létszámát is – vesznek részt és mely területek vezetéséért felelősek. Elképzelhető az is, hogy az összekötő személyek egy időben több szervezettel is konzul-tációkat folytatnak, pl. ABV felderítő csoporttal, ABV mentesítő csoporttal, illetve egy személy több funkciót is elláthat, így nem feltétlenül szükséges minden feladatra külön személyt kijelölni.

Tekintettel azonban a fentiekre és a hatástalanítási tevékenységnek a katonai műve-letre, a civil lakosságra, az infrastruktúrára gyakorolt nagy hatására, úgy a vezetés, mint a végrehajtás szintjén több terület munkájának összehangolására van szükség, ezért a fe-lelősségi körök meghatározása alapvető fontosságú a vezetés és a végrehajtás területén egyaránt.

6 Render Safe Procedures = biztonságossá tételi eljárások.



2. ábra: ABV tűzszerészcsoporth (CBRN EOD) javasolt összetétele (forrás: STANAG 2609 [ED 1] – AEODP-8 alapján a szerző saját szerkesztése)

A helyszinparancsnok (Incident Commander) felelős az alkalmazási területen végzett tevékenységért. Ő szervezi, irányítja és ellenőrzi a feladatban részt vevő erőket és azok tevékenységét az alkalmazási területen. Meghatározza feladataikat és a felelősségi körö-

ket, valamint koordinálja a szükséges biztonsági intézkedéseket. Meghatározza az egyéni védőeszközök védelmi szintjét az alkalmazási területen. Meghatározza az összeköttetés rendjét, a figyelmeztető és veszélyjelzéseket. Meg kell határoznia továbbá a tevékenység rendjét, ehhez a hatástalanítás komplex jellege miatt prioritizálnia kell a feladatokat. A feladat végrehajtása után átadja a helyszínt a katonai vagy polgári hatóságoknak.

Az ABV védelmi részlegvezető (CBRN Team Leader) felelős az ABV szakfeladatok végrehajtásáért az alkalmazási területen. Ő irányítja és ellenőrzi az alárendeltségébe tartozó (és utalt) ABV védelmi szakalegységeket, szervezi a feladataikat. A helyszínparancsnokot szakmai javaslatokkal látja el minden ABV szakterületi kérdésben. Közvetlen kommunikációs kapcsolatban van a helyszínparancsnokkal, a tűzszerész részleg vezetőjével és az ABV-csoportokkal. Feladata meghatározni a veszélyeztetett terület határait, kijelöli az ABV ellenőrző pontot, valamint a mentesítő hely/állomás helyét. Megszervezi a folyamatos helyi időjárás-figyelést és ABV-felderítést (detektálás, azonosítás, monitorozás). Ő határozza meg az egyéni védőeszközök védelmi szintjét. Mindehhez rendelkezésére kell állnia egy ABV felderítő csoportnak, ABV mentesítő csoportnak, valamint ABV mintavevő csoportnak.

Olyan feladatok végrehajtása, mint az ABV-eszközök felderítése, a mintavétel, a vegyi fegyverek megsemmisítése, a veszélykezelés, ideértve az ABV-mentesítést az eszköz biztonságossá tételének folyamata alatt, alapvetően az ABV-részleg hatásköre.

Az ABV felderítő csoport (CBRN Reconnaissance Team) hajtja végre az ABV-felderítést és -figyelést, beleértve a helyi időjárás figyelését is. Működteti az ABV ellenőrző pontot. Felderíti és megjelöli a szennyezett terület határait, meghatározza a szennyezettség mértékét. Az alkalmazási területéről történő kivonulás előtt ABV-ellenőrzést hajt végre.

Az ABV mentesítő csoport (CBRN Decontamination Team) végzi és ellenőrzi a részleges és teljes mentesítést, kijelölve a mentesítő állomás megközelítési és elhagyási útvoalait. Gyűjti a szennyezett anyagokat és a mentesítési hulladékokat.

Az ABV mintavevő csoport (CBRN Sampling Team) gyűjti és előkészíti a mintákat az analízishez.

A tűzszerész részlegvezető (EOD Team Leader) felelős a tűzszerész feladatok végrehajtásáért, szervezi, irányítja és koordinálja azokat. Közvetlen kapcsolatban van a helyszínparancsnokkal, szakmai javaslatokat biztosít a döntéseihez, valamint kapcsolatot tart az ABV védelmi részlegvezetővel. Tűzszerész szempontból meghatározza, illetve megbecsüli a veszélyeztetett területet, valamint kijelöli a biztonsági távolságot, megszervezi a felderítő, azonosító és ellenőrző szakfeladatokat. A felelősségi körzetében meghatározza a tűzszerész veszélyeztetettség fokozatát, és kikérdezi a szemtanúkat.

A tűzszerészcsoporthoz (EOD Team) és a tartalék tűzszerészcsoporthoz (EOD Back-up Team) végrehajtja a tűzszerész feladatokat, biztosítja az ABV-eszközökhöz, -lőszerekhez történő biztonságos hozzáférést, tájékoztatást ad a terület biztonságáról, szállítás esetén a veszélyes eszközt arra alkalmas állapotba hozza.

A katonai egészségügyi csoport (Medical Team) mobil egészségügyi biztosítást végez az alkalmazási területen, elsődlegesen a műveletben részt vevő katonai állomány részére. Az ABV-sérülések ellátása speciális ismereteket igényel, ezért rendkívül lényeges az egyik legfontosabb támogató intézkedés, a megfelelő orvosi ellátás biztosítása a sérült személyi állomány számára.

A katonai rendész alegység (Military Police) biztosítja az elzárási és kiürítési intézkedéseket.

A közelbiztosító erők (Site Security Cordon Troops) támogatást nyújtanak az elzárási és kiürítési intézkedések végrehajtása során, és biztosítják a műveletben részt vevő katonai erőket az alkalmazási területen.

A veszélyes- és robbanóanyag-szállító csoport (CBRN Payload Transport Team) szállítja az eszközt vagy az elkülönített ABV (harc)anyagot az ideiglenes tárolási, szétszerelési vagy a végső megsemmisítési helyre.

Külföldi műveleti területen szükség lehet tolmácsra, aki fordít a befogadó nemzet nyelvére, segít a helyszínparancsnoknak és más szolgálati személyeknek.

A civil támogató elemek közreműködő szerepe rendkívül fontos a biztonságos végrehajtás megvalósítása érdekében. A rendőri erők segítséget nyújtanak az elzárási és kiürítési intézkedések során. A tűzoltó erők és a civil egészségügyi támogató részleg pedig támogatást biztosítanak vészhelyzetekben.

Mivel a robbanószerkezet hatástalanítása során külön kockázatok merülnek fel vegyi, biológiai, radioaktív, valamint toxikus ipari anyagok lehetséges kiszabadulása miatt, a hatástalanítási folyamat körültekintő tervezése, a veszélyes és veszélyeztetett terület, a környezeti és időjárási körülmények elemzése lényeges feladat, amely további katonai vagy polgári támogató elemek bevonását igényelheti.

Az ABV tűzszerészcsoporthoz alkalmazásának sajátosságai

A CBRN–IED hatástalanításának folyamata meghatározható különbséget mutat a hagyományos IED-k hatástalanításával szemben. Ugyanis a robbanószerkezetekre kidolgozott hatástalanítási eljárások nem mindegyike alkalmazható ezekben az esetekben. A biológiai vagy vegyi anyagok kiszabadulásának veszélyét figyelembe véve nagyobb lehet a veszélyeztetett terület, így megnövelt biztonsági távolságokat kell tartani, ami befolyásolja az evakuálási zóna határait is. A hatástalanítás során a tűzszerész védőruházatot ki kell egészíteni ABV-védelmet biztosító elemekkel, ami fokozza a tűzszerészek terhelését. A személyzet igénybevétele fokozottabb lesz úgy fiziológiai, mint pszichikai értelemben.

Annak megállapítása, hogy a (robbanó)szerkezet tartalmaz-e ABV-anyagot vagy sem, alapvető fontosságú, azonban ennek meghatározása megnöveli a hatástalanítási folyamat idejét. A szerkezet (IED) átvilágítása röntgensugárzást használó berendezéssel in-

formációt ad arról, hogy az eszköz belső szerkezeti kialakítása lehetővé teszi-e egyáltalán ABV-anyag elhelyezését, továbbá arról is, van-e benne valamilyen, az eszköz anyagától eltérő szerkezetű anyag vagy sem. Annak megállapítása azonban, hogy a szerkezet milyen ABV-ágenst rejt, hosszadalmas feladat.

A CBRN–IED által tartalmazott veszélyes anyag beazonosítása ugyanakkor elsődleges, hiszen ez határozza meg az ABV-fenyegetés szintjét, valamint a szükséges biztonsági lépéseket és a kordontávolságot.

Számos olyan módszer van, amely képes információt adni a tárolt anyagról a tartály (szerkezet) megbontása nélkül. Ezek a nem invazív eljárások roncsolásmentes analízist biztosítanak, és nem szükséges a minta előzetes kémiai feltárása sem. Ilyen például az infravörös (IR) spektroszkópia vagy a neutronaktivizációs analízis. Az IR spektroszkópia alkalmazásának egyik lényeges korlátját képezi az, hogy átlátszó „tartályok” esetében alkalmazható, ami az IED-kre nem jellemző. [11] A neutronaktivizációs analízis esetében a fenti feltételnek nem szükséges teljesülnie. A neutronsugárzásnak kitett anyag stabil atommagjai és a sugárzás között lejátszódó kölcsönhatás eredményeképpen az anyagban radioaktív izotópok keletkeznek. A magreakciókat közvetlenül követő gammafotonok kibocsátása révén mérhető a gammasugárzás energiaspektruma, ami a kibocsátó atommagra jellemző, így következtetni lehet a besugárzott anyag összetételére, valamint a spektrumban megjelenő gammaenergiákon – az ún. teljesenergia-csúcsoknál – mért gammaintenzitások alapján a már azonosított elemek mennyiségére. [12]

Az invazív eljárások lehetőséget adnak mintavételre és a CBRN-töltet átfertésére egy, a megsemmisítés helyszínére történő biztonságos elszállítását lehetővé tevő speciális tartályba. A CBRN–IED köpenyének átfúrásával egy időben a fúroszerkezet körbe is zárja a nyílást, és a furaton keresztül lehet hozzáférni a belső tartalomhoz. A mintavétel pontosabb analízist tesz lehetővé. A veszélyes töltet átfertését követően a robbanóeszközt hagyományos IED-ként lehet kezelni, és akár a helyszínen is meg lehet semmisíteni.



3. ábra: A robbanóeszköz veszélyes ABV-töltetének átfertése (forrás: Valent Applications Ltd., www.militarysystems-tech.com/suppliers/cbrn-eod-products/valent-applications-ltd)

Ez alapján lehet preventív módon előkészíteni az ABV mentesítő részleg, valamint az egészségügyi csoport tevékenységét.

A CBRN EOD feladatok jellegükből adódóan veszélyesek, személyi sérülés kockázatával is számolni kell. A kockázatok minimalizálása érdekében a csoportot körültekintően kell összeállítani, és felkészítésükre nagy hangsúlyt kell fektetni.

Általános alapelv, hogy el kell kerülni az expozíciót, de ha ez nem lehetséges, akkor a személyi állomány kitettségét az ALARA-elvnek⁷ megfelelően kell tervezni. Az elfogadható kockázatról – többnemzeti CBRN EOD műveletek végrehajtása előtt – egyeztetés szükséges a részt vevő nemzetek között. A NATO-ajánlás szerint egyébként az expozíciós korlátokban elsődlegesen annak az országnak a nemzeti szabályozása mértékadó, ahol az incidens történt.

A CBRN EOD műveletek nagy költségvonzatúak, végrehajtásuk nagy értékű berendezések alkalmazását igénylik (pl. robotok), sőt tekintettel arra, hogy a vegyi, biológiai, radiológiai anyagokkal kombinált improvizált diszperziós eszközök hatástalanítása során számolni lehet azok szennyeződésével, szükség lehet még tartalék eszközök rendszerben tartására is.

Az alkalmazási költségeket emeli az is, hogy a STANAG szorgalmazza: a CBRN (robbanó) eszközök biztonságos hatástalanítása érdekében létre kell hozni a célnak megfelelő és biztonságot szavatoló infrastruktúrával felszerelt létesítményt (Central Demolition Site, CDS). Kinyilatkoztatja továbbá: tekintettel arra, hogy CBRN (robbanó) eszközök hatástalanításának megoldása többnemzeti feladattá válhat, a létesítmény jogszerű üzemeltetése érdekében a nemzetközi alapelveknek megfelelő szabályozást kell kiépíteni, azzal adekvát eljárásokat kell kimunkálni – természetesen a nemzeti irányelvek és szempontok szem előtt tartásával.

A védelemben részt vevő állomány felkészítése a komplex improvizált robbanóeszközök (C–IED) elleni védelem jelentős eleme. A felkészítésnek számos területe van, többek között a műveleti környezet (helyzet) alapos ismerete, az IED-re utaló jelek felismerésének, a robbanószerkezet azonosításának képessége, a lehetséges ellenrendszabályok rendszere, a jelentések és riasztások rendje és nem utolsósorban a CBRN-eszközök ismerete. A hatékony végrehajtáshoz a képzettség mellett megfelelő szervezeti felépítés, együttműködési képesség, valamint a feladathoz illeszkedő technikai eszközellátottság is szükséges, mely utóbbi jelentős anyagi ráfordítást követelhet. [13]

Tekintettel arra, hogy a CBRN-robbanószerkezetek hatástalanítása két egymáshoz kapcsolódó, de különálló szakterület ismereteit igényli, a képzésnek és a felkészítésnek is természetszerűen e két terület alapjártasságai köré kell szerveződnie. Az ABV-védelmi

⁷ „A sugárvédelem egyik alapelve, amely szerint bármely sugárforrást alkalmazó tevékenység esetében – kivéve az orvosi terápiás besugárzást – a védelmet és biztonságot optimalizálni kell annak érdekében, hogy az egyéni dózisok nagysága, a sugárzásnak kitett személyek száma és a sugárterhelés valószínűsége az észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten maradjon.” (www.terc.hu/fogalom/alara-elv)

szakembereknek a tűzszerészeti ismeretek területén, a tűzszerész szakállománynak pedig az ABV-védelem területén kell alapijártasságot szereznie. Ennek megfelelően a szükséges alapijártasságok követelményeit is erre a két területre lehet csoportosítani.

Összegzés

Az IED-k elsődleges hatása mellett előtérbe kerül ezek lélektani hatása (amit a műveletben részt vevő állományra, a katonai-politikai döntéshozókra, illetve a hazai polgári lakosságra kifejtene), és ez okozza stratégiai jelentőségüket. A módszerekben egyre aggasztóbb az előállítás kifinomultsága, valamint az a lehetőség, hogy a hatás fokozására vegyi, biológiai vagy radioaktív töltetekkel is számolni kell a jövőben. [14]

A CBRN-eszközök – beleértve az improvizált diszperziós robbanószerkezeteket – tehát reális fenyegetést jelentenek műveleti területen a csapatokra és a civil lakosságra egyaránt.

Általánosan elmondható, hogy a CBRN EOD tevékenységek végrehajtása – annak komplex jellege miatt – magas szintű koordinációt követel, a biztonsági előírások pontos kidolgozása mellett speciális felkészítést és felszerelést igényel.

Az EOD műveleti kapacitásnak ezért magában kell foglalnia a felderítést, a hatástalanítást is, és ki kell terjednie a műveleti terület egészére. Tekintettel a fentiekre, a NATO EOD csoportjainak képesnek kell lenni CBRN-eszközök hatástalanítására, így rendelkezniük kell az azok felderítéséhez és azonosításához szükséges eszközökkel, továbbá a védőruházatuknak biztosítani kell a tevékenységet ABV-környezetben, ellenállónak kell lennie a CBRN-anyagokkal szemben. [15]

A szakértők számításai alapján a CBRN-események bekövetkezése vagy akár annak közvetlen veszélye, illetőleg az ehhez kapcsolódóan kialakuló helyzet kezelése meghaladhatja az adott ország reagálási képességét, akár a katasztrófavédelmi, polgári védelmi mechanizmust, akár bármely egyéb – az elhárításban részt vevő – szervezet tevékenységét tekintjük. A helyzet kezelése miatt megvalósított nemzetközi együttműködés kulcsfontosságú. Ennek sikere érdekében a helyzetfelismerésben, a felderítésben és az elhárításban részt vevő szervezeteket fejleszteni kell, hogy segíteni tudják egymás tevékenységét.[1]

Irodalomjegyzék

[1] Berek T. – Pellérdi R.: ABV (CBRN) kihívásokra adott válaszlépések az EU-ban 2011. *Bolyai Szemle*, XX. évf., 2. szám, http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2011/2/Berek_Pellardi.pdf

[2] *A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris biztonság Európai Unión belüli megerősítéséről – az EU CBRN cselekvési terve.* SEC(2009) 790.

- [3] Kovács Zoltán: Katonai objektumok IED elleni védelmének lehetséges technikai megoldásai. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXIII. évfolyam, 2013/2. szám, www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdf2013_2/osszesen2013-2.pdf
- [4] Kovács Z. – Szabó S.: Improvizált robbanóeszközök hatásai ellen történő védelem „DEFENCECELL” készlettel. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXIV. évfolyam, 2014/3. szám, www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2014_3sz/ossz_2014_3.pdf
- [5] AJP–3.8 Allied Joint Doctrine for NBC, 2003.
- [6] Berek Tamás: ABV (CBRN) analitikai laboratórium mint művelettámogató speciális vegyi védelmi képesség, 2011. *Hadmérnök*, www.hadmernok.hu/2011_1_berek.pdf
- [7] Pellérdi Rezső: Korunk kihívása a nukleáris terrorizmus, 2007. Tavaszi Szél konferenciakiadvány.
- [9] *A terrorizmus elleni küzdelem stratégiájának és cselekvési tervének végrehajtása*. Az Európai Unió Tanácsa 15912/08 sz. dokumentuma. Brüsszel, 2008, <http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=HU&f=ST%2015912%202008%20INIT>
- [10] AEODP–8. Interservice Chemical, Biological, Radiological, Nuclear Explosive Ordnance Disposal Operations (CBRN EOD) on multinational deployments.
- [11] Steve Kennon: Contaminated devices. *Intersec*, Sept.2010, www.militarysystems-tech.com/files/militarysystems/supplier_docs/Intersec%20CBRN%20EOD.pdf
- [12] Molnár Zs. – Balázs L.: *Neutronaktivációs analitikai gyakorlat*. BME NTI Oktatóreaktor, Budapest, 2007, www.chem.elte.hu/system/files/NAA_meresleiras.pdf
- [13] Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXII. évfolyam, 2012/különszám, www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/pdfanyagok2012kulonszam/18%20teljesszam.pdf
- [14] Horváth Tibor: Az IED hálózat mint korunk egyik aszimmetrikus kihívása. In: Csengeri János – Krajnc Zoltán (szerk.): *Humánvédelem – béke-művelési és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése*. Budapest, NKE, HHK, 2016, http://real.mtak.hu/33554/1/tanulmanygyujtemeny%20ujratervezes_CsJ_KZ_1.5.pdf
- [15] STANAG 2143: Explosive ordnance reconnaissance/explosive ordnance disposal, 2005.

CBRN explosive ordnance disposal as a response to the security challenges

BEREK TAMÁS

Our security environment in the next decades depends on a number of factors: the CBRN weapons and devices, not sufficiently “guarded” chemical, biological, or nuclear components of otherwise peaceful industrial or research capacities (and their use with criminal intent). The above challenges require the coordinated measures of the European community.

The author of the article summarizes the composition of CBRN EOD and its task which have been developed in response to the CBRN threat.

Keywords: CBRN weapons, CBRN Explosive Ordnance, CBRN Explosive Ordnance Disposal

Víztermelő létesítmények integrált fizikai védelme I. Mechanikai és élő erős védelem

A vízellátás közérdekű szolgáltatás. A jó vízminőség hozzájárul a lakosság ivóvízellátásának biztonságához. Egy víztermelő létesítményben, ahol veszélyes anyagokat is felhasználnak, a vagyonvédelem mellett fontos a biztonsági rendszabályok betartása is. A vagyonvédelmi koncepció kialakítását követően, a komplex biztonsági rendszer tervezésekor a védelmi alrendszerek helyes arányainak kialakítása létfontosságú. A szerző bemutatja, hogy milyen sajátosságokat kell figyelembe venni az integrált fizikai védelem megvalósítása érdekében a vízellátás területén.

Kulcsszavak: víztermelő létesítmény, komplex biztonsági rendszer, fizikai védelem, szabályozás

Bevezetés

A víztermelő létesítmények hatékony védelmének kialakításakor – az adott objektum fizikai védelme mellett – az ott végzett tevékenység veszélymentes állapotának fenntartása is cél a megfelelő minőségű ivóvíz biztosítása érdekében. Ezt a védelmi rendszer tervezésekor figyelembe kell venni. Ez a veszélymentes állapot – a biztonsági rendszer zavarmentes működését feltételezve is – időben változhat, ami azonban csak bizonyos mértékig prognosztizálható. Az ivóvízellátás biztonságának fenntartása azonban nem csupán a jó minőségű ivóvíz biztosítását jelenti: az ellátó rendszer működését biztosító objektumok fizikai védelmére is hangsúlyt kell fektetni.

A 21/2002. (IV. 25.) KöViM rendelet a vízi közművek üzemeltetéséről a vízmű-üzemeltetést a következő módon határozza meg: „A vízmű-üzemeltetés a folyamatos víztermelés, a vízbázisvédelem, a vízkezelés, a vízszolgáltatás, a fenntartás, a hibaelhárítás és az ügylet.” A komplex védelem kialakítása érdekében a fent nevezett tevékenységek, valamint az azok érdekében létrehozott létesítménycsoportok fizikai védelmét kell biztosítani.

A víztermelő létesítmények fizikai védelmét biztosító rendszer felépítésekor is, mint minden más esetben, azonosítani kell a biztonság állapotát veszélyeztető külső és belső tényezőket, fel kell térképezni azok jellegét, majd értékelésüket követően kell meghatározni az azokra adott válaszlépéseket, illetve megtervezni a védelem felépítését.

A biztonsági fenyegetések csökkentését célzó intézkedések hangsúlyozottan fontos eleme tehát az üzembiztonságot megalapozó létesítmények, eszközök fizikai védelme.

A víztermelés során végzett tevékenység – a vízkivételtől a hálózatba táplálásig – és annak eszközei, a felhasznált anyagok mennyisége, értéke, veszélyessége viszonylag jól meghatározható. A kritikus infrastruktúra egy olyan meghatározó eleme védelmének kialakításakor, mint az ivóvízellátás kulcsfontosságú létesítményei, néhány sajátosságot azonban feltétlenül figyelembe kell venni.

Kockázatelemzés és a védelmi koncepció kialakítása

Egy adott termelési objektum jól körülhatárolható terület. A veszélyeztetettség mértékét többek között az üzemeltetés biztonsági foka, a termelésben felhasznált különféle anyagok, eszközök, információk kereslete, értékesíthetősége, a terület bűnügyi fertőzöttsége, működési rendje, a napszak, az alkalmazott védelmi rendszer megbízhatósága, a beavatkozás, az elhárítás objektív és szubjektív gyorsasága határozza meg. [1]

A kockázatelemzés során a víztermelő objektum adott létesítményeivel, azok üzemeltetésével és a területeiken folyó tevékenységekkel kapcsolatban előforduló lehetséges kockázatok azonosítását és értékelését kell elvégezni. Ez a kockázatelemzés ugyanakkor a vízbiztonsági terv elkészítésének is egyik meghatározó fundamentuma. A vízminőséget fenyegető kockázatok értékelésének folyamatában azonban az objektumvédelmi kérdések csupán egy részét képezik a komplex elemzésnek.

Az elemzés során a kockázatok bekövetkezési valószínűségét, okozott hatását, a kockázat bekövetkeztének elkerülését, illetve hatásának csökkentését lehetővé tevő intézkedéseket kell megvizsgálni, és azok várható hatásait figyelembe véve alternatív megoldásokat, javaslatokat szükséges kidolgozni. [2]

Az elemzés során többek között az alábbi tényezőket kell figyelembe venni:

- A létesítmény környezeti adottságai, a környék bűnözési statisztikája.
- A létesítmény építészeti, energetikai, elektronikai, informatikai stb. alrendszerei.
- A létesítmény üzemeltetési rendszerei, a szabályzatok, a hatósági előírások.
- A létesítmény alapfunkciói és időszakos, kiegészítő funkciói.
- A létesítményben dolgozó, oda látogató személyek összetétele.
- Biztosítási szerződések, feltételek. [3]

A biztonsági rendszer felépítése érdekében kialakított védelmi filozófia alapjául szolgáló biztonsági kockázatelemzésnek ki kell térnie a létfontosságú szolgáltatás sérülésére, valamint a vízkezelés során és a laboratóriumban felhasznált veszélyes anyagok külső környezetbe kerülésére, gondatlan vagy bűnös szándék, de akár technológiai hiba eredményeként.

A víztermelő létesítmények egyik sajátossága, amit a védelem kialakítása szempont-

jából mindenképpen figyelembe kell venni, az, hogy a vízkivételi létesítmények a vízforrással, a vízbázissal együtt a termelőüzemen kívüli területen helyezkednek el, gyakran jelentős távolságra attól. Tekintettel azok sérülékenységre, a fizikai védelem megvalósítása ezeken a területeken is kiemelt szempont, ami nem egyszerű feladat, azok gyakorta igen nagy területe miatt. A védelmi koncepció kialakításakor ezt a körülményt mindenképpen figyelembe kell venni.

A vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízi létesítmények védelméről szóló 123/1997. kormányrendelet a közcélú vízi létesítmények fizikai védelméről megfogalmazza, hogy azok belső védőövezetét be kell keríteni, szükség esetén biztonságukról őrzéssel is gondoskodni kell. A rendelet továbbá a belépésre jogosultak körének meghatározását és a beléptetés kialakításának szükségességét nyilvánítja ki azzal, hogy kimondja: „Rendszeresen a vízi létesítmény üzemeltetőjének azok a dolgozói tartózkodhatnak [a területen], akik ott munkát végeznek, és a külön jogszabályban meghatározott rendszeres egészségügyi ellenőrzést igazoló egészségügyi könyvvel rendelkeznek.” Természetesen az érintettek köre kiegészül az ellenőrző ágazati hatóság szakembereivel, illetve azokkal, akiket a védőterület tulajdonosa a belépésre feljogosít (e jogszabály meghatározásában a védőterületnek állami vagy önkormányzati tulajdonban kell állnia). [4]

Víztermelő létesítmények esetében a vízkezelés során alkalmazott veszélyes anyagok jelenlétét is figyelembe kell venni ágazati sajátossággént. A vízkezelés és a vízminőségi vizsgálatok során alkalmazott veszélyes anyagok felhasználásának helyszínénél szolgáló létesítmény(ek) védelmét biztosító vagyonvédelmi rendszer tervezése szempontjából lényeges azok helyszínének megelőző tanulmányozása, majd ezt követően a felmért paraméterek teljes körű kiértékelése. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos tevékenység helyszínének szemlélésével együtt értékelni kell annak a védelem szempontjából meghatározó fizikai környezetét, az azt alkotó lényeges terepelemek számbavételével együtt.

A klórozóüzem és a vízminősítő labor mérete, valamint elhelyezkedése azok környezetében döntő jelentőségű, melynek előzetes értékelésére ugyancsak sort kell keríteni. Ennek során ki kell mutatni azokat a kiemelten védendő épületelemeket, amelyek hiányos védelem esetén könnyű támadási felületet nyújthatnak az elkövetők számára. Az objektum mérete és elhelyezkedése azért is kiemelt jelentőséggel bír, mert a létesítményben a veszélyes terek, az anyagtároló területek elhelyezkedése szintén meghatározó a védelem szervezése szempontjából.

Meg kell állapítani a védelem célját, tárgyát, meg kell határozni a veszély forrásait, és ezek ismeretében kell megtervezni és kiépíteni a védelmi rendszert úgy, hogy tételesen kell megjelölni a védendő értékeket és tevékenységeket. A védelmi koncepció gondos felépítése egy lényeges és kritikus állomás a vagyonvédelmi komplexum kialakítása során, hiszen a tervezési folyamat további szakaszait ez alapozza meg.

A védelmi koncepció a vagyonvédelmi rendszer egyes összetevőinek funkcióit, kapcsolatát, működési módját írja le. Meghatározza a szükséges mechanikai, elektronikai, in-

formációtechnológiai védelmi alrendszerek, eszközök főbb paramétereit, egymásra épülésüket, funkcionális jellemzőiket, kezelésük, karbantartásuk módját. [3]

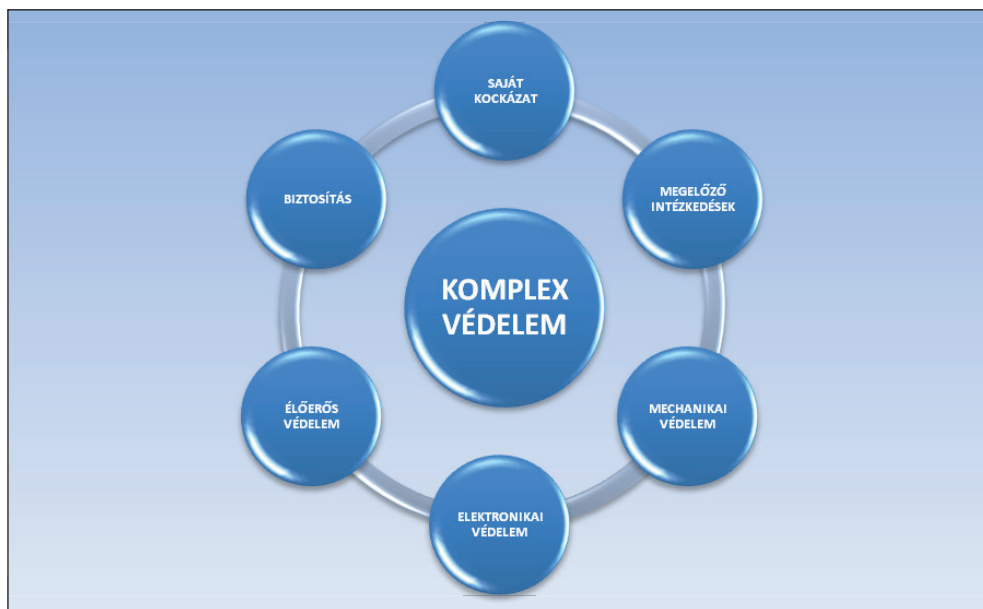
A tervezés során ki kell jelölni azokat az üzemi területeket, melyeket a veszélyforrások ismeretében fokozott védelemben kell részesíteni, például külön belépési jogosultsággal.

A fizikai védelem kialakítása, védelmi komponensek

A vízbázisok komplex védelmének tervezésekor a víz minőségének biztosítása, valamint az ellátást biztosító víztermelő létesítmény és az ott végzett tevékenység biztonsága érdekében a vízbiztonsági terv eseménykezelési eljárásrendjét össze kell hangolni a vagyonvédelmi rendszertervezés követelményeivel.

Az integrált védelem kialakítása a cél, ami nem csupán azt jelenti, hogy a mechanikai védelmet technikai megfigyelésnek kell kiegészítenie. Szükséges egyfelől egy olyan biztonsági rendszer kiépítése, amelyben az integrált alrendszerek autonóm működésének feltételeit biztosító felügyeleti algoritmus összehangolja azok kommunikációját, ugyanakkor biztosítja a személyi felügyelet beavatkozási lehetőségét is, az objektum személyi állományának hatáskörében összpontosításával – természetesen a felelőségi szinteknek megfelelően. [5]

A komplex vagyonvédelem egymásra épülő összetevőkből áll, melyek célja a kockázatok előfordulási valószínűségének és az egyes, mégis bekövetkező kockázati események káros következményeinek minél nagyobb mértékű csökkentése.



1. ábra: A komplex vagyonvédelem összetevői

A fenti csoportosítás komponenseit egyenként vagy akár egyszerre is alkalmazhatják, azonban a magas szintű biztonság a fentiek összehangolt, optimális, arányos alkalmazásával érhető el; ez a komplex őrzés-védelem, az őrzés-védelem komplexitása. [6]

Mechanikai védelem

A mechanikai védelem mint a technikai védelem része az egyik legrégebben alkalmazott területe a vagyonvédelemnek. Gyakran primer védelemnek tekintik, ugyanis a szándékos jogellenes cselekmény elkövetésekor először ezt kell leküzdeni. A komplex személy- és vagyonbiztonság egyik meghatározó elemeként mindazon építészeti és gépészeti eljárások, eszközök és technológiák összessége, amelyek a személy vagy a vagyon létét, a rendeltetésszerű működést veszélyeztető szándékos jogellenes cselekményt késleltetik, akadályozzák, esetleg megakadályozzák. [7]

A mechanikai védelem fő területei:

- A kültéri védelem: kapuk, kerítések, sáncok, árkok, akasztók stb.
- Építményvédelem: falazat, földem, padozat, tetőzet, ajtók, ablakok, rácsok, redőnyök, fóliák stb.
- Mechanikai tárgyvédelem: lemez- és páncélszekrények, széfek, trezorok, zárható bútorok és ládák stb.

A vízellátó rendszerek mechanikai védelmének kialakítása során a fenti elemek alkalmazását nagymértékben meghatározza a létesítmények sajátossága. A vízellátó rendszerek jellemző létesítménycsoportjai:

- vízbeszerzés,
- vízkezelés,
- vízemelés,
- vízszállítás és -elosztás,
- víztárolás,
- irányítástechnika és energiaellátás.

A vízbeszerzés létesítményei főleg a vízbázisokra telepített kutak, kútcsoportok. Gyakorta előfordul, hogy a vízmű által létesített és üzemeltetett kutak egy része vagy akár mindegyike a vízműtelepen kívül található, és azok kútbekötő vezetékkel csatlakoznak a vízműtelepi gyűjtővezetékre. Gyakori továbbá, hogy ezek a kútcsoportok elszórtan és nagy területen helyezkednek el, amit mindenképpen figyelembe kell venni. A parti szűrészű rendszerek esetében a folyók árterületén telepített csáposkutak védelme további nehézséget jelenthet. A kutak működőképességének fenntartása mellett az azt biztosító fontos tartozékok: a villamos kapcsolóberendezés, a bűvárszivattyú, a vízszintmérő, a mennyiségmérő stb. védelme is lényeges – azok értéke miatt is.

A kültéri vagyonvédelmi eszközöknek késleltetni, illetve akadályozni kell az illeték-

telen behatolást, azonban egy többhektáros területet alappal rendelkező, az átmászást akadályozó, 2,5-2,8 m magas kerítéssel körbevenni nagyon drága, továbbá az élő erős felügyelet biztosítása is nehézkes, a költségvonzata miatt is. Az olcsóbb kivitelű, tüskés dróttal erősített dróthálós kerítés alkalmazása ilyenkor kézenfekvőnek látszik, azonban ilyen esetekben feltétlenül indokolt a mechanikai védelem kiegészítése az elektronikai védelem különböző, behatolást jelző eszközeivel. Az elektronikai védelem kültéri érzékelőinek (mozgás-, rezgés-, nyomásváltozás, elektromos-tér-változás alapján és egyéb érzékelési módokon működő eszközök) telepítési és üzemeltetési többköltségeivel azonban számolni kell.

A vízkezelés és víztárolás létesítményeinek területe kisebb ugyan, de itt a védendő értékek koncentráltabban találhatók meg, nagyobb értéket képviselve. A vízkezelés eszközeiben okozott kár továbbá nagyobb hatással bírhat a vízellátás üzembiztonságára. Ez a kettő nemcsak lehetőséget biztosít, hanem egyenesen megköveteli a magasabb fokozatú mechanikai védelem kialakítását. A beton alappal rendelkező, megfelelően magas (2,5-2,8 m) mechanikai szilárdságot biztosító beton-, téglá-, kő-, vaskerítés elektronikai jelzőeszközökkel kombinálása itt is szükséges lehet.

Az ezen létesítmények területére irányuló személy- és áruforgalom is jelentős, melynek biztosítására a belépést biztosító kapukat kell üzemeltetni, valamint a jóval nagyobb forgalom miatt élő erőt szükséges alkalmazni a beléptetés szabályozására. A létesítménycsoportokon belül elhelyezett, különböző funkciójú épületek, üzembrészek, raktárak mechanikai védelmét is ki kell építeni az építményvédelem már említett eszközeinek alkalmazásával, továbbá a fontos gyártási dokumentumok, valamint a könnyen eltulajdonítható, de nagy értéket képviselő eszközök védelméről is gondoskodni kell. A vízkezelő létesítménycsoport veszélyes anyagot tároló vagy felhasználó építményei mechanikai védelmének méretezésekor mindenképpen szem előtt kell tartani az illetéktelen hozzáférés meggátolását. A veszélyes ipari üzemek – tevékenységükből adódóan – ugyanis mindig valamilyen kockázatot jelentenek a környezetükre, a veszélyeztetett területen élő lakosságra. [8]

A rácsok anyagával, méretével és szerelésével kapcsolatban a Magyar Biztosítók Szövetsége (MABISZ) ajánlásokat fogalmaz meg. A MABISZ szabályzata a mechanikai védelemben három fokozatot különböztet meg: teljes körű, részleges és minimális mechanikai védelmet. A MABISZ szerint a három méternél alacsonyabban lévő ajtókat és ablakokat ajánlatos acélráccsal ellátni. Ez az előírás szerint akkor tekinthető biztonságosnak, ha anyaga legalább 12 mm átmérőjű köracél vagy ennek megfelelő szilárdságú, más profilú acél; pénzintézeteknél ez a méret 16 mm. A rácsszerkezeti nyílások nem lehetnek 100x300 mm-nél nagyobbak. A rácsokat 300 mm-enként a rácsrudak keresztmetszeti tényezőjének megfelelő falazókörmökkel kell a falba rögzíteni, legalább 150 mm mélyen. A rácsot oldalanként legalább négy helyen kell rögzíteni. A rácsot az ablak tokjához is lehet rögzíteni, de úgy, hogy az kívülről ne legyen megbontható. Az ablakoknál bizonyos védelmet nyújtanak a redőnyök, valamint az ablaküvegre ragasztott törésgátló műanyag fóliák.

A külső ajtók szerkezetével és építésével kapcsolatos alapkövetelmény, hogy azok rendelkezzenek legalább olyan szilárdsággal, mint a környező fal. Biztonságos az ajtó, ha anyaga 40 mm vastag tömör fa, biztonsági zárral van ellátva, az ajtótokot pedig minden oldalon legalább három helyen falazókörömmel rögzítették a falazathoz. Az ajtó biztonságát növeli, ha keményfából vagy fémből készül, illetve ha vaslemezzel, vasráccsal vagy több ponton rögzítő zárral, például hevederzárral van ellátva. A lakat nem minősül biztonsági zárnak! Követelmény, hogy a zár nyelve legalább 20 mm-re hatoljon be a tokba.

Az épületek leggyakoribb behatolási pontjai az ajtók és az ablakok, melyek részben vagy egészben üvegezettek. Ezen üvegfelületek védelmére sikeresen alkalmazhatóak a biztonsági fóliák. Ezek olyan többrétegű, laminált, műanyag alapú védőelemek, amelyek az üvegfelületre utólag felerősítve (kasírozva, ragasztva, applikálva stb.) támadás esetén megakadályozzák annak azonnali összeesését. Az üvegfelületet egyben tartva késleltetik a behatoláshoz szükséges nyílás kivágását, továbbá a támadó számára a szilánkképződéssel nagymértékű balesetveszélyt okoznak. A biztonsági fóliák kombinálhatók fémszálakkal is. Ezek a riasztórendszerbe bekötve támadás esetén jelzést adnak. [7]

A víztárolás létesítményeinek mechanikai védelmének fő célja a betárolt vízkészletek fizikai védelme a környezeti, állati, illetve a gondatlan és a szándékos szennyezéstől, melyek valószínűsége az illetéktelen behatolás fizikai gátlásával nagymértékben csökken. A biológiai szennyezések súlyos közegészségügyi következményekkel járhatnak.

A vízzel terjedő fertőző betegségek lehetnek:

- bakteriális kórokozók: Shigella, enterovirulens E. coli, Yersinia enterocolitica, Campylobacter, Vibrio cholerae, Pseudomonas aeruginosa, Aeromonas, Clostridium difficile, illetve perfringens, Enterococcus faecalis, Bacillus cereus, Serratia;
- paraziták: Giardia, Cryptosporidium, Entamoeba histolytica, Trichinella spiralis;
- vírusok: rotavírus, Norwalk, astro, calici-, corona-, enterális adenovírusok stb. [9]

Az irányítástechnika és az energiaellátás létesítményeinek mechanikai védelmének kialakításakor nem csupán az üzembiztonság (a vízellátás) és a különböző eszközök védelme a kívánt cél, hanem bizonyos esetekben (pl. transzformátorház, áramelosztó szekrény stb.) a mechanikai védelem épületvédelmi eszközei életvédelmi célokat szolgálnak.

A kültéri védelem, az építményvédelem, illetve a mechanikai tárgyvédelem eszközeinek kombinálása az elektronikai védelem érzékelőivel, valamint a rendszert üzemeltető és felügyelő élő erő alkalmazásával a védelem szintje nagymértékben növelhető.

A megelőző intézkedések és az élő erős védelem

A vagyonvédelem megszervezéséhez és a munkavégzés ellátásához a vonatkozó jogszabályokon kívül belső utasítások és különféle okmányok szükségesek. Ezekben az okmányokban rögzítik többek között a vagyonvédelmi munka alapvető tevékenységét, a munkaterü-

let kialakítását, az egyes feladatok meghatározását, a szolgálat ellátását, az annak folyamán történt eseményeket. [10]

Az élő erős védelem önmagában költséges és – az emberi hibalehetőséget figyelembe véve – szinte folyamatosan kockázatokkal terhelt komponens. Hatékonyságának megőrzése, valamint a működtetése során „betáplált” energia hasznosulása érdekében rendkívül fontos a feladatok pontos meghatározása. Ebben törekedni kell a víztermelő üzem sajátosságainak figyelembevételére, melyre kiváló lehetőséget biztosít egy megfelelően elkészített ivóvízbiztonsági terv. Ennek eseménykezelési rendszere is keretet biztosít az élő erős rendszer üzemeltetéséhez. (A biztonságos ellátás fenntartása szempontjából követelmény ugyanis az eseménykezelési rendszer kidolgozása.) Az események osztályozása elősegíti, hogy a normál állapottól eltérő bármely – az ivóvízbiztonságot fenyegető – esemény egységes kezelése megvalósulhasson, az események minősítése pedig hozzájárul annak megállapításához, hogy a probléma megoldása megvalósulhat-e a vízellátást biztosító szolgáltató saját erőforrásaira támaszkodva, vagy az túlmutat saját képességeiken, és külső segítség bevonása válik szükségessé. A szolgáltató vízbiztonsági tervének tartalmaznia kell a vészhelyzeti intézkedéseket, ahol meg kell jelölni többek között az elvégzendő feladatokat, az ivóvíz-szolgáltató szervezet adott beosztásaihoz kötötten. [11]

Az közismert, hogy a vagyonvédelmi rendszer hatékonyságát a leggyengébb elemének hatékonysága határozza meg. A nem kellő körültekintéssel felépített rendszereknek gyakorta az élő erős összetevője jelenti a leggyengébb láncszemet.

A létesítményi biztonság fenntartása érdekében elengedhetetlen az üzem minden területén – a felelősségi körök szigorú meghatározása mellett – az ellenőrizhetőség biztosítása, az egyes kezelői beavatkozások dokumentálása, illetve ennek egyik feltételeként a szabályozási rendszer kialakítása, többek között szabálytalanság, mulasztás, belső szabotázs esetén, a személyhez köthető felelősség megállapításához. Ez értelmezhető egyébként a termelés védelmét biztosító biztonsági szolgálat személyi állományára és a termelés érdekében foglalkoztatott munkavállalókra egyaránt. [5]

A vagyonvédelmi koncepció kialakításakor meghatározott élő erős komponens működési hátterét meghatározó szolgálati utasítás kidolgozásánál ügyelni kell arra, hogy annak egyes, az incidensek kezelésére vonatkozó eljárásrendje a vízbiztonsági terv eseménykezelési folyamatának komplex rendszerébe integrálható legyen. A rendszer működőképességének fenntartása érdekében ezt időközönként tesztelni is szükséges. A levont következtetések nyomán a megelőző intézkedések és az élő erős szolgálat eljárásrendje is módosítható.

A jogosultság meghatározása és annak a biztonsági szabályzatban rögzítése fontos, főleg olyan területeken, ahol a vagyonőrnek a munkaadó (megbízó) érdeke védelmében ellenőrzéseket kell végeznie (csomagátvizsgálás, ittasság ellenőrzése stb.).

Tekintettel arra, hogy a kutakon végzett karbantartási munkálatok balesetveszélyesek lehetnek, a munkavédelmi szabályok betartása és az előírt védőeszközök használata is lé-

nyeges. A mulasztásokra visszavezethető következmények – akár a hatóság által kiszabott bírság is – közvetlenül károsítják a vállalatot.

Az alkoholos befolyásoltság a munkaterületen szintén hasonló probléma. A vagyongőr – a szerződésben leírtak alapján – a munkavállaló ráutaló magatartása észlelése esetén vagy szűrőpróbaszerűen ellenőrizheti az alkoholos befolyásoltságot. Amennyiben a belépésre jelentkező dolgozónál az alkoholos befolyásoltság szembetűnő, a biztonsági szolgálat jogosult alkoholszondás ellenőrzésre felszólítani az érkezőt. Amennyiben a teszt alkoholos befolyásoltságot jelez, az eseményt jegyzőkönyvezni kell, a beléptetést pedig meg kell tagadni. Az ittasság ellenőrzése azonban egy különösen érzékeny terület. Alkoholszonda alkalmazásánál – a metódus jellegéből fakadóan – nincs lehetőség az eredmény reprodukálására. Ez az egyik legnagyobb problémája a munkahelyi alkoholszondás ellenőrzésnek, ezért kifejezett figyelmet kell fordítani a pontos és jogszerű adminisztrációra, a mérés utáni döntések meghozatalára. Az alkoholmérés során megszerzett adatok különleges, szenitív adatnak minősülnek, ezért azokat ennek megfelelően, nagy körültekintéssel kell kezelni. [12]

Bármilyen baleseti veszély fenntartása esetén a munkát azonnal be kell szüntetni, az eseményt a munkahelyi vezetőnek azonnal jelenteni kell, aki köteles gondoskodni annak elhárításáról. A veszélyforrás időtartalma alatta az adott területet le kell zárni, a belépést korlátozni kell. Itt is egyértelműen meghatározható a biztonsági szolgálat feladata.

Az élőerős védelem esetében nem a legolcsóbb a legjobb, hiszen ez – mint a már említett belső veszélyeztetettség forrása – később igen sokba kerülhet. A kiválasztás folyamatában a szakmai kompetenciák mellett figyelmet érdemel a munkavégzési alkalmaság – fizikai, egészségügyi, pszichikai – vizsgálata. Emellett lényeges szempont a munkavégzési hajlandóság és az önálló fejlődés képessége. Az örnek a munkája során tudnia kell adaptálnia a tapasztalatokat, az egyes eseményekre reagálva tovább kell tudnia fejleszteni az egyéni módszereit. Szakszerűen kell kezelni a felügyeletére bízott mechanikai és elektronikai komponens alrendszeit, az őrzőrendszert ellenőrző rendszert. A képezhetőség is fontos, hiszen az új technikai eszközök bevezetése, a régiek korszerűsítése megköveteli az alkalmazott élő erő felkészítését. [13]

Összegzés

A víztermelő létesítmények fizikai védelmének tervezési időszakában elvégzett állapotfelmérés és kockázatelemzés elengedhetetlen, ezek alapján lehet adekvát értékelést és tervjavaslatot kidolgozni.

Már a vízbiztonsági terv – amely a vízellátás biztonságát, valamint az állandó vízminőséget hivatott biztosítani – felépítését megelőzően alapos kockázatelemzést kell végezni. A veszélyanalízis végrehajtásakor lényeges az ivóvízellátás biztonságát fenyegető

szennyező folyamatok mellett feltárni azokat a veszélyforrásokat is, melyek a víztermelés biztonságát vagyongvédelmi szempontból fenyegetik. Ezek leírása és kategorizálása lehetővé teszi értékelésüket a bekövetkezési valószínűségük alapján.

Az ivóvízellátás biztonsága érdekében – a vízellátási folyamat veszélymentes állapotának biztosítása mellett – kiemelt figyelmet kell fordítani számos további olyan elem fizikai védelmének megvalósítására, melyek az ivóvíz-szolgáltatás alapfeltételeit testesítik meg. Egyebek mellett ilyenek a vízbázis létesítményeinek gépei, berendezései, illetve az ezek üzembiztonságát meghatározó segédelemek. A vízbázisok területi kiterjedése gyakorta igen nagy, ami az élő erős őrzés magas fokú technikai támogatását igényli. Ezek területén az elektronikai komponens behatolást jelző és beléptető alrendszerének szabotázsvédett kiépítése biztosíthatja a közvetlen fizikai védelmet.

Irodalomjegyzék

- [1] Lukács György: *Új vagyongvédelmi nagykönyv*. CEDIT Kft., Budapest, 2002.
- [2] Utassy Sándor: Vagyongvédelmi rendszerek tervezése, telepítése. *Detektor Plusz*, 14. évf., 8–9. szám, 2007. augusztus–szeptember, 18–20. o.
- [3] Utassy Sándor: *Komplex villamos rendszerek biztonságtechnikai kérdései*. Doktori (PhD) értekezés, 2009.
- [4] Berek Tamás – Rácz László István: Vízbázis mint nemzeti létfontosságú rendszerelem védelme. *Hadmérnök*, VIII. évf., 2. szám, 2013. június, www.hadmernok.hu/132_11_berek_rli.pdf
- [5] Berek Tamás: Vagyongvédelmi koncepció kialakításának sajátosságai veszélyes anyagok vizsgálatát biztosító létesítmények esetében. *Hadmérnök*, http://hadmernok.hu/2011_4_berek.php
- [6] Berek Lajos – Vass Attila: Gázturbinás erőműi objektum védelme. *Hadmérnök*, IX. évf., 2. szám, 2014. június, www.hadmernok.hu/142_01_berek_rekl.pdf
- [7] Berek Lajos: *Biztonságtechnika*. ÁROP – 2.2.21 Tudásalapú közszolgálati előmenetel kiadványa. NKE, 2014.
- [8] Kátai-Urbán Lajos – Pellérdi Rezső – Vass Gyula: Veszélyes ipari üzemek szándékos károkozás elleni védelme. *Bolyai Szemle*, 2015/2. szám.
- [9] Teknős László – Kóródi Gyula: A globális éghajlatváltozás biológiai kockázatainak elemzése, hatásainak vizsgálata a katasztrófavédelemre I. *Bolyai Szemle*, 2016/1., http://uni-nke.hu/uploads/media_items/bolyai-szemle-216-1.original.pdf
- [10] *Vagyongvédelem*. Pécsi Tudományegyetem Felnőttképzési és Emberi Erőforrás Fejlesztési Kar Védelmi Kutatások Központ, http://vkk.feek.pte.hu/files/tiny_mce/File/2008_2009_II/civ_bizt/06_vagyonvedelem.pdf
- [11] Berek Tamás – Dávidovits Zsuzsanna: Vízbiztonsági terv szerepe az ivóvízellátás biztonsági rendszerében. *Hadmérnök*, http://hadmernok.hu/2012_3_davidovits_berek2.pdf
- [12] Kálmán László: A munkahelyi alkoholszondás ellenőrzés problematikája. *Hadmérnök*, X. évf., 4. szám, 2015. december, www.hadmernok.hu/154_02_kalmanl.pdf
- [13] Berek Tamás – Bodrácska Gyula: Az élőerős őrzés az objektumvédelem építőipari ágazatában. *Hadmérnök*, V. évf., 4. szám, 2010. december, www.hadmernok.hu/2010_4_berek_bodracsk.php

Integrated Physical Security of the Water Treatment Facilities I. Mechanical And Security Personell

BEREK TAMÁS

The supply of water is a service of general interest in Europe. Good water quality contributes to the security of the population's drinking water. In water treatment facilities where hazardous materials are stored and used, it is important to comply with the safety regulations. The author draws the attention to the principles that need to be taken into consideration when implementing integrated physical protection in the drinking water supply system.

Keywords: water treatment facilities, complex security system, integrated physical protection

A légiforgalom-irányítói infrastruktúra védelmének eszközrendszere

A térségünkre jellemző forgalmi adatok és a légi közlekedési iparágban egyre többször bekövetkező katasztrófák, terrorcselekmények tükrében különösen fontos elemezni, hogy a légi forgalom biztonságos áramlásáért felelős – és a kritikus infrastruktúra részét képező – légi navigációs szolgálatok eszközeinek, rendszereinek és állományának védelmét milyen direktívák és szabályok szavatolják, milyen hatékonyabb gyakorlati megoldások alkalmazhatóak. A vizsgálatoknak arra a speciális esetre is ki kell terjedniük, amikor egy légtérben a légi navigációs szolgáltatást nem a kijelölt nemzeti szolgáltató, hanem valamely másik (akár nem is szomszédos) szervezet látja el úgynevezett delegált szolgáltatás formájában.

Kulcsszavak: delegált légiforgalmi szolgáltatás, delegált légtér, távoli irányítás, légi navigációs szolgáltató

Bevezető

A HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. (a továbbiakban: HungaroControl) 2015-ös beszámolója szerint a tavalyi évben 755 418 légi jármű irányítására került sor a magyar légtérben, mely 11,63%-os növekedés 2014-hez képest.¹ A regisztrált összes² mozgásszám növekvő trendek mellett realizálódott, és az irányított légi járművek száma egy újabb rekordévet produkált. [1]

A térségünkre jellemző forgalmi adatok és a légi közlekedési iparágban egyre többször bekövetkező katasztrófák, terrorcselekmények tükrében különösen fontos elemezni, hogy a légi forgalom biztonságos áramlásáért felelős – és a kritikus infrastruktúra részét képező – légi navigációs/légi forgalmi szolgálatok eszközeinek, rendszereinek és állományának védelmét milyen direktívák és szabályok szavatolják, milyen hatékonyabb gyakorlati megoldások alkalmazhatóak.[2]

Az elemzéseknek arra a légtérfelhasználók és az uniós jogalkotók által szorgalmazott változásra is ki kell terjedniük, amikor egy adott nemzeti légtérben a légi navigációs szolgáltatást már nem az eredetileg (jogszámban) kijelölt nemzeti szolgáltató, hanem vala-

1 2014-ben az összes mozgásszám 676 710 volt. [1]

2 Az országon átrepülő és a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérrel induló, oda érkező forgalom.

mely másik (akár nem is a szomszédos nemzetközi) szervezet látja el, távoli (remote) vagy ún. delegált szolgáltatás formájában.

Növekvő hazai légi forgalom

Az átrepülő forgalom dinamikáját meghatározta, hogy 2014 júliusa óta – az ukrajnai és szíriai események miatt – a térségeket elkerülő forgalom továbbra is hazánk irányába terelődött. Az Ukrajnát elkerülő forgalom 2014-es megjelenése drasztikus forgalomnövekedést eredményezett, a tavalyi I. félévben tapasztalt napi forgalmi növekedés közel 20%-os mértékű volt. A budapesti érkező és induló forgalom tovább bővült, így tavaly 91 874 mozgással 6,35%-os növekedés volt tapasztalható a két évvel ezelőtti 86 392-es mozgásszámhoz képest. A HungaroControl (távoli szolgáltatásként) a Koszovó feletti ún. magas légtérben³ éves szinten összesen 67 405 légi jármű mozgását irányította. [1]

A törökországi robbantások miatt a török desztinációkra irányuló (és térségünkön áthaladó) szezonális forgalom jelentős visszaesése (–7%) ellenére a 2016. májusi nemzeti forgalmi adatok további növekedést mutatnak: hazánk légterében összesen 67 918 légi jármű mozgását regisztrálták, amely ismételten a valaha mért legerősebb májusi nemzeti forgalomnak tekinthető. [3] *„A biztonság, (így a légi közlekedésé is!) a társadalmi, gazdasági elvárásoknak megfelelően mindig a teljes rendszer komplex, azaz valamennyi együttműködő elemének vizsgálatával értékelhető. Így a légiközlekedés is csak akkor tekinthető biztonságosnak, ha annak összes együttműködő eleme folyamatosan, az elvárt megbízhatósági szinten funkcionál.”* [4]

A fenti számadatokkal is alátámasztott légiforgalom-növekedés utas- és áruforgalom-növekedéssel is jár. A kockázatok egy másik részét jelenti a migráció és a turizmus. A közegészségügyi vészhelyzetek megelőzése, beleértve a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris terrorizmus eseteit, alapvető fontosságú. Ennek sikere érdekében a helyzetfelismerésnek, a felderítésnek és az elhárításnak fontos szerepe van. A védelem szervezetei közötti pontos és valós idejű, hiteles adatokat biztosító kommunikáció mellett alapvető követelmény a fizikai védelem fenntartása az utas- és áruforgalom lehető legkisebb mértékű korlátozása mellett. [5]

Az európai uniós jogalkotási környezetben már az 1990-es évek vége óta történtek lépések a légi közlekedés belső piacának kialakítására, továbbá az ehhez nélkülözhetetlen légi közlekedés biztonságának elérésére. A jogalkotási folyamatban az Európai Parlament különösen fontos szerepet tölt be: a 2002 óta hatályba léptetett jogszabályokkal megteremti, illetve folyamatosan fejleszti, szigorítja és egységesíti a légi járművek kialakítására, elkészítésére, karbantartására és működésére vonatkozó előírásokat, továbbá a dinamikus növekvő légi fuvarozás szabályait és az utasok jogait, kötelezettségeit. [6]

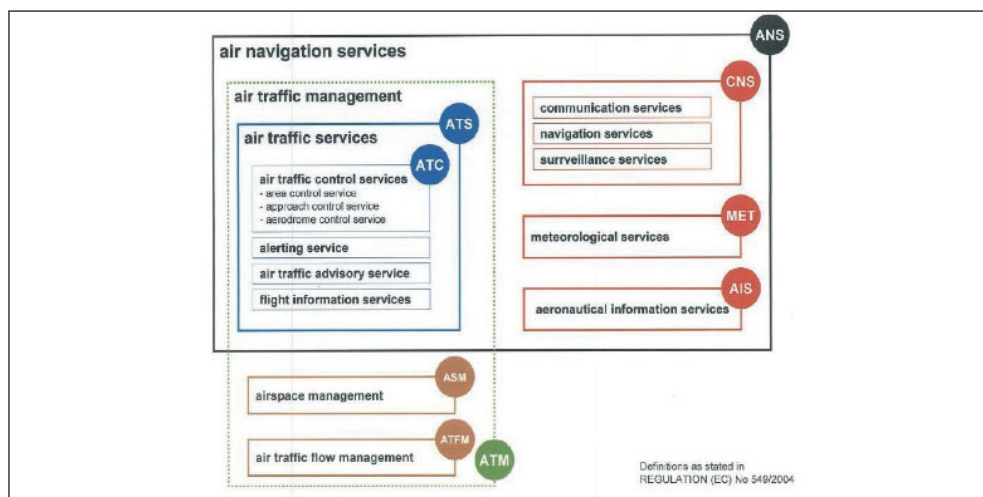
³ FL205-FL660 repülési szint közötti légtérész.

A kockázatok csökkentése, a légiközlekedés-biztonság szintjének növelése érdekében az egyre intenzívebb légi forgalom irányítását, valamint a légi navigációs szolgáltatókra vonatkozó műszaki szabályozást nemzetközi szakmai szervezetek (EUROCONTROL,⁴ EUROCAE⁵) dolgozzák ki, az Európai Parlament által jogszabály szerint megalakított EASA⁶ felügyeletével.⁷ [6]

A légi navigáció és légiforgalom-szervezés hierarchiája

A fenti számadatokkal szemléltetett intenzív légi forgalom kiszolgálásához nemzeti jogszabályban⁸ rögzített légi navigációs (ANS),⁹ illetve légiforgalom-szervezési (ATM)¹⁰ szolgáltatást kell biztosítani. A nyújtott szolgáltatás és eszközpark fontos részét képezi a kritikus infrastruktúrának számító európai légiközlekedési hálózatnak. [7]

Légiközlekedés-védelmi szempontból a fent vázolt, légi navigációs szolgáltatásokhoz kapcsolódó infrastruktúra, eszközpark és személyi állomány fizikai és informatikai biztonságát szavatolni kell annak érdekében, hogy a kritikus infrastruktúrának számító légi közlekedés áramlása térben és időben akadálymentesen történhessen.



1. ábra: A légi navigációs és légiforgalom-szervezési szolgáltatások hierarchiája [8]

⁴ www.eurocontrol.int/articles/who-we-are

⁵ A légi közlekedés szabványügyi szerve, www.eurocae.net/

⁶ European Aviation Safety Agency, www.easa.europa.eu/

⁷ A folyamatosan bővülő hatáskörrel működő EASA dolgozza ki a műszaki szabályozást, míg az EUROCONTROL az Egységes Európai Égbolt megvalósításával kapcsolatos operatív feladatokat.

⁸ Hazánkban a HungaroControl a légi közlekedésről szóló 1995. évi XC VII. évi törvény jelöli ki.

⁹ Air Navigation Services.

¹⁰ Air Traffic Management.

A légi közlekedési adatok minőségének és a légi forgalmi rendszerek védelmének jogi alapjai

A légi forgalmi információk minőségi kritériumai

Napjainkra nyilvánvaló szükségszerűséggé vált, hogy az egyre inkább automatizált légi közlekedés és légi forgalmi irányítás megfelelő minőségű, valós időben rendelkezésre álló és teljes körű adatbázisokat és információkat alkalmazzon, melyek rendszereit és információs hálózatait megfelelő védelemmel kell ellátni. [9]

Az adatok jövőbeni közvetlen légi forgalmi irányítási és repülési tevékenységhez való felhasználhatóvá tétele, illetve a légi forgalmi adatokkal és tájékoztatásokkal kapcsolatos minőségi követelmények egységesítése érdekében az Európai Bizottság 2010. január 26-án elfogadta a 73/2010/EU rendeletet, amely meghatározza a légi forgalmi adatok és tájékoztatások minőségével és kezelésével összefüggő elvárásokat. Az ún. ADQ-rendelet¹¹ európai uniós alkalmazásának célja a légi forgalmi információk egységesítése, egységes minőségének és időbeni megjelenésének biztosítása, továbbá a potenciális hibaforrások (pl. manuális adatbevitel okozta hibák) minimalizálása, kiküszöbölése.

A légi forgalmi szolgálatok fizikai védelmének követelményei

Az Egységes Európai Égbolt (a továbbiakban: SES) koncepció megvalósulását elősegítő uniós jogszabályi környezetben léteznek előírások a repülésvédelemre vonatkozóan. Ezek közül kiemelendő az Európai Parlament és a Tanács 300/2008/EK rendelete a polgári légi közlekedés védelmének közös szabályairól, amelynek hatálya kiterjed

- a tagállamok területén elhelyezkedő valamennyi repülőtérré (ez alól kivételt képeznek a kizárólag katonai célokra használt repülőterek vagy egy repülőtér adott részei),
- az említett repülőtereken szolgáltatást nyújtó minden üzemben tartóra (beleértve a légi fuvarozókat is),
- a légiközlekedés-védelmi követelményeket alkalmazó valamennyi jogalanyra, amely a repülőtér területén belül vagy kívül található helyszínen működik, és az érintett repülőterekre vagy azokon keresztül árut szállít, illetve szolgáltatásokat nyújt. [10]

A beléptetőrendszer tervezésekor számos körülményt kell számításba venni, különösen a rendszerrel szemben támasztott követelményeket. Meg kell vizsgálni egyebek mellett az épület tereinek (zónáinak) sajátosságait, azokba a belépésre jogosultak körét, az

¹¹ Aeronautical Data Quality.

ellenőrzött terek sajátosságait. A székházba történő be- és kiléptetés, valamint az objektumon belüli mozgások különböző jogosultsági szintek szerinti szabályozása lényeges. Fontos a jogosultság meghatározhatósága és változtathatósága, valamint a beléptetőrendszer személykövetési funkciója is, hiszen a belépésre jogosultak tartózkodását, mozgását az épületben a rendszer követni képes, és nyilván tudja tartani, hogy az ellenőrzött terekben hányan voltak. Az ideiglenes beléptetést megvalósító vendégkártya-kezelési funkció is lényeges a laborüzemeltetés szempontjából. [11]

A légi forgalmat irányító szolgálatok, így hazánkban a HungaroControl székháza is kiemelten védett objektumnak minősül, így fegyveres biztonsági őrséggel őrzött terület. Az épületbe a beléptetés az adott védelmi fokozat szerinti és előzetes gépjármű-, személy-, teher- és poggyászellenőrzést (átvizsgálást) követően lehetséges. Az épületen belül biztonsági zónákra felosztott jogosultság szerinti történhet a mozgás (önállóan vagy kísérvél), mind a HungaroControl munkavállalói, mind a szakmai látogatók esetében.

A kameraállások kijelölésénél számos kívánalomnak meg kell felelni. Egyrészt a kamerákat olyan pontokon kell elhelyezni, hogy azok az alkalmazási célnak megfelelő minőségben biztosítsanak értékelhető felvételt, méghozzá úgy, hogy csak a biztonsági szempontból lényeges eseményekről, illetve azonosítási cél esetén személyekről készüljön felvétel. A kamerarendszer kiépítésénél – mivel nem az elriasztás a fő cél – a diszkrét elhelyezésre kell törekedni úgy, hogy a hatékonyság ne szenvedjen csorbát. [12]

Az épület közlekedői és közösségi részei kamerás megfigyelés alatt állnak, az arcképes, mágneses azonosító kártyával működő ajtók használatát külön rendszer regisztrálja. A szigorított védelmi területre (pl. irányítóterem, ATM-rendszer, repülőtéri irányítótorony¹² stb.) történő belépés csak a kijelölt állomány részére lehetséges, az ettől való eltérés (indokolt esetben) a HungaroControl belső szabályozói és jóváhagyási eljárásrendje szerint lehetséges. A beléptetés működési követelményeinek biztosítása ekkor is lényeges. Az elektronikai és mechanikai rendszerek magas fokú integráltsága mellett fontos szerepe van az azokat üzemeltető élő erő felkészültségének, valamint a megelőző intézkedéseknek. [13]

A székházba történő beléptetés egyik jellemzője, hogy naponta jelentős számú külsős partner átvilágítását kell megoldani, mivel a HungaroControl sok külföldi és hazai szakmai partnerrel tart kapcsolatot, az EPC¹³ képzési akadémia és a CRDS¹⁴ kutatás-fejlesztési központ heti rendszerességgel fogad nemzetközi delegációkat.

A fizikai védelem további sajátossága, hogy a HungaroControl egyik épületében (a fent említett szervezeteket is magába foglaló tudásközpont részeként) kapott helyet a tartalék irányító központ, továbbá a 2018-ban elkészülő, távoli irányításra is alkalmas, virtuális torony is. [14] Ezzel a kialakítással a tartalék irányító központ viszonylag közel kapott

12 A Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér külön beléptetési szabályai is érvényesek.

13 Entry Point Central, www.hungarocontrol.hu/tudaskozpont/epc

14 Centre of Research, Development and Simulation, <http://crds.hu/>

helyet a napi folyamatos működést biztosító ún. ANS III. épülethez, ami egy vészhelyzet (pl. elektromos tűz) esetén alkalmazandó (*contingency*) eljárás során megkönnyíti az álmány evakuálását és a gyors átállást a tartalék központra, azonban komoly kockázati tényező lehet abban az esetben, ha az egész intézmény ellen sor kerülne egy terrorcselekményre.

Az ATM-rendszerek szoftveres védelmi előírásai

Az 1. ábrán ismertetett szolgáltatások eszközeinek összessége együttesen alkotja a légiforgalmi szolgáltatók ATM-rendszerét. Az Európai Bizottság először 2005-ben határozta meg a légi forgalmi szolgáltatók számára a repülésbiztonság-irányítási rendszerekre, valamint a változásokból eredő kockázatok értékelésére és csökkentésére vonatkozó repülésbiztonsági követelményeket, amelyek alapján a szolgáltatóknak olyan szoftverbiztonságot garantáló rendszert kell kialakítaniuk, amely kifejezetten a szoftverekkel kapcsolatos kérések kezelésére szolgál. A jogalkotó egy 2008-ban hatályba léptetett új jogszabállyal pontosította a vonatkozó előírásokat. [15]

A jogszabályi követelményekkel kapcsolatban fontos azonban megemlíteni, hogy a polgári-katonai együttműködés és interoperabilitás szükségessége ellenére az említett uniós jogszabályban rögzítettek – az egységes európai égbolt létrehozására vonatkozó keret megállapításáról szóló 549/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet 1. cikkének (2) bekezdése szerint – nem terjednek ki a katonai műveletekre és a kiképzési repülési feladatokra. Ez abban az esetben okozhat nehézségeket (pl. az uniós jogszabályok szerinti hatósági audit során), amikor egy már kiépített katonai ATM-rendszert – a korábbi kizárólagos katonai felhasználás helyett – a jövőben vegyes (polgári-katonai) forgalom kiszolgálására kívánják alkalmazni.

Kiberbiztonság

A kiberbiztonság kérdése régóta egyeztetett téma a légi közlekedési iparágban, és számos iparági (pl. Frequentis), szakmapolitikai és szakmai (pl. EUROCONTROL, NATO, CAN-SO,¹⁵ ICB¹⁶) szereplő foglalkozik a kérdéskörrel. [16], [17], [18]

A határozott uniós döntéshozatali szándékot jellemzi, hogy az Európai Bizottság 2014-ben felkérte az európai légi közlekedési hatósági feladatok ellátásával megbízott EASA-t egy *Aviation Centre of Excellence on Cyber Security* központ létrehozására.

¹⁵ www.canso.org/about-canso

¹⁶ Industry Consultation Body, http://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky/consultation_body_en.htm

A központ megalakításának előkészítése kapcsán az EASA intenzív tárgyalásokat folytat az ATM kiberbiztonsági témában érintett nemzetközi szervezetekkel,¹⁷ de a vita egyelőre főleg arról szól, hogy mely (szakma)politikai testület kompetenciája egy a témára vonatkozó páneurópai jogszabály megalkotása és egy olyan intézmény létrehozása, amely a nem uniós európai országokban is befolyással bírhat.

A légi forgalmi szolgáltatási infrastruktúra tagozódása

Az információk előállításának forrása és adatátviteli hálózatok

A légi forgalmi irányításhoz elsődlegesen a légi járművek aktuális repülési paramétereinek detektálásával szerzett, valamint a repülések előzetes tervezésével kapcsolatos információk előállítására van szükség. A légi közlekedés biztonságos kezelése érdekében ezek az adatok kiegészülnek további fontos információkkal (pl. meteorológiai adatok, áramlás-szervezési előrejelzések, légtérsektor- és repülőtéri kapacitási értékek stb.).

A légi forgalmi irányítói rendszerek általában többszörös redundanciával biztosítják a szükséges információkat. Ennek egyik szemléletes példája a HungaroControl által a koszovói magas légtérben nyújtott távoli légi forgalmi irányítói szolgáltatás, amelyhez a szükséges légtérfelderítési és kommunikációs adatokat – a koszovói nemzeti infrastruktúra hiányában, annak költséges kiépítése helyett – a szomszédos légi navigációs szolgáltatók biztosítják, földi telepítésű, nagy sebességű telekommunikációs hálózatokon keresztül (adattömörítési és kódolási protokoll szerint).

A légi forgalom irányításának folyamatos és biztonságos fenntartásához tehát az adatforrások egyes elemeit, rendszereit, továbbá az adatok információs feldolgozó egységeihez történő eljuttatását biztosító hálózatokat is megfelelő védelemmel kell ellátni.

A telepített CNS-rendszereknél¹⁸ egyre inkább távfelügyeleti megoldásokat alkalmaznak, és a telephelyeket elektronikus vagyonvédelmi rendszerekkel (elektronikus kültéri védelem, behatolásjelzők, CCTV-rendszerek) is felszerelik, továbbá mechanikai (kültéri és építmény-) védelemmel látják el. [20]

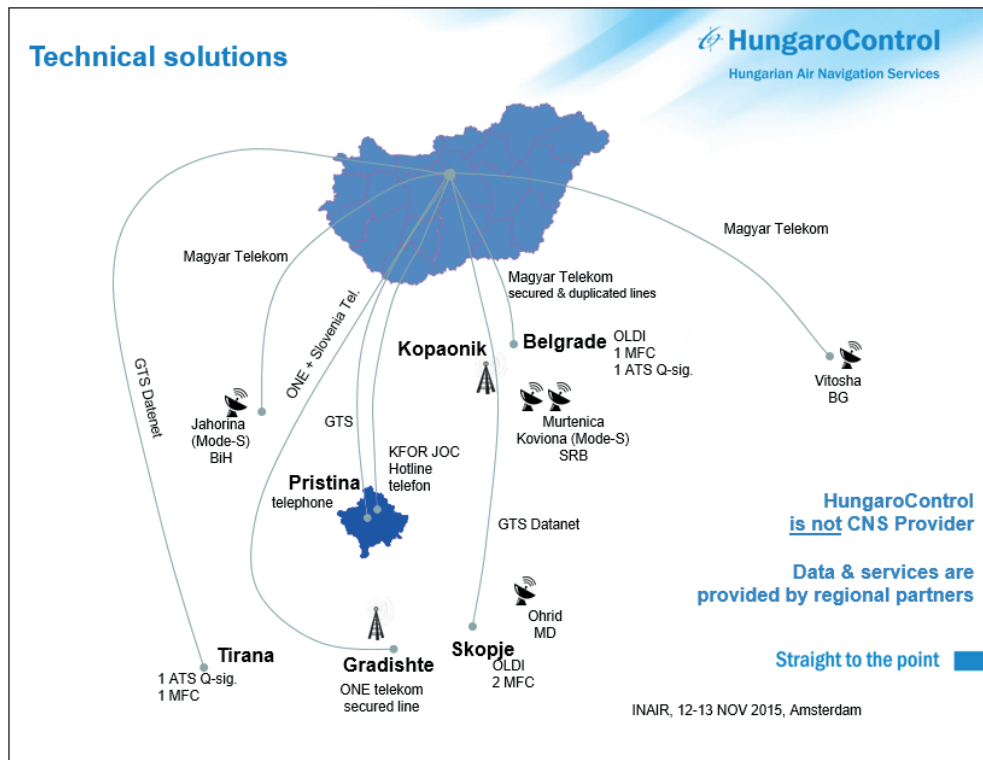
A polgári CNS-eszközök az állami célú légi közlekedést is kiszolgálják – utóbbiak a NATO-országok esetében részét képezik a NATO integrált légvédelmi rendszerének,¹⁹ melynek kiemelt feladata a légtér-ellenőrzési és légtérrendészeti kötelezettségek maradéktalan teljesítése békeidőben és minősített időszakban. Ebből adódóan bizonyos körül-

17 EUROCONTROL ATM Security Team; CANSO ATM Security Workgroup; NATO EUROCONTROL ATM Security Coordinating Group (NEASCOG); EU – Stakeholders Advisory Group for Aviation Security; ICAO Threat and Risk Working Group for Cyber and CNS security.

18 Communication, Navigation, Surveillance.

19 NATINADS – NATO Integrated Air Defense System.

mények (pl. minősített időszakban a kritikus infrastruktúra védelme) fennállása esetén a telepített eszközöket élő erős védelemmel is megerősíthetik.



2. ábra: A koszovói magas légtéri irányításhoz szükséges adatkapcsolatok [19]

A kizárólag külső (nemzetközi) környezetből származó adatok, információk szükségessé teszik annak a kérdésnek a részletesebb vizsgálatát, hogy az adatokat biztosító szerződött féllel a viszony megromlásának lehetősége – politikai vagy szakmai okokból, a jelek továbbításának felfüggesztésével vagy a szerződés felmondásával – milyen kockázati tényezővel bír, és milyen alternatív megoldások szükségesek egy ilyen (véltetőleg kis valószínűségű) helyzet gyors és hatékony kezelésére. Ugyanezen kockázatelemzésnek a részét képezné az az eset is, amikor az információkat szolgáltató fél alacsonyabb szintű beruházásokkal tervezi megvalósítani az adatok forrását képező eszközök és endszerek védelmét, és az adatok szolgáltatásában emiatt jelentkezik fennakadás.

Az információ feldolgozása és megjelenítése

Az adatforrásoktól származó és a telekommunikációs hálózatokon keresztül biztosított információk időbeni feldolgozása kulcsszerepet játszik a légi forgalmi szolgáltatásban. Hazánkban a légi forgalmi szolgáltatás „lelke” a francia Thales Air Systems cég által, magyar tervezőmérnökökkel közösen a magyar igényekre kifejlesztett MATIAS-rendszer.²⁰ [21] A rendszer nemcsak a hazai polgári radaradatokat, de a környező országok szolgálta-
toival kötött megállapodás alapján a további információkat, továbbá a honvédelmi tárcá-
val elkezdett közös projekt keretében a közeljövőben a Magyar Honvédségnél hadrendbe
álló 3, RAT 31-DL típusú, 3D-s NATO-lokátor jeleit is feldolgozza. [22]

A beérkező információk feldolgozása, korrelálása és megjelenítése nem feltétlenül történik azonos helyszínen. A fent már említett, koszovói magas légtéri irányítás magyar megoldása és a HungaroControl (pár száz méter távolságban lévő) tartalék irányítói köz-
pont megmutatta a lehetőségét annak, hogy a nagy távolságból érkező információk fel-
dolgozása és megjelenítése történhet az eddig alkalmazott nemzeti és földrajzi korlátoktól
függetlenül.

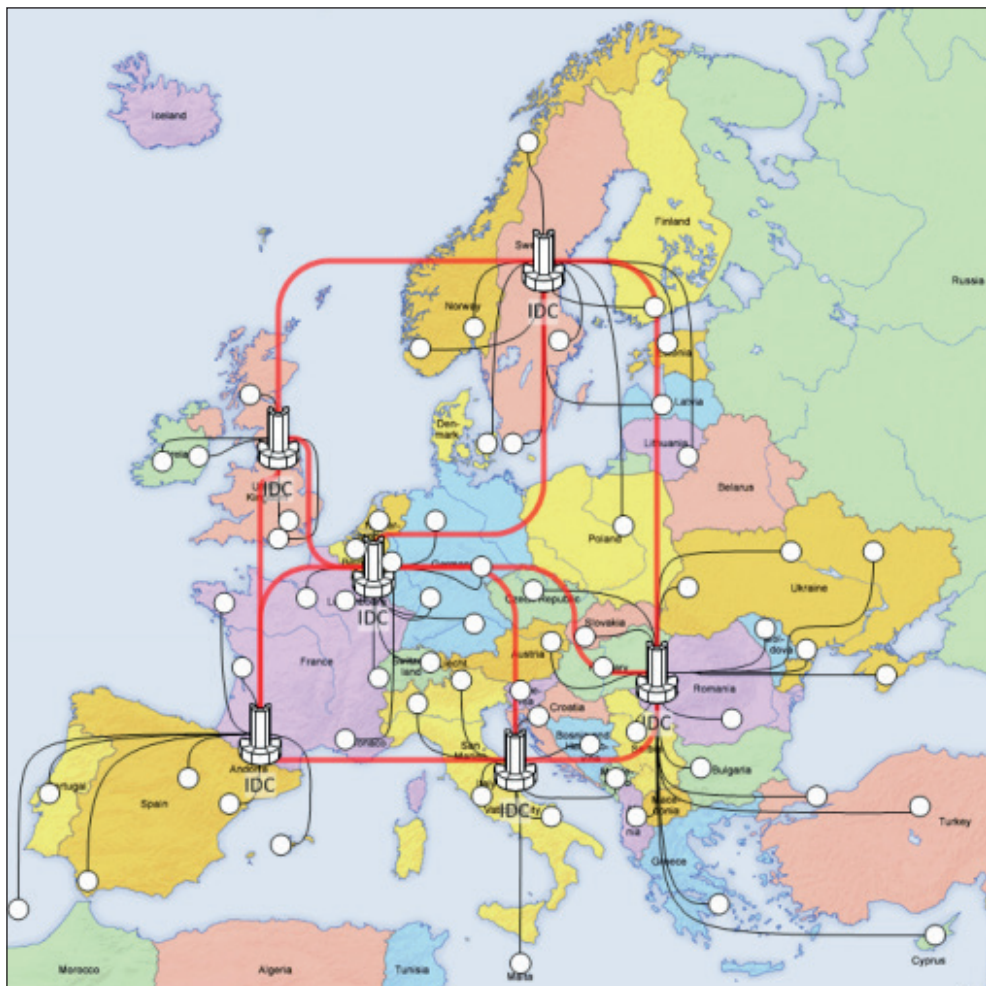
A földrajzilag elkülönülő jelfeldolgozás és -felhasználás (megjelenítés) lehetőségeinek demonstrálására, ami a légi forgalmi szolgáltatás delegálásának alapfeltétele, a szlovén légi forgalmi szolgáltató (Slovenia Control) és a maastrichti integrált légi forgalmi irányító szervezetet (MUAC²¹) üzemeltető EUROCONTROL 2015-ben közösen elindított egy há-
roméves projektet. Az *ATM Data as a Service (ADaaS)* elnevezésű projektben (melyet az Európai Unió a közlekedési projekteket támogató CEF-alapból 2,45 millió euró összeggel társfinanszíroz) a szlovén légiforgalom-szervezési adatokat továbbítják a MUAC hollan-
diai központjába, és azokat a feldolgozást követően megjelenítik a MUAC és a Slovenia Control munkaaállomásain is. [23]

A fenti demonstráció gyakorlatilag közel azonos a svájci SkyGuide szolgáltató által meghirdetett, ún. virtuális központ elgondolással, amelynek keretében a jövőben a politi-
kai korlátokat leküzdő szolgáltatók az egyes funkciókat kiszervezett formában, egy virtuá-
lis központból (adatbankból) szerzik meg a szolgáltatás ellátásához. [24]

Az információk határon túli feldolgoztatása és szolgáltatásalapú beszerzése ugyan-
azokat a kockázatelemzési és -kezelési kérdéseket veti fel, mint amelyeket az információk
külső partnertől való beszerzése kapcsán már felvetettünk.

20 Magyar Automated and Integrated Air Traffic Control System.

21 Maastricht Upper Area Control Centre.



3. ábra: A virtuális központ európai megvalósításának modellje [25]

Összegzés

A légi forgalmi navigációs és légiforgalom-szervezési szolgáltatásban egyre nagyobb jelentőséget kap az eszközök és rendszerek, valamint a személyi állomány komplex védelme.

A dinamikusan fejlődő légiforgalom-szervezési iparágban a technológiai lehetőségek már adták a távoli légi forgalmi szolgáltatás biztosításához. Az iparágban alkalmazott többszörös redundanciák vélhetően kellő biztosítékot nyújtanak az adatok gyors és biztonságos eljuttatásához az információ forrása és a feldolgozó rendszerek, illetve az adatfeldolgozó egységek és a felhasználói környezet között. A technológia alkalmazását azonban az iparágban jellemző *status quo* szakmapolitikai magatartás lassítja.

A dolgozatban alkalmazott munkafolyamati felosztásban (információ forrása – kommunikációs hálózatok – információ feldolgozása – kommunikációs hálózatok – feldolgozott információ felhasználása) külön figyelmet kell fordítani a jogszabály által meghatározott feltételek maradéktalan teljesülésére, illetve annak a biztonságpolitikai helyzetnek az elemzésére, amikor a nevezett elemek környezetében műszaki meghibásodás vagy politikai helyzetből fakadó következmény miatti szolgáltatáscsökkenés vagy -megszűnés következik be.

Irodalomjegyzék

- [1] *HungaroControl 2015-es éves beszámoló*, <http://kozadat.hungarocontrol.hu/download/92d2b31b29c630d8ea2469d88630e79e.pdf> (a letöltés ideje: 2016. 06. 25.)
- [2] Kovács Ferenc: Repülőterek és légi irányítás a kritikus infrastruktúra részeként. *Repüléstudományi Közlemények*, különszám, 2011. 04. 15.
- [3] *HungaroControl 2016. májusi forgalmi statisztika*. Vállalati belső forrás.
- [4] Horváth Zsolt Csaba: A légi közlekedés biztonsága. *Repüléstudományi Közlemények*, XXV. évf., 3. szám, www.repulestudomany.hu/folyoirat/2013_3/2013-3-04-Horvath_Zsolt-Csaba.pdf
- [5] Berek Tamás – Pellerdi Rezső: ABV (CBRN) kihívásokra adott válaszlépések az EU-ban. *Bolyai Szemle*, XX. évf., 2. szám, http://portal.zmne.hu/download/bjkmk/bsz/bszemle2011/2/Berek_Pellerdi.pdf
- [6] Európai Parlament: Ismertető az Európai Unióról. Légi közlekedés: biztonság, www.europarl.europa.eu/atyourservice/hu/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.6.10.html#_ftnref5
- [7] 2012. évi CLXVI. törvény a létfonosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.
- [8] Az Európai Parlament és a Tanács 549/2004/EK rendelete az egységes európai égbolt létrehozására vonatkozó keret megállapításáról.
- [9] ADQ. A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium és a HungaroControl közös tájékoztatója, <http://ais.hungarocontrol.hu/adq> (a letöltés ideje: 2016. 02. 18.)
- [10] Az Európai Parlament és a Tanács 300/2008/EK Rendelete a polgári légi közlekedés védelmének közös szabályairól és a 2320/2002/EK rendelet hatályaon kívül helyezésétől.
- [11] Berek Tamás: ABV (CBRN) analitikai laboratórium beléptető rendszere a biztonságos üzemeltetés szolgálatában. *Hadmérnök*, VI. évf., 2. szám, 2011. március, 21–36.o., www.hadmernok.hu/2011_2_berek.pdf
- [12] Berek Tamás: Vagyónvédelmi koncepció kialakításának sajátosságai veszélyes anyagok vizsgálatát biztosító létesítmények esetében. *Hadmérnök*, VI. évf., 4. szám, 2011. december, http://hadmernok.hu/2011_4_berek.pdf
- [13] Berek Tamás – Bodrácska Gyula: Az előerős őrzés az objektumvédelem építőipari ágazatában. *Hadmérnök*, V. évf., 4. szám, 2010. december, www.hadmernok.hu/2010_4_berek_bodracska.php
- [14] HungaroControl: Tudásközpont, www.hungarocontrol.hu/tudaskozpont (a letöltés ideje: 2016. 06. 20.)
- [15] A Bizottság 482/2008/EK rendelete a léginnavigációs szolgáltatók által kialakítandó, szoftverbiztonságot garantáló rendszer létrehozásáról és a 2096/2005/EK rendelet módosításáról.
- [16] Frequentis: *Cyber Security in ATM*, www.frequentis.com/fileadmin/content/Brochures/ATM/2014/IKO0016_CANSO-Airspace_p24.pdf (a letöltés ideje: 2016. 05. 19.)
- [17] EUROCONTROL: *ATM Security*, www.eurocontrol.int/articles/atm-security (a letöltés ideje: 2016. 07. 01.)
- [18] Industry Consultation Body: *Regulatory response to ATM cyber security*, http://ec.europa.eu/transport/modes/air/single_european_sky/doc/20150910_icb_position_on_regulatory_response_to_atm_cybersecurity.pdf (a letöltés ideje: 2016. 07. 01.)
- [19] Somosi Vilmos: *ATS capacity and efficiency improvements by HungaroControl Air Navigation Service Provider*. INAIR 2015 Conference, Amsterdam, 12–13 Nov. 2015.
- [20] Dr. Berek Lajos: *Biztonságtechnika*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2014.
- [21] *A magyar szoftver, ami évente 60 millió ember életéért felel*, http://hvg.hu/tudomany/20140430_

- [legiforgalmi_iranyitas_matias_szoftver](#) (a letöltés ideje: 2016. 06. 24.)
- [22] *Megérkezett a NATO 3D-s radarja*, http://index.hu/belfold/2014/03/06/megerkezett_a_nato_3d-s_radarja/ (a letöltés ideje: 2014. 03. 06.)
- [23] EUROCONTROL: *European Commission funding the development of 'ATM Data as a Service' between Slovenia Control and EUROCONTROL*, www.eurocontrol.int/press-releases/european-commission-funding-development-atm-data-service-slovenia-control-eurocontrol (a letöltés ideje: 2016. 04. 10.)
- [24] Air Traffic Management: *SkyGuide's virtual centre becomes reality*, www.airtrafficmanagement.net/2014/01/skyguides-virtual-centre-becomes-reality/ (a letöltés ideje: 2014. 01. 31.)
- [25] T. Buchanan: *The virtual centre model by Skyguide*. Global Aviation Cooperation Symposium. ICAO HQ Montreal. 30 Sept. – 3 Oct. 2014, www.icao.int/Meetings/GACS/Documents/Speaker%20Presentations/Day%202/Session%201/3-Thomas.Buchanan.SKYGUIDE.pdf (a letöltés ideje: 2015. 02. 15.)

Air Traffic Control Infrastructure Security

SOMOSI VILMOS

The growing regional air traffic and recent terrorist activities violating the aviation domain highlighted the urgent need of assessment of Air Traffic Management (ATM) security elements, including ATM systems, staff and security procedures. Assessment should also cover the situation when air navigation services are delegated to an international service provider.

Keywords: ATS delegation, ATM security, remote air navigation service, remote air traffic service

„Mindent olyan egyszerűen kell csinálni, amennyire csak lehetséges, de semmivel sem egyszerűbben.”

Albert Einstein

Egyszerű elvek és ötletes megfontolások alakították ki a hálózatok analizését. Ez a cikk a DC-analízis kialakulásának történetét felidézve vázolja az elért eredményeket. A különböző módszerek bemutatott alkalmazásai elgondolkodtatóak és meglepő felismerésekre vezethetnek.

Kulcsszavak: lineáris hálózatok, DC-analízis

Történeti aspektusok

Alexander Volta¹ 1800-ban mutatta be a Royal Society tudósainak az első galvánelemet, amit Luigi Galvani² híres békacombkísérletei nyomán fejlesztett ki. Ezzel kezdődött el az elektromos áram kutatása, törvényszerűségeinek feltárása és alapfogalmainak kialakítása. A hálózatszámítás nulladik alaptörvényét 1827-ben publikálta Georg Ohm.³ A szakirodalom Ohm-törvényként hivatkozik e felfedezésre, ami fogalmilag valójában nem törvény, hanem az ellenállás fogalmát bevezető definíció, aminek az a fő előnye, hogy az áramerősség és a feszültség között egy jól használható, egyszerű lineáris kapcsolatot teremt. Volta már 1802-ben hangot adott e sejtésének, amit bizonyítani nem tudott, hiszen az áramerősség fogalmi megalapozása még váratott magára, amit Hans Christian Ørsted⁴ és André-Marie Ampère⁵ végzett el az 1820-as években. A villamos áram extenzív (áramerősség) és intenzív (feszültség) alapmenyiségeinek fogalmi kialakítása és mérése egymással párhuzamosan ment végbe. A feszültség–áram karakterisztikák linearitása ugyan csak bizonyos korlátok között érvényes, de Ohm törvénye az idők folyamán mélyebb elméleti megalapozást is nyert, így a karakterisztika eltérése az egyenestől az ellenállás megváltozását jelenti.

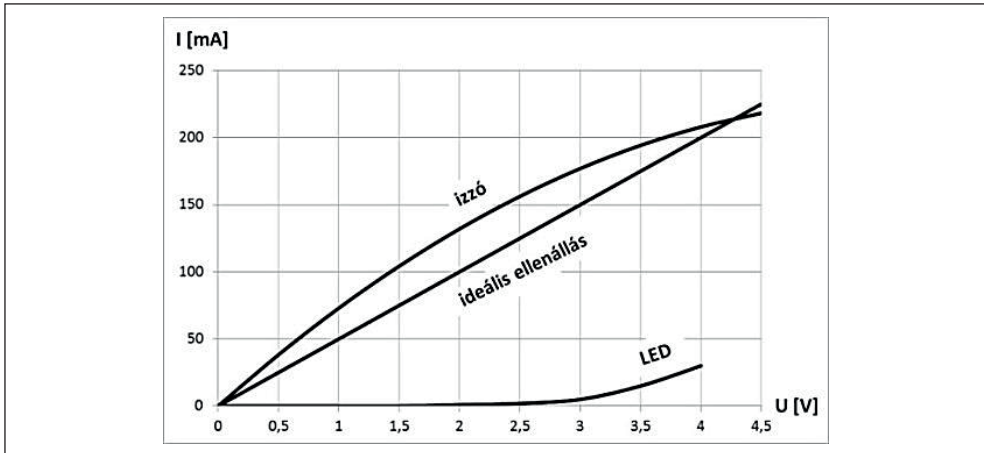
1 Alexander Volta (1800): *Volta describes the invention of the voltaic pile – the first electric battery. It draws attention to the striking analogy with the electric organs of the electric eel.* (Phil. Trans. R. Soc. London.)

2 Luigi Galvani: *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius.*

3 Georg Ohm (1827): *Die galvanische Kette.*

4 Hans Christian Ørsted (1820): *Experimenta Circa Effectum Conflictus Electrici in Acum Magneticam.*

5 Ampère André-Marie (1827): *Mémoire sur la Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques.*



1. ábra: Néhány fogyasztó feszültség-áram karakterisztikája

Az 1. ábra három tipikus fogyasztói karakterisztikát mutat. A LED-nél eleinte az ellenállás értéke csaknem végtelen, majd rohamosan vezetni kezd, azaz ellenállása drasztikusan csökken, míg az izzó ellenállása eleinte kisebb, majd (a hőmérséklet emelkedése miatt) megnő, míg a harmadik fogyasztó egy ideális ellenállás karakterisztikáját vázolja.

A hálózatszámítás alaptörvényei

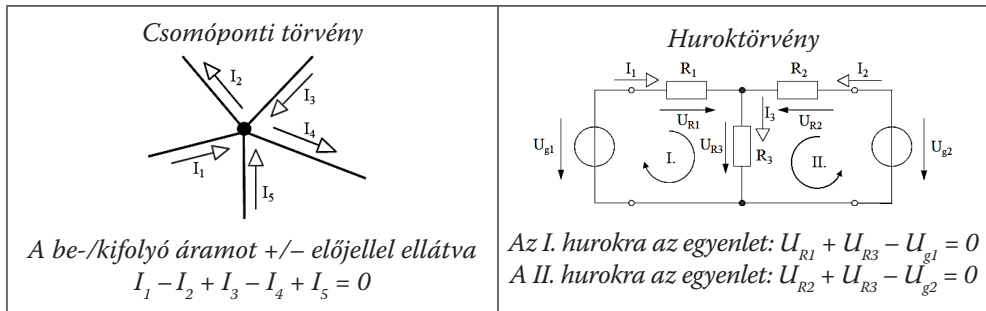
Több áramköri elemet (ellenállást, generátort...) tartalmazó összetett villamos hálózatok esetében szükség van a hálózatszámítási törvényekre, amiket már Ohm is felismert, de általános megfogalmazásukat Kirchhoff publikálta 1845-ben.⁶ A hálózatszámítás általános érvényű alapösszefüggéseit a következő két közismert Kirchhoff-törvény mondja ki:

Kirchhoff első törvénye, az ún. csomóponti törvény a töltésmegmaradás elvét fogalmazza át hálózatokra:⁷ *Az egy csomópontba befolyó áramok összege egyenlő a csomópontból kifolyó áramok összegével, azaz az egy csomópontba be- és kifolyó áramok (előjeles) algebrai összege zérus.*

Kirchhoff második törvénye, az ún. huroktörvény az energiamegmaradás elvét fogalmazza meg hálózatokra: *Bármely zárt hurokban a feszültségek (előjeles) algebrai összege zérus.*

⁶ Kirchhoff, Gustav Robert (1845): *Ueber den Durchgang eines elektrischen Stromes durch eine Ebene, insbesondere durch eine kreisförmige.*

⁷ A törvény alapja az, hogy egy villamos hálózat csomópontjaiban nem keletkezik és nem tűnik el töltés, valamint töltés-felhalmozódás sincsen. (A matematikában az ilyen pontokat forrásmentes helynek nevezik.)



2. ábra: A Kirchhoff-törvények szemléltetése

A két Kirchhoff-törvény és a „lineáris” Ohm-törvény alapján minden hálózatszámítási feladat elvégezhető. Mivel mindhárom törvény lineáris, így az ágakáramokra és a hurokfeeszültségekre felírt egyenletek lineáris egyenletrendszert szolgáltatnak, melyek megoldása matematikai szempontból nem okoz gondot. A gyakorlatban egy hálózat esetén az első fontos lépés az egyenletrendszer szisztematikus felírása, amire három módszer alakult ki: a csomóponti potenciálok módszere, a hurokáramok módszere és az ún. faágfeszültségek módszere. A számítógépes szimulációk is e módszereket alkalmazzák, melyek pontosabb leírásához nélkülözhetetlen a gráfelmélet alkalmazása.⁸ Egy-egy konkrét kérdésre e módszerek alapján a válasz csak a teljes rendszert leíró egyenletrendszer megoldása után adható meg, így az egyes részegységek viselkedése elkülönülten nem látható át e módszer alapján.

Passzív kétpólusok: az ellenálláshű átalakítás elve

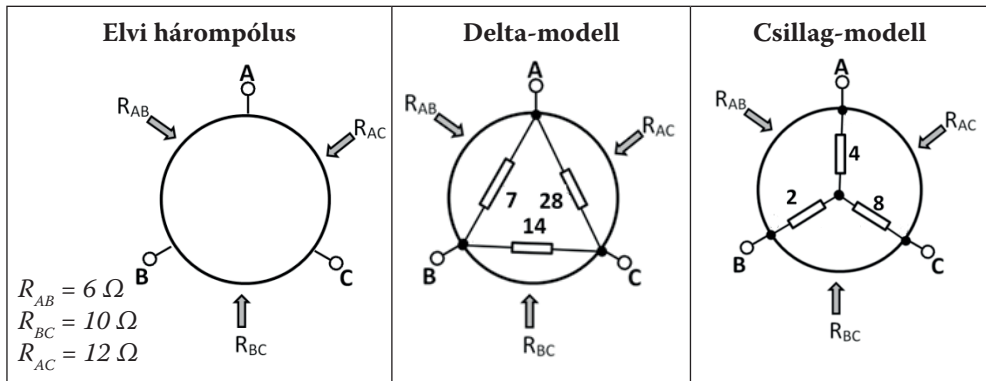
Már a kezdetektől előtérbe kerültek a Kirchhoff-törvények azon alkalmazásai, melyek részben egyszerűsítették a számítási eljárásokat, részben új szemléleti formákat is eredményeztek. Ezek egyik, ma már közzismert módszere a sorosan, illetve párhuzamosan kapcsolódó fogyasztók ún. eredő ellenállással való helyettesítése, mely szerint az egymással sorosan/párhuzamosan összekapcsolt fogyasztók rendszere kicserélhető egy (eredő) ellenállással úgy, hogy a hálózat többi részének viselkedése közben ne változzék meg.

Az eredő ellenállás számítása meglehetősen széles körben alkalmazható, de van olyan konfiguráció, például a hídkapcsolás, melynél a soros/párhuzamos eredő számítása elakad. Az ellenálláshű átalakítás elve ezekben az esetekben is működik, csak nem kell feltétlenül kétpólust másik kétpólusra, hanem lehet például hárompólust egy másik hárompólusra vagy négypólust másik négypólusra cserélni. Egy ilyen átalakítás ekvivalenciájának feltétele, hogy az átalakított és az eredeti hálózat ellenállása bármely két külső

⁸ Vágó István: *Villamos hálózatok számítása a gráfelmélet alkalmazásával*. Akadémiai Kiadó, 2014.

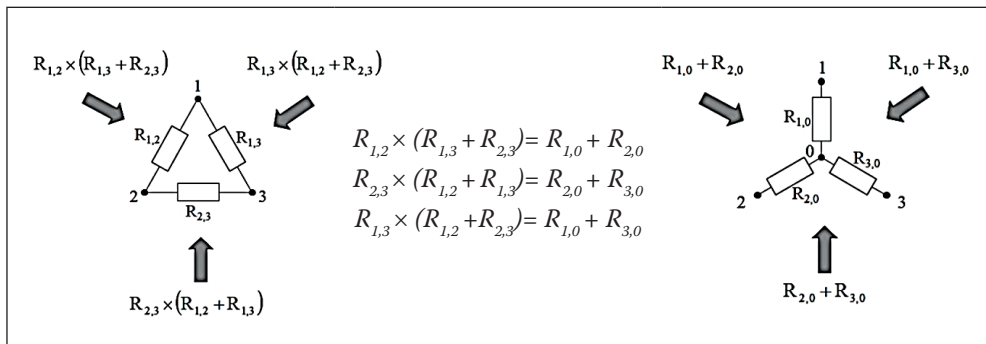
pontra nézve egyezzen meg! Ez az ellenálláshű átalakítás elve.

A 3. ábra egy hárompólust tüntet fel két különböző realizációjával. Kívülről, az ABC pontok felől nem dönthető el, hogy melyik realizáció valósul meg, hiszen például egy U vizsgálófeszültséget kapcsolva az $A-B$ pontokra mindkét realizációnál $U_{AC} = 2/3 \cdot U$ feszültséget eredményez az $A-C$ pontok között.



3. ábra: Egy hárompólus delta- és csillag-modellje

Az ellenálláshű átalakítás a 4. ábrán látható háromismeretlenes egyenletrendszer szolgáltatja a csillag–delta, illetve delta–csillag átalakításhoz, aminek betartásával a két konfiguráció bármikor felcserélhető egymással.

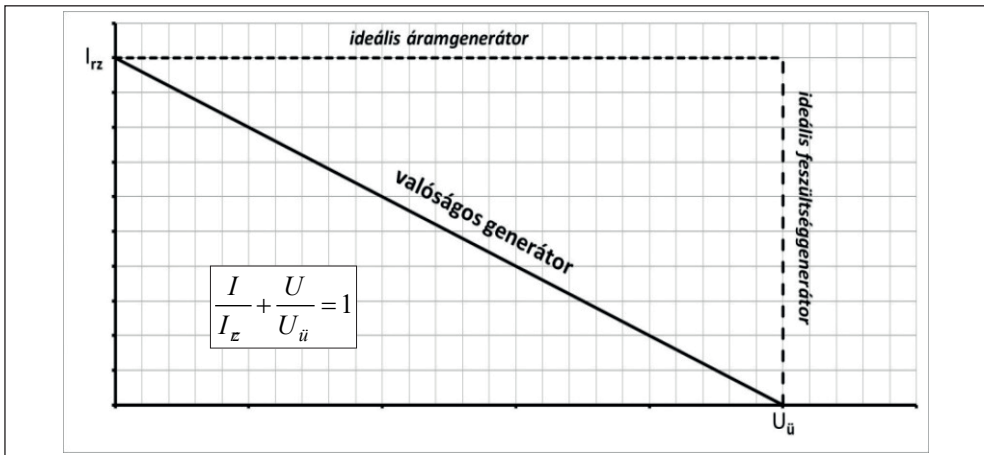


4. ábra Az ellenálláshű delta–csillag átalakítás alapegyenletei

A csillag–delta, illetve delta–csillag átalakítás alkalmazásával a hídágak kiiktathatók, aminek következtében a soros/párhuzamos eredőre vonatkozó képletek már eredményre vezetnek, így a soros ágakra vonatkozó feszültség-, illetve a párhuzamos ágakra érvényes áramosztó-képlettel a hálózat bármely elemének feszültsége és árama egyszerűen számolható.

Aktív kétpólusok modelljei

A fogyasztók mellett fontos a valódi áramforrások, az ún. aktív kétpólusok karakterisztikájának jellemzése is. Egy aktív kétpólus feszültség–áram karakterisztikáját vázolja az 5. ábra. Egy generátor kapcsain mérhető feszültség és kiadott árama közti összefüggés többnyire közel lineáris, azaz üzemelésekor mind a kapcsokon mért feszültsége, mind a kiadott árama csökken az ideális feszültségforráshoz (U_{ii}), illetve áramgenerátorhoz (I_{rz}) képest.



5. ábra: Aktív kétpólus feszültség–áram karakterisztikája

Az aktív kétpólus karakterisztikájának Hesse-alakja, azaz tengelymetszetes egyenlete:

$$\frac{I}{I_{rz}} + \frac{U}{U_{ii}} = 1,$$

ami mutatja, hogy az aktív kétpólust a következő két mennyiség jellemzi:

U_{ii} üresjáratú feszültség ($I=0$ mellett, azaz terhelés nélküli kapocsfeszültség);

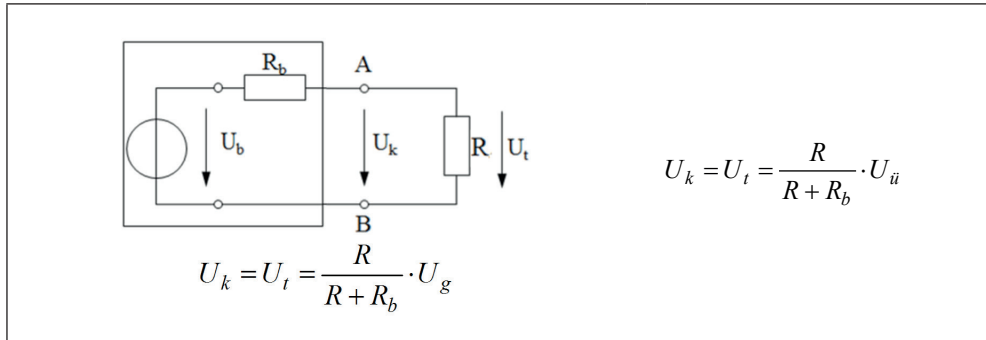
I_{rz} zárlati áram, ($U=0$, azaz rövidzár mellett leadott áram).

Fontos észrevétellé vált, hogy az aktív kétpólus lineáris karakterisztikája egyszerűen modellezhető egy olyan kétpólussal, ami egy U_{ii} feszültségű ideális feszültséggenerátorral sorosan kötött R_b ellenállásból áll. E helyettesítő képet már 1853-ban felfedezte és alkalmazta Hermann von Helmholtz,⁹ de nevét Leon Charles Thévenin¹⁰ francia mérnökről kapta, aki 1883-ban ismét felfedezte, hogy *bármilyen aktív lineáris hálózat két pontját ki-*

⁹ Helmholtz, H. (1853): *Über einige Gesetze der Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern mit Anwendung auf die thierisch-elektrischen Versuche*. Annalen der Physik und Chemie.

¹⁰ Thévenin, L. (1883): *Extension de la loi d'Ohm aux circuits électromoteurs complexes* [Extension of Ohm's law to complex electromotive circuits]. Annales Télégraphiques.

jelölve, *e* hálózat helyettesíthető egy ideális feszültséggenerátor és egy ellenállás soros kapcsolásával.



6. ábra: Aktív kétpólusok (Helmholtz-) Thévenin-modellje

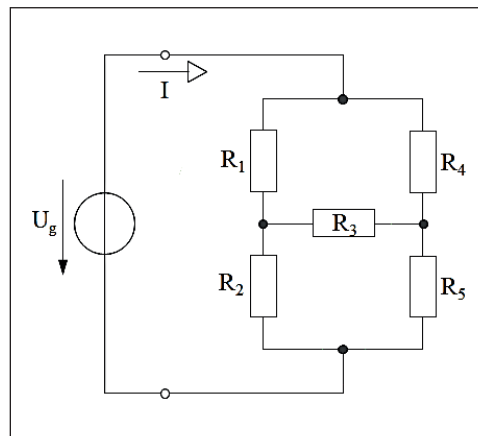
A modell paraméterei egyszerűen identifikálhatóak:

1. Az U_u üresjáratú feszültség mérése, illetve számítása terheletlen AB kapcsok mellett ($R_{AB} = \infty$) történik;
2. az R_b belsőellenállás megállapításához az ideális generátorok kiiktatása után kell az R_{AB} eredő ellenállást kiszámolni.¹¹

Egy példa a számítási eljárások összehasonlításához

A 19. században kialakult hálózatszámítási módszerekkel egy hídkapcsolás hídágfeszültségének meghatározása többféleképpen is számolható. Az alábbiakban három különböző eljárást mutatunk be, melyek paraméteres megoldásaiból jobban megítélhető az egyes eljárások számolási igénye.

A hurokáramok módszeréhez megállapítható, hogy a hálózatban a csomópontok száma $N_{cs} = 4$; az ágak száma $N_a = 6$; azaz a független hurkok száma: $N_h = N_a - N_{cs} + 1 = 3$. A kiválasztott 3 független hurok és a rájuk vonatkozó hurokegyenletek a következők:



7. ábra: Hídkapcsolás

¹¹ Méréskor a generátor nem iktatható ki, ezért egy ellenállásdekáddal olyan terhelést állítunk be, melynél a kapocsfeszültség az üresjáratú feszültség fele. Ekkor az ellenállásdekádról közvetlenül leolvasható az R_b belső ellenállás értéke.

$$U_g - R_1 - R_2, \text{ hurokára: } J_1; R_1 \cdot J_1 + R_2 \cdot (J_1 - J_3) = U_g$$

$$U_g - R_4 - R_5, \text{ hurokára: } J_2; R_4 \cdot J_2 + R_5 \cdot (J_2 + J_3) = U_g$$

$$R_3 - R_5 - R_2, \text{ hurokára: } J_3; R_2 \cdot (J_3 - J_1) + R_3 \cdot J_3 + R_5 \cdot (J_2 + J_3) = 0$$

Az egyenletrendszer rendezett formája:

$$\begin{aligned} (R_1 + R_2) \cdot J_1 - R_2 \cdot J_3 &= U_g \\ (R_4 + R_5) \cdot J_2 + R_5 \cdot J_3 &= U_g \\ -R_2 \cdot J_1 + R_5 \cdot J_2 + (R_2 + R_3 + R_5) \cdot J_3 &= 0 \end{aligned} \quad \begin{aligned} &\rightarrow J_1 = \frac{U_g + R_2 \cdot J_3}{R_1 + R_2} \\ &\rightarrow J_2 = \frac{U_g - R_5 \cdot J_3}{R_4 + R_5} \end{aligned}$$

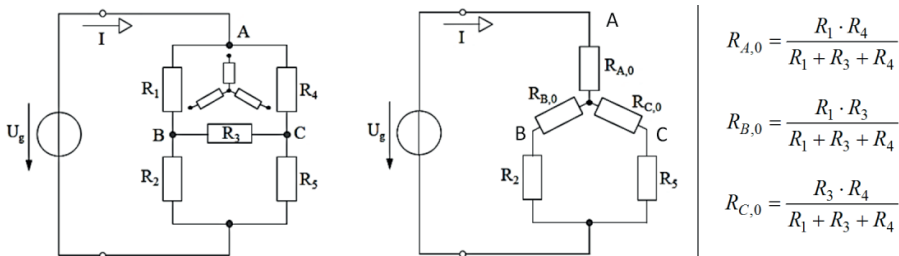
A J_1 és J_2 változó eliminálásával:

$$\begin{aligned} -R_2 \cdot \frac{U_g + R_2 \cdot J_3}{R_1 + R_2} + R_5 \cdot \frac{U_g - R_5 \cdot J_3}{R_4 + R_5} + (R_2 + R_3 + R_5) \cdot J_3 &= 0; \\ \text{és } J_3 &= I_3, \\ J_3 &= \frac{U_g \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_5}{R_4 + R_5} \right)}{\left[(R_2 + R_3 + R_5) - \frac{R_2 \cdot R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_5 \cdot R_5}{R_4 + R_5} \right]} \end{aligned}$$

amiből a megoldás:

$$U_3 = R_3 \cdot I_3 = \frac{R_3 \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_5}{R_4 + R_5} \right)}{\left[(R_2 + R_3 + R_5) - \frac{R_2 \cdot R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_5 \cdot R_5}{R_4 + R_5} \right]} \cdot U_g$$

Egy másik, a delta-csillag átalakítást alkalmazó megoldás látható a 8. ábrán.



Az átalakítás eredményeként: $R_e = R_{A,0} + \left\{ (R_{B,0} + R_2) \times (R_{C,0} + R_5) \right\}$, ami alapján

$$I = \frac{U_g}{R_e}.$$

Az I generátoráramból áramosztóval R_2 és R_5 árama számolható, amiből a B és C pont potenciálja:

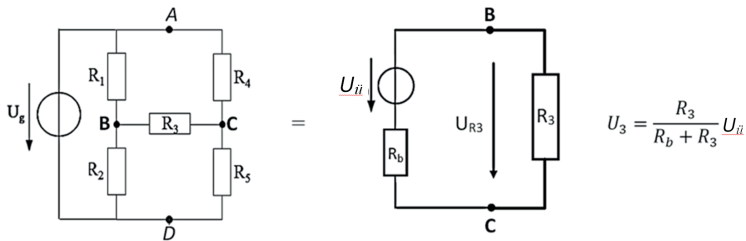
$$U_B = R_2 \cdot I_2 = R_2 \cdot \frac{U_g}{R_{A,0} + \left\{ (R_{B,0} + R_2) \times (R_{C,0} + R_5) \right\}} \cdot \frac{R_{C,0} + R_5}{(R_{B,0} + R_2) + (R_{C,0} + R_5)}$$

amiből az $U_{R3} = U_{BC} = U_B - U_C = R_2 \cdot I_2$ feszültség:

$$U_C = R_5 \cdot I_5 = R_5 \cdot \frac{U_g}{R_{A,0} + \left\{ (R_{B,0} + R_2) \times (R_{C,0} + R_5) \right\}} \cdot \frac{R_{B,0} + R_2}{(R_{B,0} + R_2) + (R_{C,0} + R_5)}$$

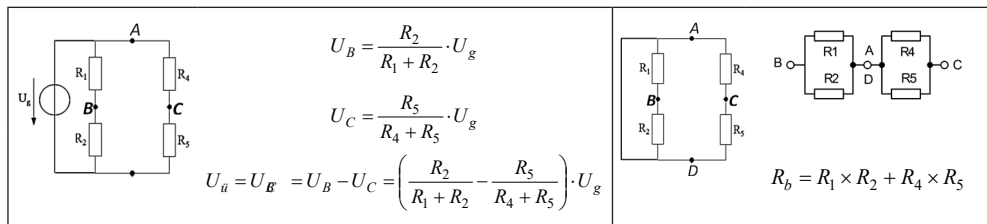
$$R_3 = \frac{U_g}{R_{A,0} + \left\{ (R_{B,0} + R_2) \times (R_{C,0} + R_5) \right\}} \cdot \left[\frac{R_2 \cdot (R_{C,0} + R_5)}{(R_{B,0} + R_2) + (R_{C,0} + R_5)} - \frac{R_5 \cdot (R_{B,0} + R_2)}{(R_{B,0} + R_2) + (R_{C,0} + R_5)} \right]$$

A hídág feszültsége az aktív kétpólusok Thévenin helyettesítőképe alapján is egyszerűen számítható a 9. ábra szerint.



9. ábra: Thévenin helyettesítőkép

A Thévenin-modellhez a BC pontok közötti U_{ii} üresjáratú feszültség a B és C pontok potenciálkülönbségeként adható meg, mely a 10. ábra szerint feszültségosztóval számolható. A generátor belső ellenállásának (R_b) számításához a feszültséggenerátor dezaktivizálását követően a 10. ábra szerinti ellenállás-hálózat eredőjét kell számítani.



10. ábra: Az U_{ii} üresjáratú feszültség és az R_b generátorellenállás számítása

Ezekkel az U_{R3} feszültség:

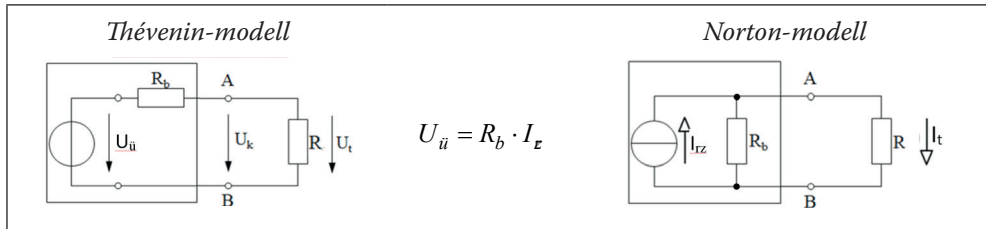
$$U_{R3} = \frac{R_3}{(R_1 \times R_2 + R_4 \times R_5) + R_3} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_5}{R_4 + R_5} \right) \cdot U_g$$

Az egyes eljárások számolástechnikai igénye között láthatóan jelentős eltérés van.

A számítási módszerek fejlődése 20. század első felében

A lineáris hálózatokra szorítkozva a következő négy fejlődési vonal jelölhető meg a számolástechnika további fejlődésében:

1. A Thévenin-modell duális leírásaként megjelent az ún. Norton-modell, amely egy I_{rz} áramú ideális áramgenerátor és egy R_b ellenállás párhuzamos eredőjével helyettesíti az aktív kétpólust. Matematikailag a két modell ekvivalens egymással (11. ábra). Itt meg kell jegyezni, hogy e duális leírást 1926-ban egymástól függetlenül publikálta Edward Lawry Norton¹² és Hans Ferdinand Mayer¹³ is. (E tudománytörténeti sztoriról pontos képet fest Don H. Johnson 2003-as cikke.¹⁴)



11. ábra: Aktív kétpólusok duális modelljei

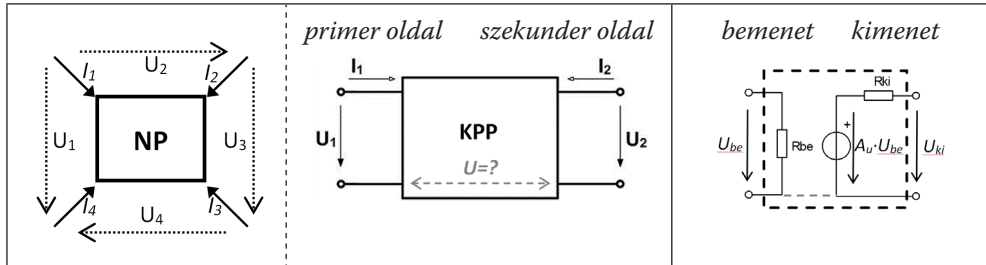
2. Az egyre összetettebb hálózatoknál a figyelem középpontjába került a négypólus-szemlélet és annak egyszerűsített verziói, így a kétpóluspár- és az egyszerűsített transzfermodell. (Az egyszerűsített kétpóluspár-modellnél külön kell foglalkozni a két oldal között fellépő szinteltolódással és zavarási jelenségekkel, míg a transzfermodell az ok-okozat szemléleten alapulva nem veszi figyelembe a kiemeneti oldal visszahatását a bemenetre, továbbá csak annyira jó közelítés, amennyire helytálló a feszültséggenerátoros táplálás feltételezése!) A különböző átviteli tényezők közül fontossá váltak az erősítési és csillapítási tényezők és logaritmikus jellemzéseik. A telefonkábelek csillapítási jellemzőjeként vezették be a Bell Telep-

12 Norton, E. L. (1926): *Design of finite networks for uniform frequency characteristic.*

13 Mayer, H. F. (1926): *Ueber das Ersatzschema der Verstärkerröhre.*

14 Johnson, Don H. (2003): *Origins of the Equivalent Circuit Concept: The Current-Source Equivalent.*

hone Laboratory mérnökei a *transmission unit (TU)* egységet, amit Alexander Graham Bell tiszteletére 1923 körül neveztek át *decibelnek*.



12. ábra: A négypólus szemlélet és egyszerűsített verziói

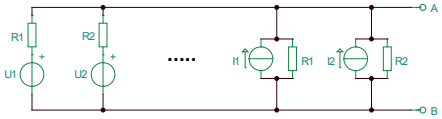
3. A villamosenergia-rendszerek kialakulása miatt fontossá vált a többgenerátoros rendszerek modellezése, amire lineáris közelíthetőség esetén érvényes a szuperpozíció elve, miszerint az egyes generátorok egymástól függetlenül fejtik ki hatásukat, amiket külön-külön kiszámolva már csak az egyes részhatásokat kell összegezni az eredőhöz.
4. Egyre fontosabbá vált a hálózatok tranziens jelenségeinek és frekvenciafüggő viselkedésének vizsgálata.

Aktív kétpólusok eredője: Millmann-tételek

A sorosan/párhuzamosan kapcsolt aktív kétpólusok is helyettesíthetők eredő aktív kétpólussal, ám e módszer szisztematikus kifejtése meglepő módon a 20. század második felére maradt, így didaktikai felhasználása Jacob Millman¹⁵ nevéhez kötődik, aki a Columbia Egyetem professzoraként 8 sikeres tankönyvet is írt az elektronika témakörében.

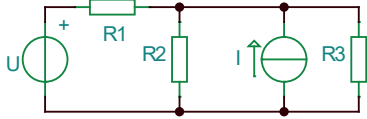
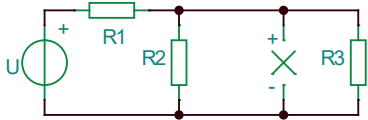
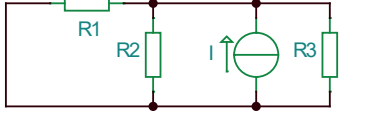
Valódi generátorok eredőjének egyszerű számításához soros kapcsoláskor célszerűbb a Thevenin-modellt alkalmazni, mivel soros kapcsolásnál a feszültségek összegződnek, míg párhuzamos kapcsolásukkor az áramösszegződés miatt kedvezőbb a Norton-modell használata. Az eredő számítására vonatkozó tétel általános alakja a 13. ábrán látható.

¹⁵ Millman, Jacob – Halkias, Christos C. (1967): *Electronic Devices & Circuits*. McGraw-Hill.

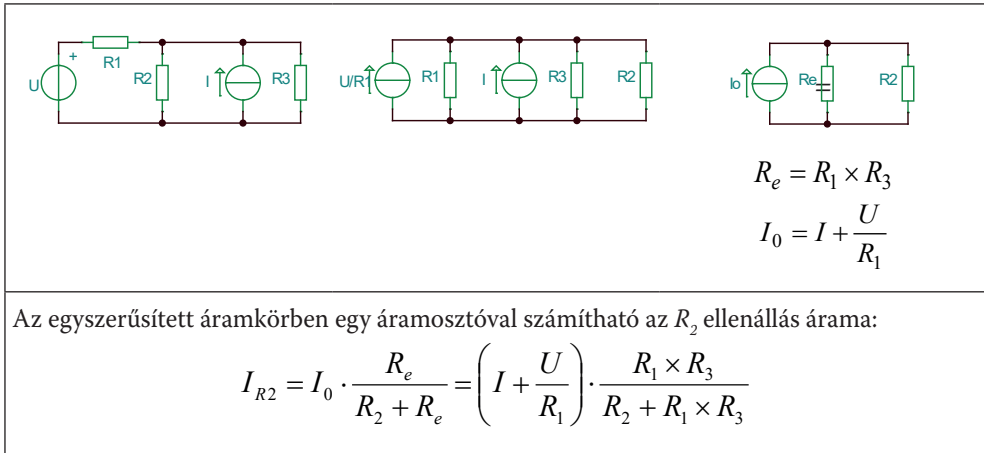
Millman-tétel: (párhuzamos generátorok eredője) Az i index a feszültséggenerátorokra, a k index az áramgenerátorokra vonatkozik, így U_i a feszültséggenerátorok feszültségeit, I_k az áramgenerátorok áramait, az R_i a feszültséggenerátorok soros ellenállásait, R_k pedig az áramgenerátorok párhuzamos ellenállásait jelöli.  $R_e = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n$ $I_0 = \sum_i \frac{U_i}{R_i} + \sum_k I_k$ $U_0 = I_0 \cdot R_e = \left(\sum_i \frac{U_i}{R_i} + \sum_k I_k \right) \cdot R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n$	Duális Millman-tétel: (soros generátorok eredője)  $R_e = \sum_i R_i + \sum_k R_k$ $I_0 = \frac{\sum_i U_i + \sum_k R_k \cdot I_k}{\sum_i R_i + \sum_k R_k}$ $U_0 = \sum_i U_i + \sum_k R_k \cdot I_k$
---	--

13. ábra: A Millmann-tételek

Egy többgenerátoros áramkör R_2 ellenállása áramának kiszámítását mutatja a 14. ábra a szuperpozíció elvével, majd a 15. ábra a Millmann-tétel felhasználásával.

 <i>generátorok dezaktivizálása:</i>   $I'_{R2} = \frac{U}{R_1 + R_2 \times R_3} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3}$ $I''_{R2} = I \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_1 \times R_2} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $I_{R2} = I'_{R2} + I''_{R2} = \frac{U}{R_1 + R_2 \times R_3} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} + I \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_1 \times R_2} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ (irányított) részáramok eredője: I_{R2}	
--	--

14. ábra: A szuperpozíció elvének egy alkalmazása



15. ábra A Millman-tétel alkalmazása

A kétféle módszer számolásigénye láthatóan itt is jelentősen eltér egymástól.

Az előzőekben szereplő klasszikus számítási elvek váltakozó áramú hálózatok esetén is alkalmazhatóak, csak természetesen komplex mennyiségekkel kell a számolásokat végezni, és így az eredmények frekvenciafüggőek lesznek, amire itt nem tértünk ki, csakúgy, mint a hálózatok tranzienis jelenségeinek jellemzésére, valamint energetikai szempontú elemzésére, amiknek ma már szintén kialakult módszerei ismeretesek.

Irodalomjegyzék

- [1] Galvani, Luigi (1791): *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*. Bononiae, ex Typographia Instituti Scientiarum.
- [2] Volta, Alexander (1800): *Volta describes the invention of the voltaic pile – the first electric battery. It draws attention to the striking analogy with the electric organs of the electric eel*. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*.
- [3] Ørsted, Hans Christian (1820): *Experimenta Circa Effectum Conflictus Electrici in Acum Magneticam*. Hafniae.
- [4] Ampère, André-Marie (1827): *Mémoire sur la Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques*.
- [5] Ohm, Georg S. (1827): *Die galvanische Kette*. Berlin, J. G. F. Kniestdt for T. H. Riemann.
- [6] Kirchhoff, Gustav Robert (1845): *Ueber den Durchgang eines elektrischen Stromes durch eine Ebene, insbesondere durch eine kreisförmige*. *Annalen der Physik und Chemie*, Vol. 64, No. 4, 487–514.
- [7] Helmholtz, Hermann (1853): *Über einige Gesetze der Vertheilung elektrischer Ströme in körperlichen Leitern mit Anwendung auf die thierisch-elektrischen Versuche*. *Annalen der Physik und Chemie*, 89(6):211–233.
- [8] Thévenin, L. (1883): *Extension de la loi d'Ohm aux circuits électromoteurs complexes*. *Annales Télégraphiques (Troisième série)*, vol. 10, pages 222–224.
- [9] Norton, E. L. (1926): *Design of finite networks for uniform frequency characteristic*. Technical Report TM26–0–1860, Bell Laboratories.
- [10] Mayer, H. F. (1926): *Ueber das Ersatzschema der Verstärkerröhre*. *Telegraphen- und Fernsprech-Technik*, 15: 335–337.
- [11] Millman, Jacob – Halkias, Christos C. (1967): *Electronic Devices & Circuits*. McGraw-Hill.
- [12] Vágó István: *Villamos hálózatok számítása a gráfelmélet alkalmazásával*. Akadémiai Kiadó, 2014.
- [13] Johnson, Don H. (2003): *Origins of the Equivalent Circuit Concept: The Current-Source Equivalent*. *Proceedings of the IEEE* 91/4: 636–640.

On the Calculation Methods of Linear Networks

FATALIN LÁSZLÓ

The analyses of networks are created by simple principles and witty ideas. This article describes the history of DC analysis and presents the achieved results. The shown adaptations of the different methods are thought-provoking and can produce surprising results.

Keywords: linear networks, DC analysis

The paper intends to present and analyse the safety management system of organizations from a multiple point of view. It also wishes to highlight the probable and unpredictable effects in the organization (threats, obstructions, negative events, etc.), analysing the possibilities of protection (avoidance) and demonstrating the system of regulations, looking for the appropriate price/value rate. The authors demonstrate the organization's complex safety system, perspicuity, the possibilities of reducing risk factors, taking the joint complex safety management under control, which can be useful for the work of safety managements and for practical life too.

Keywords: uncertainty, risk, complexity, management

The uncertainty of safety

Quoting the philosophy of Edward Teller, one of the leaders of safety science: "It is the duty of Man to be optimistic. Thinking of the future as uncertain, he will act so that the future may be better. Technology should not be obstructed, it must be controlled."¹

Engineering systems are usually deterministic or stochastic. By knowing the initial state and the environmental characteristics of a system or process, its future state is deterministically or stochastically definable, describable. The stable definiteness is influenced by the intensifying function of small effects and disturbances, the so called chaos events too, which can distort the estimation and calculation of the distant future of processes. The relationship is deterministic if a well definable output belongs to every input. The relationship is stochastic if multiple outputs belong to an input, but the probability of occurrence and frequency is definable, describable. A further problem, that a total event space cannot be couched regarding the future, because unknown events are included in the future. Even a qualitative probability could not be assigned to the unknown events of the future.

There is a double uncertainty about the future: on the one hand the event space is un-

1 Teller Ede – Zeley László: *A biztonság bizonytalansága*. Relaxa Kft., Budapest, 1991, 170 (translated by the author).

certain, on the other hand the probability space interpreted on the event space possesses principled uncertainty. A negative event, in the case of a significant probability loses from its odds because of the acts taken to eliminate, parry it. A perspective event's present-day probability depends on whether the decision maker possesses adequate or inadequate knowledge and on the kind of the possessed decision strategy.²

For estimating assumed probabilities we use heuristic numerical estimation when there is no possibility of a measurement, or more precise procedures. The decisions for uncertainty consider a utility function, where the ranking is kept realistic. In the case of duly information, when making decision models, rather a Bayesian theorem based assumed possibilities are considered.³

The uncertainty of the predictions are exponential considering time based on the known formula.

$$N^t = N_0 \times q^t$$

N_t = the fluctuation of uncertainty

N_0 = initial uncertainty (eg. 0,98)

q = increasing rate of uncertainty (eg. 0,95)

t = volume of the time interval (eg. 5 years)

Now: $N_t = 0,98 \times 0,95^5 = 0,76$ showing the “decrease” of the prediction

Assessment of the negative effects

The negative (dangerous) consequences of a facility, technology or equipment are characterized by a heterogeneous set of information. Only the occurring and assumed events, assumed breakdown with low possibility during the total lifetime period, the direct damages, or consequences through complex transfers or with long incubational periods shall be considered. Some elements of the consequences can be quantified: e.g. the amount of events, the details of the staff, the level of the risk caused by breakdown, financially measurable damages, natural indicators of developments.

During the adjudication of dangerousness only the calculated or estimated characteristics shall be taken into account, the three type of information must be handled separately. The concrete experienced (realistic) uncertainty of data comes from the stochastic nature and the statistic scattering of the measurements' method. Sometimes knowledge is only available about the effects, in these cases the consequences could be estimated with calculations, analogies or with models. Modelling the processes together with the estimation of the dangerous consequences has an accentuated meaning at new solutions. It is possible to happen that the consequences are uncertain.

2 Garbai László: Csalóka előrejelzések. Az egyetlen bizonyosság a bizonytalanság. *Mérnök újság (Mérnöki Kamara Lapja)*, 20(2013)/4., 22. o.

3 Tomcsányi Pál: *Általános kutatómódszertan*. SZIE, Budapest, 2000, 345. o.

It is a difficult task to generate the missing data for adjudication of the new solutions, for following very-little-probability effects, and to evaluate the measurement technique's data. Sometimes the missing data can be derived with correlation, extrapolation, interpolation, estimation etc., but with the use of pessimistic limits. To substitute the missing knowledge, hypothesis, simulation models, sensibility tests, order of magnitude test-analysis and expert estimations can help. With the possession of data, uncertainty can be decreased with sensibility test showing the influence of the change in the parameters too. The p_i (input) change of parameter to the y characteristic is given by the

$$S' = \frac{y}{p_i}$$

sensibility index. If it is a small value, the influence is not significant.⁴

The dominant and the minor consequences must be separated. The principle of dominance can be used with good efficiency with the Pareto-Lorenz method for the identical characteristics and elements, if we correctly identify 20% of the dominant elements, which can affect 80% of the events. If some important loss agents can be successfully identified, the primary objective is to eliminate these agents. Because these several tasks affect the greater part of the risks (or the severity, or the probability), therefore, it is a significant determiner from an economic point of view.

The most difficult task is to counter-balance the errors of the judgement. The incorrectness, the lack of knowledge, the lack of inattention can be decreased with teamwork, independent control, criticism, open discussions.

Quantifying the danger and risk

Identifying, narrowing, declaring the danger (damage, negative events, etc.), is the primary task. It is followed by prioritization, necessary grouping, then rating, which is the base of the declaration, planning and implementation of parrying (averting). A risk plan can be made, with static, dynamic, permanent and temporary variables, reviewing financial values, ranking actions, making a coordination plan, analysing expense/profit, forecast, etc. Quantifying the primary task is the most difficult:

- Galilei: "Measure what is measurable, and make measurable what is not."
- Leonardo da Vinci: "No truth can be accepted (in science), unless verified."
- Lord Kelvin: "When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it."
- C. Babbage: "Error using inadequate data is less than those using no data at all."

⁴ Vajda György: *Kockázat és biztonság*. Akadémia Kiadó, Budapest, 1998, 196. o.

Quantified data must be qualified e.g. acceptable, allowable, allowed, not allowed, remaining risk, etc.

The general equitation of risk:

$$K = p \times s \times e$$

where K = risk, s = severity (damage) e = exposition (time).

Defining probability requires calculations, which value can be between 0 and 1, according to Kolmogorov. A few method of risk analysis: Fuzzy logic, Monte Carlo simulation, Cramm method, Marion procedure, Courtney method, COBIT etc. The expression of severity (damage) with numbers needs further estimation, because the value of the damage must be factorized with numbers smaller than 1. E.g.: In the case of a maximum 10.000.000 HUF damage the maximum value can be only 1, and the value of the risk of damage can be only a smaller number; e.g. 800.000 HUF = 0,8 etc. The determination of exposure time of danger need high accuracy and further categorization, because laws determine health-damage, environmental pollution etc. risks' maximum exposition time. By processing the statistical data, the following formula gives a quite good approximation:

$$K = \frac{B}{H} = \frac{\text{Number of damages, accidents}}{\text{Number of errors, dangers}} = \frac{\text{Consequence}}{\text{Exposure}}$$

Objective function can be the optimization of parameters:

$$K = 1/B$$

Where B is the value of safety.

The reliability functions give a good approximation for risk estimation. For example, in case of mechanical systems, the abrasion, ageing and wearing have normal or Gauss-distribution, whereas in electrical systems the exponential distribution is typical regarding time. Random event processes show Poisson distribution characteristics, where the frequency rate is constant.

As it can be seen from above, multiple types of risk analysis can occur in an organization (facility, object), therefore, it is practical to make a risk plan, which provides a quick and convincing overview to prioritize the dangers and to rank actions. This gives a good basis for coordinating the necessary resources (e.g. costs, etc.), forecasting, establishing possible alarm systems, and to mark the financial and non-financial elements of the damage functions. All these can determine the tasks of risk handling and prevention.

Complexity of the safety management

The complex approach of Mankind, Technology and Environment was discussed at the second World Congress for Safety Science (1993). Nowadays safety management systems follow this complexity and were built into the subsystems. The information technology's security management consists of three levels:

- ♦ security;
- ♦ operational safety;
- ♦ complexity of information technology subsystems.

Keeping the equipment and devices of the technosphere in service requires complex safety management, for example: keeping the human requirements of information technology-, labour-, fire-, environmental-, economic-, safety. The complex risk model can have four factors:

- ♦ risks arising from human activity;
- ♦ risks arising from the operation of devices, equipment;
- ♦ risks arising from environmental impacts;
- ♦ economic risks.

Although the groupings and complexities are different and vary from field to field, the function is the same (revealing and analysing dangers, calculating and assessing risks). Complexity can ensure the cooperation between fields, synergies and the common (comprehensive) solutions and the newly arising tasks during the development for the management. Of course, there are further groupings of complexity, which contain specificities for fields, professionals, economics, and financials. Today, safety managements are joining and managing the fields.

Complex safety management

The aim of management is to assure the uninterrupted operation of the organization. Therefore, the task of the management is to continuously monitor the processes, to examine, to control, to supervise, to influence, to regulate and to guide. These various functions can be concentrated to production, business flow, quality, healthcare, etc., and to maintain the complex safety of the fields.

The Safety Management System (SMS) is discussed by the 96/82/EC Council Directive, where the Seveso II EU directive requires the creation, maintenance and review of an SMS.⁵

The SMS covers the plant management and organizational system's elements for

⁵ Council Directive of 96/82/EC. *Official Journal of the European Union*, L010, 14/01/1997, 0013–0033.

preventing accidents and limiting its negative effects, and consequently connects to the hitherto practiced plant management actions. For creating the given facility's SMS, it is necessary to review the processes covering both the organization and the equipment, the technology, hazardous materials and processes. It is possible to create a system built into or besides the Total Quality Management.

Content of SMS: responsibility, training-preparation, defining serious dangers (danger probability), controlling operation, managing changes, planning defence response, operating a monitoring system, modernizing audits and reviews. The SMS integrated to the management systems covers every element of the organizational structure (organizational unit).

Authorities in relation with the SMS:

- ♦ territorial authorities of the Hungarian Trade Licensing Office;
- ♦ National Inspectorate General for Environmental Protection and Nature Protection;
- ♦ Ministry of Interior National Directorate General for Disaster Management;
- ♦ National Public Health and Medical Officer Service;
- ♦ Hungarian Labour Inspectorate;
- ♦ Urban Development Authority;
- ♦ other authorities.

Information Technology Security Management System (ITSMS)

Organizing the ITSMS must be started with a system approach in favour of the requirements of the uni-solid safety, in accordance with its subsystems – it proceeds from the security's, operational safety's and the information technology security's complex safety management. IT security is based on the ISO/IEC 17799:2002 *Information technology – security techniques – Code of practice for information security management*, on the MSZ ISO/IEC 27001:2006 *Information security management* standards, and on the COBIT 3 and 4 and other various materials.

The aim of IT security confidentiality, integrity and availability of the resources. The threats of the IT system can arise from the complexity of the given network, access, clearance and from the activities of the users.⁶ Joining and building this huge and versatile discipline on each other is one of the pillars of security.

The structure of the IT security can be built up from multiple fields.

1. Components of the organizational (administrative and human) security:
 - ♦ operation of a security organization (the integrated security structure), the security of the paper-based and electronic documents;

⁶ Berek László, Rajnai Zoltán: *A könyvtári infokommunikáció biztonsága*, Hadmérnök, 10/2, 204.

- rules of the handling of the data and various resources according to their sensibility and human security. (Data Protection Regulations, Directive for Handling Documents, Order for Confidentiality etc.).
2. Components of technical security:
- physical access protection (access, movement control, intruding protection);
 - availability protection (fire protection, air condition, assuring physical background, radiation protection, etc.);
 - logical accessibility protection (firewall, ear dropping, network protection).

Goal of ITSMS:

- enabling and maximizing operation;
- using resources with professionalism and responsibility;
- appropriate risk management.

The CISM Certification contains the responsibilities of the IT security leader.⁷

The national and international list of bibliography is very wide.

Some highlighted areas:

- Hungarian IT Security Frames (HITSF) 25/ volume 1–3;
- Requirements of IT Security Managements (RITSM);
- Analysis of IT Security Management (AITSM) 322 paged study;
- Certified Information Security Manager (CISM);
- Control Objective over Information and Related Technology.

The risk management as the “basics of security” is intended to prevent the formation of threats and losses; it ensures the IT system’s defence proportionate to risks.⁸

Occupational Health and Safety Management System (OHSMS)

The characterization of the occupational health and safety means that the chosen indicators represent that the system operates with realistic criteria, which are capable of restraining the potential burdens. We can determine multiple SMART criteria for handling the OHS system by ranking the leading efficiency indicators.⁹

The requirements, elements and methodology are described by the MSZ 28001:2008. The build-up of the system is as follows: assessing conditions, OHS policy, planning, introduction and operation, controlling and adjustments, screening by management. All these are in a cyclic process where the risk assessment has a prominent role.

⁷ Vasvári György: *Vállalati biztonságirányítás, Informatikai menedzsment*, Innovariant Kft. Szeged, 2007, 30.

⁸ Mógor Tamásné – Rajnai Zoltán: Elektronikus adatkezelő rendszerek kockázatelemzése, a kockázati módszerek bemutatása. *Bolyai Szemle*, 23(2014)/2., 45. o.

⁹ Daniel Podgorski: Measuring operational performance of OSH management system. *Safety Science*, March 2015, p. 150.

Beyond the relevant standards, further standards, orders etc. support the creation of safety, e.g. electric safety (protection against electric shock, standard review, and lightning protection), pressure equipment, lifting machines, ventilation, illumination, hygiene, and a lot regulations from other fields. All these appear in local regulations and technologies supporting local safety.

The standard based SMS is the key to the strategical join organizations and processes, and to implement quality assurance.

Environment oriented Safety Management System (EoSMS)

According to SEVESO III the affected organizations depending on their tier must prepare the following documents:

- ♦ Internal Emergency Plan;
- ♦ External Emergency Plan;
- ♦ In case of a below-tier-organization – if authorities require – a Plan for Averting Severe Accidents;
- ♦ In case of a lower tier organization: a Safety Report;
- ♦ In case of a higher tier organization: a Safety Analysis.

The EoSMS, based on laws orders and standards, requires, controls and enables the keeping of chemical safety rules, the existence of material safety datasheet and the compliance with the related R (risk statement), H (hazard statement), P (precautionary statement), (Safety statement) regulations.¹⁰

The regulations of the EoSMS are determined by the national and international orders. There are authorities supervising the keeping of these regulations, and they use sanctions if needed.

Summary

This short review can provide a theoretical guidance during the development of the complex SMS. It is clear that the components of complex safety come from a lot of fields: from the relating standards, and from an extensive system of regulations. Their implementation require a great amount of professional accuracy and effective coordination on part of the developer, organizer and controlling safety management.

¹⁰ Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*, L197, Volume 55, 22 July 2012.

References

1. Berek László – Rajnai Zoltán: A könyvtári infó-kommunikáció biztonsága. *Hadmérnök*, 10/2.
2. Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*, L197, Volume 55, 22 July 2012.
3. Garbai László: Csalóka előrejelzések. Az egyetlen bizonyosság a bizonytalanság. *Mérnök újság (Mérnöki Kamara Lapja)*, 20(2013)/4.
4. Mógor Tamásné – Rajnai Zoltán: Elektronikus adatkezelő rendszerek kockázatelemzése, a kockázati módszerek bemutatása. *Bolyai Szemle*, 23(2014)/2., 45. o.
5. Daniel Podgorski: Measuring operational performance of OSH management system. *Safety Science*, March 2015, p. 150.
6. Teller Ede – Zeley László: *A biztonság bizonytalansága*. Relaxa Kft., Budapest, 1991.
7. Tomcsányi Pál: *Általános kutatómódszertan*. SZIE, Budapest, 2000.
8. Vajda György: *Kockázat és biztonság*. Akadémia Kiadó, Budapest, 1998.
9. Council Directive of 96/82/EC. *Official Journal of the European Union*, L101, 14/01/1997.
10. Vasvári György: *Vállalati biztonságirányítás, informatikai menedzsment*. Innovariant Kft., Szeged, 2007.

A komplex biztonságirányítási rendszer

HÓDI ATTILA – VASVÁRI FERENC

A szervezetek komplex biztonságirányítási rendszerének több szempontú értelmezése, bemutatása, a szervezetben megjelenő, feltételezhető ismeretlen hatások (veszélyeztetések, akadályok, negatív jelenségek stb.) feltárása, elemzése, a védekezés (elkerülés) lehetőségeinek elemzése, a szabályozások rendszerének bemutatása, az ár/érték megfelelő arányának keresése, a szervezetek komplex biztonsági rendszerének, áttekinthetőségének, a kockázati tényezők csökkentési lehetőségeinek, a komplex biztonságirányítás összefogásának, „kézben tartásának” elvi bemutatása a biztonsági menedzsmentek munkájához és a gyakorlati élet számára is hasznos lehet.

Kulcsszavak: bizonytalanság, kockázat, komplexitás, irányítás

A radar megszületése az elektroncsövek fejlődésének köszönhető. Ennek a ma is korszerűen hangzó nevű találmánynak is egy évszázadra nyúlnak vissza a gyökerei, bár igazi fejlődését a második világháború hozta meg. A radar (akkor persze még nem így hívták) gondolata sokakban megszületett, tehát ezt az eszközt igazából már nem feltalálni, hanem megcsinálni kellett. Folytak kísérletek rádióhullámokkal működő eszközzel, de a gyakorlati fejlesztés komoly motivációja – és ezzel a pénzügyi háttere – a legtöbb országban hiányzott.

Kulcsszavak: radar, primer radar, szekunder radar, passzív radar

A lokáció elméleti és gyakorlati alapjainak történeti áttekintése

1864-ben James Clerk Maxwell skót matematikus-fizikus először írta fel a négy törvényét együtt. Ezzel megmutatta, hogy ha az egyenletek módosítását is figyelembe vesszük, létrejöhetnek elektromágneses hullámok. Olyan hullámok, melyekben az oszcilláló elektromos és mágneses mező halad vákuumban. Az akkor elérhető adatokat felhasználva a hullámok terjedési sebességet Maxwell $310\,740\,000$ m/s értéknek számította ki. [1]

1887-ben Heinrich Rudolf Hertz német fizikus felülvizsgálta Maxwell hipotézisét: egy-egy indukciós húrhoz csatlakozó, a szikra akadályoztatásának érdekében kis résekkel elkülönített, fényezett sárgaréz gombokból készült oszcillátort készített. Maxwell előrejelzése alapján, ha a hurokban indukálódó áram átsegíti a szikrákat a résen, akkor elektromágneses hullámoknak kell létrejönniük. Ezt bizonyítandó egyszerű, huzalhúros vevőkészülékét készített, amelyet több mérföld távolságra helyezett el az oszcillátortól. A vevő az oszcillátor bekapcsolásának pillanatában jelzett, így ettől az időponttól beszélhetünk elektromágneses hullámok továbbításáról és vételéről. Hertz bebizonyította az elektromos vezetők hullámviszaverő képességét, s azt is, hogy a hullámok homorú reflektorokkal fókuszálhatók. Rájött, hogy a szigetelők (nem vezetők) a legtöbb hullám áramlását nem akadályozzák, hanem átengedik. 1888 decemberében közzétett, *A levegőben való elektrodinamikusan hullámokról és visszaverődésükről* című tanulmányában igazolta, hogy

a villamos rezgések a térben hullámszerűen terjednek, ezzel az elektromágneses hullámok tapasztalható valósággá váltak. Hertz tevékenységének csúcsa az első rezgőkör megszerkesztése volt. Bár elsőként ő adott le és fogott fel rádióhullámokat, nem hitt a jelenség gyakorlati alkalmazhatóságában. Munkásságával mégis ő vetette meg a rádiózás, majd a televíziózás és a radar, de a mikrohullámú sütő fizikai alapjait is. Az általa kifejlesztett rezonátoroknak és oszcillátoroknak jelentős szerepük volt a híradástechnika fejlődésében, ő nyitott utat Popov és Marconi tevékenysége előtt. [2]

1890-ben Édouard Eugène Désiré Branly francia fizikus, feltaláló a megfigyelései alapján publikálta, hogy a – korábban már több fizikus által kifejlesztett és módosított – kohérer kiválóan alkalmas az elektromos hullámok jelzésére. A kohérer tulajdonképpen fémlektrodák között üvegcsőben elhelyezett fémreszelékből áll; az lektrodákhoz kötött egyenáramú forrásból a fémreszeléken át rendes körülmények között a reszelék igen nagy ellenállása folytán nem folyik áram. Mikor azonban elektromos hullám éri a reszeléket, a nagy elektromos ellenállás csökken, az egyenáramú forrásból áram folyik át a kohérer áramkörén, s az áram működésbe hozza az áramkörbe kapcsolt jelfogót. Az elektromos hullám megszűnése után az egyenáram tovább folyik. Ha azonban a fémreszeléket meg-rázzuk, az ismét visszanyeri előbbi nagy elektromos ellenállását. A drót nélküli távíró első éveiben az elektromos rezonancia, az elektromos sugárzások tanulmányozására, valamint a gyakorlati drót nélküli távíróknál is rendkívül elterjedten használták. A fémreszeléket, az lektrodákat a legkülönbébb módon változtatták. [3]

1893-tól Károly Irén József (publikációiban általában a Károly Irén nevet használta, rendi nevén Irenaeus) premontrei szerzetes, nagyváradi fizikus kutatta az elektromágneses hullámok távközlésben való felhasználásának a lehetőségét is. Popovval és Marconival egy időben neki is sikerült egy vezetékek nélküli eszközt összeállítania, melyet a Nagyváradra látogató pápai nunciusnak meg is mutatott 1895-ben. A fizikaszertárban felállított készülékkel jeleket küldött a 10 km-re lévő váradszentmártoni (peceszentmártoni) premontrei rendházba. Joggal nevezhetjük őt a rádiótechnika egyik úttörőjének. [4]

Alekszandr Sztefanovics Popov orosz fizikus 1895. május 7-én mutatta be Szentpéterváron a fizikai és kémiai társaság előtt – világelső vagy Marconival egyidejűleg feltalált – rádióját. 1896. március 24-én Popov a GENRICH GERC szavakat továbbította morzejelekkel egy 250 méterre lévő vevőállomásra. Május 7. ma Oroszországban a „rádió napja”, Bulgáriában a „rádió és televízió napja”. [5]

Guglielmo Marconi [6] olasz fizikust és mérnököt lenyűgözték Hertz elektromágnességgel kapcsolatos munkái. Azok alapján látott neki a „drót nélküli távíró” kidolgozásához. Az adást és vételt nagyméretű antennákkal, a demodulálást kohérerrel oldotta meg. 1901-ben Marconi sikeresen létesített rádióösszeköttetést az Atlanti-óceán két partja között. Munkáját a haditengerészet támogatta. Például a Titanic rádiószai a Marconi társaság alkalmazásában voltak, nem a hajótársaságéban. Marconi Nikola Tesla asszisztense volt Amerikában, ahol láthatta kutatásait és annak eredményeit. A rádió feltalálásáért 1909-

ben fizikai Nobel-díjat kapott. Tesla beperelte, azzal a váddal, hogy Marconi ellopta a találmányát. A tárgyalások többször megszakadtak és elhúzódtak, végül (Tesla 1943. január 7-én bekövetkezett halála után) az Amerikai Legfelső Bíróság hivatalosan is Teslának tulajdonította a rádió feltalálását. A jelentés alapján Tesla a szabadalmát már 1896-ban (tehát 4 évvel Marconi előtt) bemutatta, továbbá a rádió más feltalálók eredményeit is tartalmazza. Ezért Marconitól megvonták a rádió feltalálásának elsőségét.

1902-ben Oliver Heaviside angol fizikus és Arthur Edwin Kennelly amerikai elektromérnök egymástól függetlenül, gyakorlatilag egy időben vetette fel egy elektromosan vezető réteg létezésének lehetőségét az ionoszférában. A ma Kennelly–Heaviside-réteggént ismert felületnek – aminek elektromos tulajdonságai vannak – a létezése teszi lehetővé, hogy a rövidhullámú rádióhullámok erről a rétegről többször visszaverődve nagy távolságra eljussanak a Föld felszíne fölött haladva. [7]

A radar ötlete fiatalabb a rádiókapcsolat megvalósításánál. 1904. május 18-án Christian Hülsmeier német mérnök, feltaláló egy új eszközt készített a közlekedés ellenőrzése érdekében. Találmányáról nagyszabású bemutatót is tartott a nagyközönségnek a kölni Hohenzollern-hídon. A berendezés éles csengetéssel jelezte a Rajnán közlekedő hajókat. Lényege a hullámviszhanggal való távolságmérés volt. A készülék nem volt más, mint egy 1 m-s Hertz-féle hullámokkal működő reflexiós távolságmérő. A szerkezet már 3 kilométerről érzékelte a közeledő hajókat – nem véletlen, hogy Hülsmeier főleg a hadászatban látta célszerűnek használatát, de a német tengerészeti hivatalnál és a hajóiparnál sem talált érdeklődésre. E találmányát „TeleMobiloSkop” néven a Német Birodalmi Szabadalmi Hivatalban, Düsseldorfban DRP165546 és DRP169154 számokon 1904. április 30-án és 1904. november 11-én jegyezték be. Ezután Hülsmeier az USA-ban próbálkozott, ahol „Elektromos hullámok vezetéki nélküli adó-vevő mechanizmusa” néven, US810150 számon, 1906. január 16-án jegyezték be találmányát. [8]

Hülsmeiertől függetlenül az első világháború alatt, 1916-ban Richard Scherl is szerkesztett egy hasonló elven működő készüléket, Hans Dominikkal közösen. Ez az eszköz 10 centiméteres hullámhosszával szintén alkalmas volt távoli járművek érzékelésére; a Birodalmi Tengerészeti Hivatal pedig ugyanúgy elutasította. [9]

1924-ben jelent meg az első kiadvány, amely ismerteti a visszaverődött rádióhullámokról szerzett tapasztalatokat a Sir Edward V. Appleton és Miles A. F. Barnett nevéhez fűződő kísérletekben. A mérés tárgya az ionoszféra magasságának (a Kennelly–Heaviside-rétegnek, más néven az „E” rétegnek) meghatározása volt az által, hogy megfigyelték a Föld felszínére visszaérkező, az ionoszféráról visszaverődő rádióhullámok interferenciáját. A British Broadcasting Company bournemouth-i adójáról különböző frekvenciájú rádióhullámokat sugároztak ferdén felfelé, figyelve, hogy azok visszaverődnek-e. Kísérleteikkel nemcsak a visszaverő réteg létezését sikerült kimutatni, hanem a Föld felszíne mentén terjedő és visszavert hullámok különbségéből meg tudták határozni e réteg magasságát is, ami 96 km-nek adódott. Megállapították továbbá, hogy az eredő térerősség időszakon-

ként periodikusan változik, módosítva a rádióhullámok hosszát. 1947-ben a légkör felső rétegének fizikájával kapcsolatos kutatásaiért, különösen a róla elnevezett ionizált réteg felfedezéséért Sir Edward Victor Appleton fizikai Nobel-díjat kapott. [10]

1926-ban Gregory Breit és Merle Antony Tuve rövid rádióimpulzusokat használva, a kisugárzott és visszaverődött jelek időkülönbségéből számolta ki a visszaverő réteg magasságát, és Appletonék méréseit megerősítő eredményre jutott. [11]

A rádióhullámok nagyságának időszakos változásáról ír B. Trevor és P. S. Carter is, akik az ultrarövid hullámokkal kísérleteztek. Az 1933-ban megjelent cikkükben található az első utalás a rádióhullámok repülőgépekről történő visszaverődéséről: „Ha egy gép repül át a mező felett, feltétlenül jól látható a vevőn. A repülőről visszavert jel váltakozva erősödik és gyengül. Ez a jelenség akkor volt különösen jól megfigyelhető, ha az adó és a vevő közti távolság 800 m. A repülő által kiváltott interferenciajelenség erősebb volt, mikor az a vevő felé repült, de észlelhető volt abban az esetben is, amikor az a vevő és az adó vonalában helyezkedett el.” [12]

Az 1930-as évekig a légvédelem a repülőgépek pontos helyének meghatározására hangiránykeresőket („fülelőket”) használt, melyekkel bizonyos körülmények közt elfogadható pontossággal meghatározható volt a repülőgépmotor által kibocsátott hang iránya. Az optikai távolság meghatározása projektoros megvilágítással történt. Az egyik ilyen rendszer csak felhőtlen égbolton volt képes felderítésre, de a hatékonysága ekkor is elhanyagolható volt. A repülőgép, amit a projektorok fényével besugároztak, hirtelen irányt változtatva kikerült a fénysugárból, és újra kellett kezdeni a keresést a hangiránykeresővel. Ha ismét meglátták a repülőgépet, akkor már tovább lehetett adni a cél adatait a légvédelmi tüzérség egységeinek. [13]

Az 1930-as évek elején a katonai repülésben bekövetkező dinamikus változások hatására (az utazósebesség és magasság növekedése, bombaterhelés ugrásszerű emelkedése stb.) a rendszeresített felderítő és tűzvezető eszközök (optikai, akusztikus, hőérzékelő) elégtelennek bizonyultak, és ez egy autonóm, eddig nem ismert tudományterület és technika, a rádiólokáció kialakulásához vezetett. A tudománytörténet megállapítása szerint a rádiólokáció megközelítőleg azonos időben jött létre a technikailag fejlett országokban – így Angliában, Németországban, Japánban, az Amerikai Egyesült Államokban és a Szovjetunióban –, azonban a fejlődés iránya és intenzitása jelentősen eltért egymástól, ezért a második világháború kezdetére csak Anglia és Németország rendelkezett rádiólokátorral.

1934-ben az a híresztelés ütötte fel a fejét, hogy a náci Németország egy radaron alapuló halálsugarat fejlesztett ki. 1935 februárjában Sir Robert Alexander Watson-Watt [14] és Arnold F. Wilkins fizikusokat felkérte a Royal Air Force légi marsallja, hogy vizsgálják meg egy légi célok ellen használható, elektromágneses mező koncentrációja segítségével létrehozott „halálsugar” megvalósításának lehetőségét. Az 1935. február 13-i parlamenti bizottság ülésén a fizikusok arra a következtetésre jutottak, hogy ez nem lehetséges, azonban létrehozható olyan berendezés, amelynél a légi járművek észlelése a rádiótechnikán

alapszik. Így kezdődött a radar kifejlesztése. 1935. június közepén már sikerült észlelni egy repülőről visszavert jelet 17 mérföld távolságból. Szeptemberre ez a tartomány már 40 mérföldre emelkedett. Év végére már több mint 80 mérföldre sikerült megnövelni ezt a távolságot. Az első radar 1936 júniusa és 1937 júniusa közt épült meg és vált ismertté mint „Type 1” vagy „Chain Home”. Később több radar épült, rendszert alkotva Anglia déli és keleti partvidékén, valamint Skóciánál.

A radarok

A rádiólokátor-állomás, rövidebben radar (a *Radio Detection And Ranging*, magyarul rádióérzékelés és távmérés) olyan berendezés, mely az általa kisugárzott, nagyfrekvenciás elektromágneses energia tulajdonságait felhasználva alkalmas különböző objektumok (földi, légi, vízi eszközök) hely-, mozgásparamétereinek, illetve jellegének a megállapítására. Elterjedten alkalmazzák a repülésben, a hajózásban, a haditechnikában, a meteorológiában, az űrtechnikában, a biztonságtechnikában, valamint számos más területen.

A rádiólokátorok több szempontból csoportosíthatóak. Hatótávolság szerint (a különböző szakirodalmak eltérő értéket adnak meg):

- kis hatótávolságú (közelkörzeti) 0–100 km,
- közepes hatótávolságú, 100–400 km,
- nagy hatótávolságú, 400–1000 km,
- horizonton túli, 1000 km felett.

Az elektromágneses sugárzás forrásának jellege és helye szerint:

- aktív radar (Primary Surveillance Radar, PSR),
- aktív válaszradar (Secondary Surveillance Radar, SSR),
- passzív radar.

A berendezés kivitele szerint:

- mobil (akár percekben belül áttelepíthető, általában önjáró vagy hordozható),
- mozgó (akár pár óra alatt áttelepíthető, minden szerelvénye vontatható vagy hordozható konténerben helyezkedik el),
- fixen (épületbe, toronyra stb.) telepített.

A berendezés adójának felépítési elve szerint:

- oszcillátor típusú adó,
- erősítő üzemű adó.

Az adó (impulzus) teljesítménye szerint:

- kis teljesítményű (kisebb, mint 1 kW),
- közepes teljesítményű (1–100 kW),
- nagy teljesítményű (nagyobb, mint 100 kW).

Az adó üzeme szerint:

- impulzus (IMP) vagy
- folytonos (CW) üzemű.

Az adó modulációja szerint:

- modulálatlan,
- frekvenciamodulált,
- zajjal modulált.

Az adó aktív eszköze alapján:

- elektroncsöves (vákuumtechnikai eszköz),
- félvezetős.

A szögkoordináták meghatározásához használt csatornák száma alapján:

- egyszerű radar,
- monopulse radar.

A ma legelterjedtebben használt radartípusok lehetnek:

- egyszerű impulzusradarok,
- mozgó célt megjelenítő radarok (Moving Target Indication, MTI),
- légi mozgó célt megjelenítő radarok (Airborne Moving Target Indication, AMTI),
- impulzus Doppler-radarok,
- nagy hatótávolságú radarok,
- impulzuskompressziót alkalmazó radarok,
- szintetikus apertúrájú radarok (Synthetic Aperture Radar, SAR),
- inverz szintetikus apertúrájú radarok (Inverse Synthetic Aperture Radar, ISAR),
- oldalra néző légi radarok (Side-Looking Airborne Radar, SLAR),
- képalkotó radarok,
- követő radarok,
- követő és felderítő radarok (Track-while-scan radar),
- háromdimenziós radarok,
- elektronikus nyalábmozgatású fázisvezérelt antennarácsok,
- elektronikus nyalábmozgatású frekvenciavezérelt antennarácsok,
- folyamatos üzemű radarok (Continuous-wave),
- frekvenciamodulált folyamatos üzemű radarok (FM-CW).

Aktív radarok

A rádiólokációs elv lényege, hogy a lokátorállomás antennája kisugároz egy periodikusan ismétlődő, nagy teljesítményű (rendszerint modulált), nagyfrekvenciás, rövid idejű elektromágneses impulzust a légtérbe. A kisugárzott energia egy kisebb része visszaverődik a légtérben található tárgyakról (célokról), nagyobb része szétszóródik. A visszaverődött

jeleket a radar antennája veszi. A vevő megfelelő erősítés után – a jelfeldolgozó egység segítségével – ezeket értékelhető jellé alakítja. A vevő kimenő jeléből az indikátoron (monitoron) meghatározható a visszaverődést okozó tárgy egy vagy több koordinátája (helyzet, mozgás- és jellegparamétere).

A radarok által mérhető koordináták többféleképpen lehetnek.

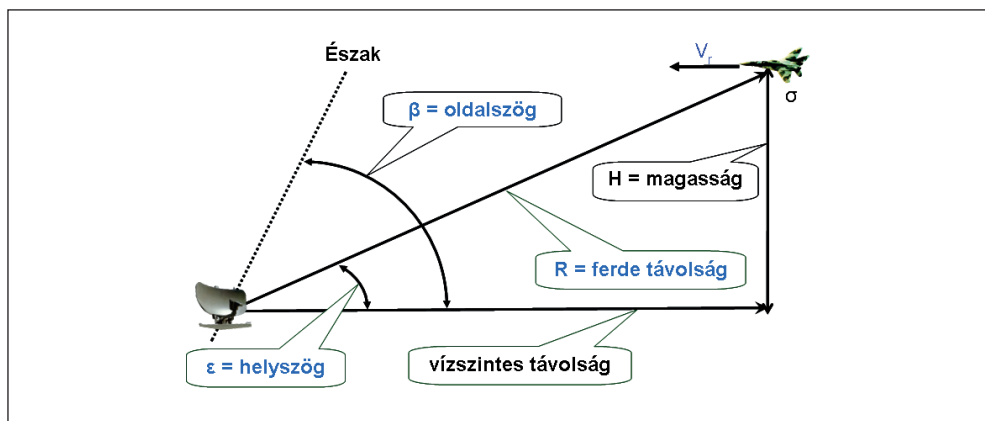
- Távolság: a hagyományos radarok legfőbb sajátossága, hogy képesek megmérni a cél távolságát. A kisugárzott és a visszaverődött jel közt eltelt időt és a jel terjedési sebességét ismerve kiszámítható a pontos távolság.
- Radiális sebesség: a cél radiális sebessége meghatározható az egy periódus alatti elmozdulásából. Továbbá meghatározható a visszavert jel Doppler-csúszásából.
- Szöginformáció:
 - Oldalszög (azimuth): az egyik módszer a cél oldalszögének meghatározására a körülforduló antenna északhoz viszonyított szögének mérése, amikor a detektált jelnek maximuma van. Ez a módszer megköveteli azt, hogy az antenna erősen irányított legyen a vízszintes síkban. Az oldalszög meghatározásának másik módszere, amikor két egymástól kissé eltolt iránykarakterisztika által vett jelet hasonlítanak össze (Monopulse-rendszer).
 - Helyszög (elevation): az egyik módszer a cél helyszögének meghatározására a letapogató antenna vízszintessel bezárt szögének mérése, amikor a detektált jelnek maximuma van. Ez a módszer megköveteli azt, hogy az antenna erősen irányított legyen a függőleges síkban. A másik módszer a Monopulse-rendszer alkalmazása.

Monopulse-rendszert alkalmazva tehát négy nyálábra van szükség ahhoz, hogy egy időben az oldalszög és a helyszög információját is meghatározzuk. A szögmérés pontossága függ az antenna elektromos méretétől.

A mért paraméterek száma alapján léteznek:

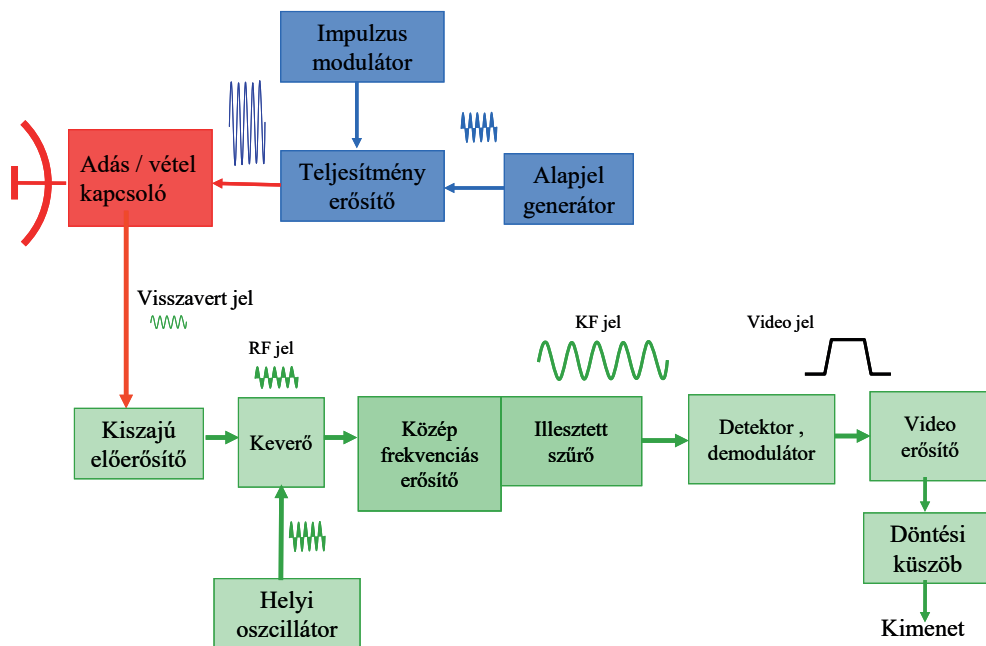
- 1D radarok: csak egy fő paramétert mérnek, ez lehet például távolság vagy sebesség. Csak kiegészítő információt szolgáltatnak, gyakorlati jelentőségük nincs.
- 2D radarok: két fő paramétert mérnek. Amennyiben a távolság és az oldalszög a két paraméter, felderítő vagy távolságmérő radarnak nevezzük. Ha a távolság és a helyszög mérése a feladatuk, akkor magasságmérő radarról beszélünk.
- 3D radarok: egy berendezéssel mindhárom paraméter mérhető, és egyértelműen meghatározható a cél helye.

Az 1. ábra a mérhető (kék) és ezekből számítható (fekete) paramétereket mutatja be:



1. ábra: Mérhető koordináták (a szerző saját szerkesztése)

A rádiólokátorok főbb részekébe három csoportba sorolhatjuk: adótraktus (kék színnel jelölve), vevőtraktus (zöld színnel jelölve) és a tápvonal és antennarendszer (piros színnel jelölve). [16]



2. ábra: Egyszerű impulzusüzemű radar főbb részekébe (a szerző saját szerkesztése)

A három fő részekébe jellemzően az adó és a vevő, de ezek nem mindig egy berendezésben vannak elhelyezve. Elrendezésük alapján a radarok lehetnek:

- monosztatikus: egy helyen telepített adó és vevő közös antennával,

- bisztatikus: adó és vevő különböző települési pozíciókba elhelyezve, mindegyik saját antennával ellátva,
- multisztatikus: jellemzően egy adó és több vevő különböző települési pozíciókba elhelyezve és saját antennával ellátva.

Aktívradar-egyenletek

Maximális hatótávolság passzív céltárgy esetén: meghatározza az adott radar, a rádiólokátor-berendezés maximális felderítési hatótávolságát a környezeti viszonyok és céltárgy paraméterek függvényében .

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_T \tau_T G_T G_R \sigma \lambda^2 F_T^2 F_R^2}{(4\pi)^3 k T_0 C_B D_x(n) L}}$$

- $R_{\max}$: maximális felderítési távolság (maximal range),
- P_T : kisugárzott adóteljesítmény (transmitted power),
- τ_T : adóimpulzus szélessége, adási idő (pulse width),
- G_T : adóantenna nyeresége (gain of the transmitter antenna),
- G_R : vevőantenna nyeresége (gain of the receiver antenna),
- σ : céltárgy hatásos keresztmetszete (radar cross section),
- λ_T : hullámhossz (wavelength),
- F_t : terjedési tényező az antennától a célig (pattern propagation factor for transmitting antenna to target path),
- F_r : terjedési tényező céltól az antennáig (pattern propagation factor for target to receiving antenna path),
- k : Boltzmann-állandó,
- T_0 : hőmérséklet (standard temperature),
- C_B : illesztett szűrő illesztetlenségi vesztesége (bandwidth correction factor),
- $D_x(n)$: detekciós tényező (theoretical detectability factor for noncoherent integration of n pulses),
- L : veszteségi tényező (loss factor).

A felderítő radar alapegyenlete azt mutatja, hogy a hatótávolság az adó átlagteljesítményének negyedik gyökével arányos. Az alapegyenlet alapján megállapítható, hogy adott detekciós minőség mellett, adott antenna esetén, melynek a körülfordulási ideje is meghatározott, a hatótávolság növelésére a következő lehetőségek vannak:

- csökkenteni a vevő bemenetére redukált rendszer zajhőmérséklet,
- csökkenteni a radar veszteségeit,
- növelni az adó átlagteljesítményét.

Az első két módszert természetesen maximálisan figyelembe veszik a tervezésnél, így itt további nyereség elérésére nincs mód.

Az adó átlagteljesítménye növelésének lehetőségei:

- növelni az impulzus csúcsteljesítményét,
- konstans impulzushossz mellett növelni az impulzus ismétlődési frekvenciáját,
- növelni az impulzus hosszát,
- növelni az antenna körülfordulási idejét.

Félvezetős végerősítőt feltételezve, az impulzus csúcsteljesítményének több száz kW-os, esetleg MW-os szintje jelen technológiai szint mellett nem célszerű.

Ha konstans impulzushossz mellett növeljük az impulzus ismétlődési frekvenciáját, akkor az egyértelműségi hatótávolságot csökkentjük a kívánt hatótávolság alá. Ha az impulzus hosszát növeljük, romlik a berendezés radiális (távolság szerinti) felbontása. Az antenna körülfordulási idejének növelése csökkenti a plotok adatfrissítési idejét, ami a manőverező célok követésének igénye miatt nem megengedhető.

Megállapítható, hogy hosszú impulzusokkal kis adási csúcsteljesítmény esetén is növelhetjük a hatótávolságot, de a radiális felbontásnak megfelelő sávzélességű szubmodulációt kell alkalmaznunk.

Az impulzuskompresszió hátrányai:

- összetett modulátor,
- összetett illesztett szűrő,
- koherens jelfeldolgozás,
- fokozott érzékenység a Doppler-eltolásra,
- a minimális felderítési távolság romlása.

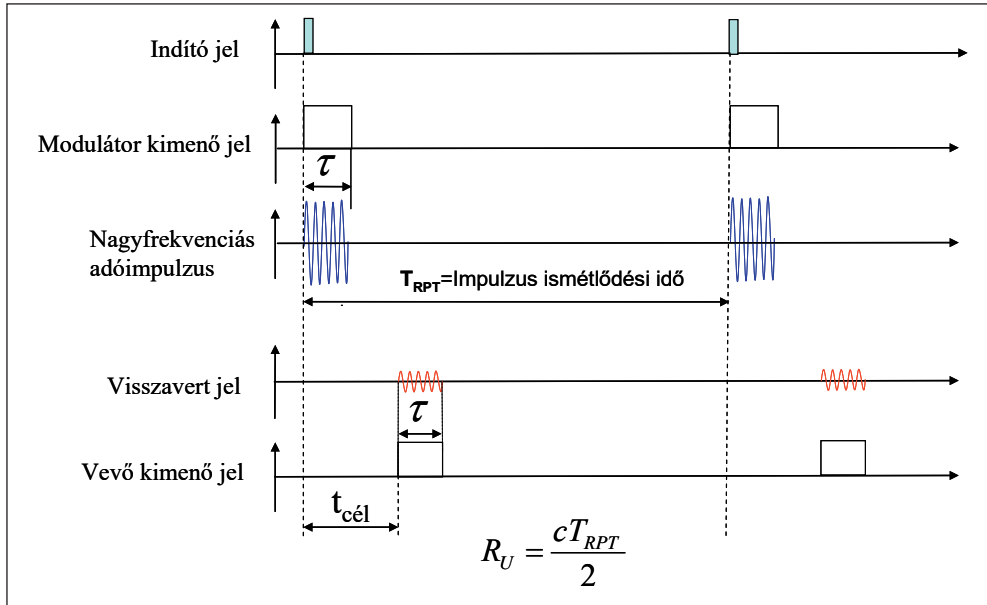
Az impulzuskompresszió előnyei:

- redukált csúcsteljesítmény,
- jó távolság szerinti felbontás,
- erős védelem aktív zavarok ellen,
- flexibilis felbontás. [18]

Egyértelműségi hatótávolság: meghatározza adott impulzusismétlődési idő (vagy impulzusismétlődési frekvencia) esetén a radarberendezés azon hatótávolságát, ahol a detektáláskor egyértelműen azonosítható, melyik kisugárzott jelhez melyik visszavert jel tartozik.

$$R_u = \frac{c \cdot T_{PRT}}{2} = \frac{c}{2f_{PRF}}$$

- R_u : egyértelműségi hatótávolság (unambiguous range),
- c : fénysebesség (speed of light, 3×10^8 m/s),
- T_{PRT} : impulzusismétlődési idő, periódusidő (pulse repetition time),
- f_{PRF} : impulzusismétlődési frekvencia (pulse repetition frequency).



3. ábra: Egyértelműségi hatótávolság az impulzusismétlődési frekvencia függvényében (a szerző saját szerkesztése)

Minimális hatótávolság: meghatározza azt a legkisebb távolságot ahol a radarberendezés már detekcióra képes. A kisugárzott impulzus szélessége határozza meg.

$$R_{\min} = \frac{c \cdot \tau_T}{2}$$

- $R_{\min}$: minimális hatótávolság (minimal range),
- c : fénysebesség (speed of light, 3×10^8 m/s),
- τ_T : adóimpulzus szélessége, adási idő (pulse width).

Távolság szerinti felbontó képesség: meghatározza, hogy az azonos oldalszögön, de egymástól kis távolságra lévő célok mikor detektálhatók külön céljelként.

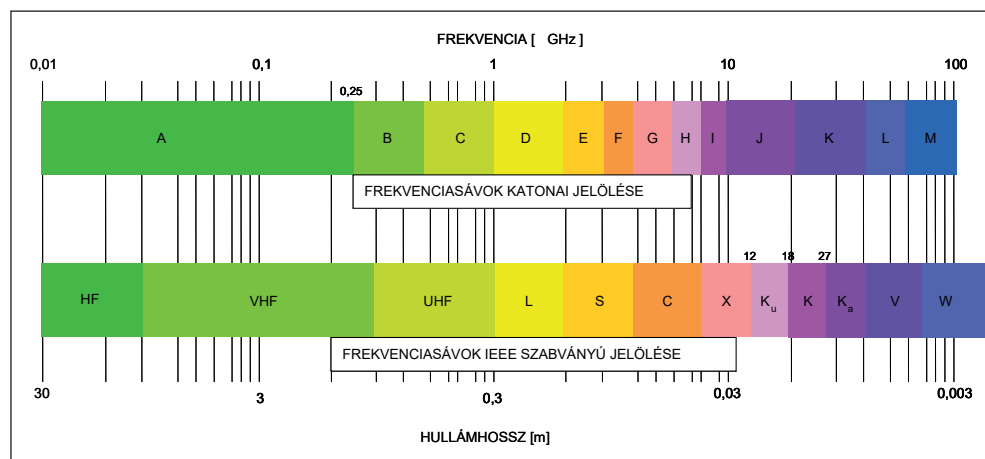
$$\Delta R = \frac{c \cdot \tau_T}{2}$$

- ΔR : távolság szerinti felbontóképesség (resolution),
- c : fénysebesség (speed of light, 3×10^8 m/s),
- τ_T : adóimpulzus szélessége, adási idő (pulse width).

Oldalszög szerinti felbontóképesség: meghatározza, hogy az azonos távolságon, de egymástól oldalszögben kissé eltérő célok mikor detektálhatók külön céljelként. Az antenna vízszintes síkban mért irányélességi szöge határozza meg.

A radarok által használt frekvenciasávok

A radarok frekvenciasávjainak [19] jelölései a második világháború idejéből származnak, amikor a sávokat titkosítási okokból betűkkel jelölték. Világszerte ma is ezeket vagy hasonló jelöléseket alkalmaznak. Többségüket elfogadta az ITU (International Telecommunication Union) is. A különbségeket jelöli a 4. ábra.



4. ábra: A radarok által használt frekvenciasávok (a szerző saját szerkesztése)

A radarok által használt frekvenciasávok és alkalmazási területük:

- HF-sáv: 3–30 MHz, 10–100 m hullámhossz. Horizonton túli (OTH) radaroknál alkalmazzák.
- VHF-sáv: 30–300 MHz, 1–10 m hullámhossz. Nagy hatótávolságú katonai radaroknál alkalmazzák.
- UHF-sáv: 300–1000 MHz, 0,3–1 m hullámhossz. Nagy hatótávolságú katonai radaroknál alkalmazzák.
- L-sáv: 1–2 GHz, 15–30 cm hullámhossz. Nagy és közepes hatótávolságú katonai és civil radaroknál alkalmazzák. (az „L” az angol long, 'hosszú' rövidítése).
- S-sáv: 2–4 GHz, 7,5–15 cm hullámhossz. Kis hatótávolságú civil légi irányításban, közepes hatótávolságú katonai, nagy hatótávolságú meteorológiai és tengeri radarokban alkalmazzák (az „S” az angol short, 'rövid' rövidítése).
- C-sáv: 4–8 GHz, 3,75–7,5 cm hullámhossz. Műholdas berendezésekben, kis és közepes hatótávolságú meteorológiai és nagy hatótávolságú követő radaroknál alkalmazzák (a „C” az angol compromise, 'kompromisszum' rövidítése).
- X-sáv: 8–12 GHz, 2,5–3,75 cm hullámhossz. Közepes felbontású térképészeti, tengeri, meteorológiai és repülőterek közelkörzeti radarjainál, valamint rakéták irányítására is alkalmazzák.

- K_u -sáv: 12–18 GHz, 1,67–2,5 cm hullámhossz. Műholdas műsorsugárzásra és nagy felbontású, kis hatótávolságú radarokban alkalmazzák (az „u” az angol under, ’alatt’ rövidítése).
- K-sáv: 18–24 GHz, 1,11–1,67 cm hullámhossz. Használata korlátozott, mert a víz-pára abszorbeáló hatása 22,2 GHz-n nagy csillapítás okoz ebben a tartományban. E tulajdonsága miatt meteorológiai radarokban alkalmazzák. A rendőrségi sebességmérő berendezések közül néhány típus is ezt a sávot használja (a „K” a német kurz, ’rövid’ rövidítése).
- K_a -sáv: 24–40 GHz, 0,75–1,11 cm hullámhossz. Kis hatótávolságú radarokban, repülőtéri, nagy felbontású gurítóradarokban és nagy felbontású térképező radarokban alkalmazzák. A rendőrségi sebességmérő berendezések közül néhány típus is ezt a sávot használja (az „a” az angol above, ’alatt’ rövidítése).
- V-sáv: 40–75 GHz, 4–7,5 mm hullámhossz. Radartechnikailag nem jelentős sáv. A légkör oxigénjének abszorbeáló hatása miatt 60 GHz-n jelentős csillapítással kell számolni.
- W-sáv: 75–110 GHz, 2,7–4 mm hullámhossz. Nagy felbontású, kis hatótávolságú meteorológiai radarokban, nagy felbontású térképező radarokban és kísérleti berendezésekben alkalmazzák.
- UWB (Ultra Wide Band): nem minősül külön sávnak, hanem több sávot átfogó tartomány. Az ilyen radarok egy nagyon keskeny (ns, ps nagyságrendű), de széles frekvenciatartományú jelet (akár több GHz) sugároznak ki. A jel sáv szélessége megközelíti a fehér zajt, így nehéz felderíteni és zavarni.

A VHF-sáv jellemzői

A VHF-régió zsúfolt, szűk a sáv szélessége, a zaj magas lehet, az antenna iránykarakterisztikája széles. Azonban a szükséges technológia könnyebben és olcsóbban megvalósítható, mint a mikrohullámú tartományban. Nagy teljesítményű adóberendezésre és nagy antennákra van szükség, de ezek viszonylag könnyen előállíthatók. Stabil adó oszcillátorok szükségesek a jó MTI megvalósításhoz, de ezt könnyebb elérni, mint a magasabb frekvenciákon. A vaksebesség nem okoz akkora problémát az MTI hatékonyságában, mint a magasabb frekvenciákon. Az eső okozta reflexió nem jelent problémát. Vízszintes polarizáció esetén egy jó visszaverő felület (mint például a tenger) interferenciát okoz a közvetlen hullám és a felületről visszavert hullám közt, ami jelentősen növeli a maximális hatótávolságot (majdnem kétszeresére a szabadtéri tartománynak). Azonban emellett a növekedés mellett az interferencia nullahelyeket is eredményez, és kevesebb energiát a kisebb helyszögekben. Jó választás a kis költségű és nagy hatótávolságú radarok számára, mint például a műholdak felderítésére alkalmazott lokátorok esetén. Ezeken a frekvenci-

ákon nehéz csökkenteni a céltárgy hatásos keresztmetszetét, tehát alkalmas a „lopakodó” technológia felderítésére is. Ezt a frekvenciatartományt ritkán alkalmazzák radarokban, mert az előnyei nem mindig ellensúlyozzák a korlátait.

Az UHF-sáv jellemzői

Az UHF- és a VHF-sávoknak sok közös tulajdonsága van. A külső zajok kevésbé jelentenek problémát, és az antenna iránykarakterisztikája is keskenyebb, mint a VHF-sávban. Egy megfelelően nagy antenna és jól megválasztott frekvencia esetén megbízható, nagy hatótávolságú radar valósítható meg, ami alkalmas például ballisztikus rakéták vagy úrjárművek felderítésére. Kiválóan alkalmas korai előrejelző rendszer (Airborne Early Warning, AEW) vagy légi mozgó célt megjelenítő (AMTI) radarok megvalósítására. Félvezetős adóberendezésekkel megfelelően nagy teljesítmény és sávszélesség valósítható meg kedvező karbantartási költségekkel.

Az L-sáv jellemzői

Ez az ajánlott frekvenciasáv egyes szárazföldi, nagy hatótávolságú felderítő radarok számára, mint például a légiforgalmi irányítás által használt, 290 nm hatótávolságú légi útvonal felügyeleti radaroknak (Air Route Surveillance Radar, ARSR). Lehetőség van a jó paraméterekkel rendelkező MTI és keskeny nyílásszögű antennák megvalósítására ezeken a frekvenciákon, alacsony külső zaj mellett.

Az S-sáv jellemzői

Nagy hatótávolságú felderítő radarok is megvalósíthatóak az S-sávban, de ezt nehezebb elérni, mint az alacsonyabb frekvenciákon. Az MTI-rendszerekre jellemző vaksebesség jelentősebb, mint alacsonyabb frekvenciákon, így az MTI kevésbé hatékony működésre képes. A visszavert jelet jelentősen csökkenti az eső az S-sávú radaroknál. Azonban ez előnyös tulajdonság a nagy hatótávolságú időjárás-radaroknál a csapadék pontos becslésére. Ez a frekvenciatartomány alkalmas a közepes hatótávolságú légtérfelügyeleti eszközök, mint például a repülőtéri radarok (ASR) üzemeltetésére. A keskenyebb irányélességi szög miatt jó az oldalszög meghatározásának pontossága és a felbontás. 3D radarokban a magasság megállapítására is megfelelő ez a frekvenciasáv, mert keskeny a függőleges síkban mért nyalábszélesség. A nagy hatótávolságú légtérfelügyeleti impulzus Doppler-radarok, mint az AWACS (Airborne Warning and Control System) is ebben a sávban működnek.

Ha egyetlen frekvenciát kell használni a légtér felügyeletre és precíziós célkövető funkciókra (fázisvezérelt multifunkciós radaron alapuló katonai légvédelmi rendszerek), az S sáv megfelelő kompromisszum lehet.

A C-sáv jellemzői

Az S- és az X-sáv között fekszik, és tulajdonságaiban is kompromisszumként lehet leírni a kettő között. Nehéz nagy hatótávolságú felderítőradarok megvalósítása ezeken a frekvenciákon, de a rakétakövető precíziós radarrendszerek itt működnek. Jellemzően a többfunkciós, fázisvezérelt légvédelmi radarok és a közepes hatótávolságú időjárásradarok használják.

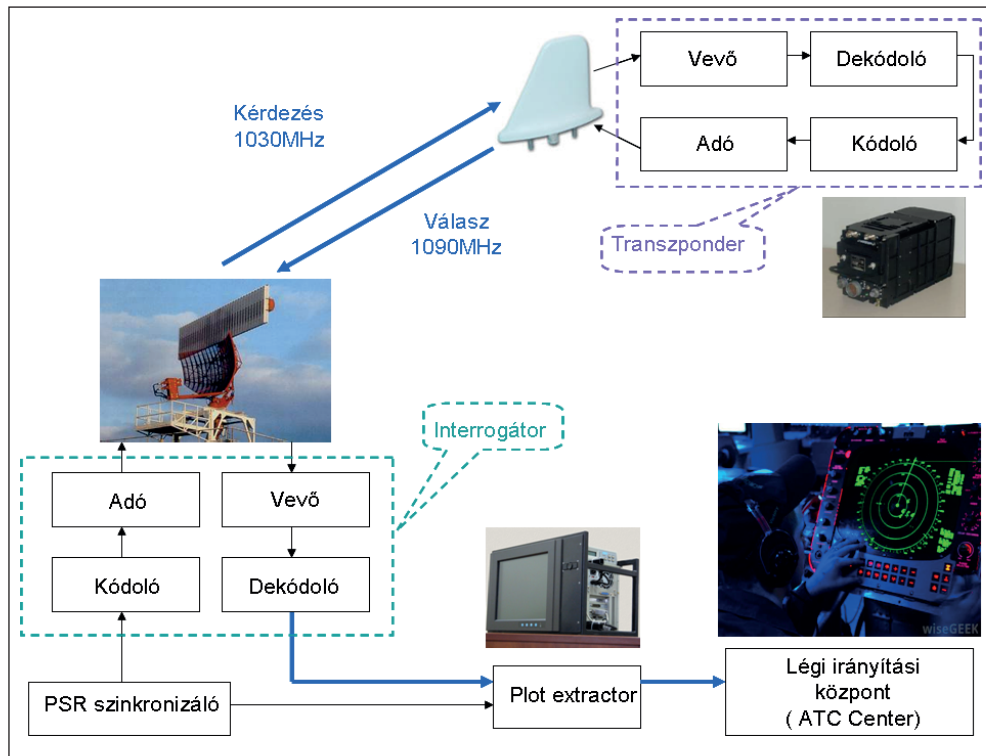
Az X-sáv jellemzői

Népszerű frekvenciasáv katonai tűzvezető radaroknál és a civil szférában is (fedélzeti navigáció, Doppler-radar és rendőrségi sebességmérő). A radarok és antennáik ebben a frekvenciasávban általában kis méretben megvalósíthatóak, így előszeretettel alkalmazzák ott, ahol a mobilitás és a kis súly fontos, a nagy hatótávolság viszont nem. Előnyös a nagy felbontású felderítőradarok számára, mert a nagy sáv szélesség lehetővé teszi nagyon rövid impulzusok (vagy széles sávú impulzuskompresszió), valamint keskeny nyalábszélesség mellett viszonylag kisméretű antennák alkalmazását is. Az X-sávú radar lehet olyan kicsi is, hogy akár kézben hordozható legyen; vagy olyan nagy, mint az MIT Lincoln Laboratory Haystack Hill radarja, aminek 36,58 m átmérőjű az antennája, és mintegy 500 kW az átlagos kisugárzott teljesítménye. Az eső azonban jelentősen csillapítást okoz az X-sávú radaroknál.

Aktív válaszradarok, szekunder radar

A szekunder radar (SSR) [20, 21] működési alapelve lényegében hasonlít a primer radaréhoz. A különbség közöttük az, hogy a szekunder radar által kisugárzott jel (1030 MHz) kódolt üzenetet (kérdést) tartalmaz. Amennyiben ezt a kérdést egy megfelelő válaszadóval (transzponder) felszerelt repülőgép veszi, és képes a kód dekódolására, akkor a kérdésnek megfelelő – ugyancsak kódolt – információt (választ) sugároz vissza (1090 MHz). A kérdező radar ezt a választ veszi és dekódolja (interrogátor). Ebben az esetben a radar működése két egymással rádiófrekvenciás jelek útján kapcsolatban álló berendezés (kérdező és válaszadó) együttműködésén alapul. Mivel a szekunder radar a méréshez nem a visszavert

jelet, hanem a válaszadó által kisugárzott jelet használja, így ugyanakkora távolság meghatározásához jelentősen kisebb jelteljesítmény szükséges.



5. ábra: A szekunder lokáció működésének felépítése (a szerző saját szerkesztése)

Az interrogátor végzi a kérdezőjelek előállítását a kódoló segítségével. Az antennán keresztül azokat kisugározza, illetve ezen keresztül valósul meg a válaszok vétele és dekódolása is.

A kérdező- és válaszjeleket különféle szabványok írják elő. A polgári szabványt az ICAO Annex 10, a katonai szabványt a STANAG 4193 definiálja. A szabványos kérdező üzemmódokat az 1. táblázat tartalmazza, a kérdező- és válaszjelek jelalakját a 6. ábra.

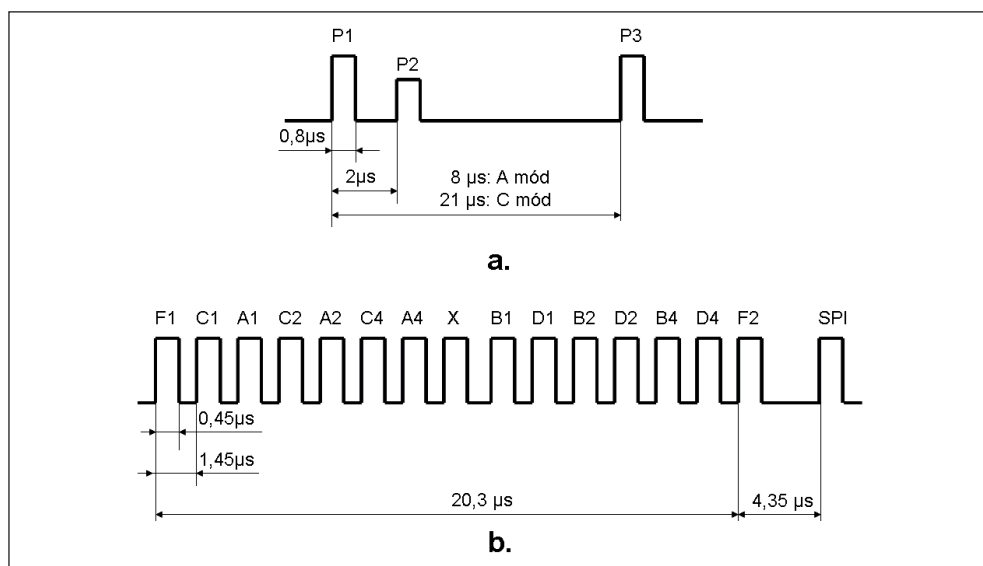
A transzponder a repülőeszköz fedélzetén helyezkedik el. Veszi a kérdezőimpulzusokat, dekódolja azokat, és kiadja a válaszimpulzus-sorozatot. A transzponder akkor válaszol, ha a P1 és P2 impulzuspárban a P1 impulzus 9 dB-el nagyobb, mint P2, illetve a P1 és P3 impulzuspár amplitúdói és távolságuk a szabványban rögzített tolerancián belül esnek.

Egy válasz kisugárzása után a transzponder a relaxációs idő alatt semmilyen kérdésre nem válaszol.

Ha a P2 impulzus nagyobb vagy egyenlő a P1 impulzussal (azaz melléknálábról jött a kérdés) a transzponder szintén nem ad ki válaszimpulzus-sorozatot.

1. táblázat: SSR/IFF üzemmódok (a szerző saját szerkesztése)

Mód	P1–P3 időkülönbség (μs)	Funkció	Katonai/polgári	Kódok száma
1	3	IFF	Katonai	32
2	5	IFF	Katonai	4096
3/A	8	Fedélzeti szám	Katonai/polgári	4096
B	17	Nem használt	Polgári	
C	21	Magasság	Polgári	2048
D	25	Nem használt	Polgári	



6. ábra: A kérdező- (a) és a válaszimpulzus (b) sorozatstruktúrája (a szerző saját szerkesztése)

A szekunder radar a vett válaszjel alapján a következő céljellelmzőket határozhatja meg:

- A kérdezőjel kisugárzási ideje és a válaszjel vételi ideje közötti különbség alapján – a primer radarhoz hasonlóan – mérhető a ferde távolság.

- A kérdezőjel kisugárzási (válaszjel vételi) iránya alapján mérhető a cél oldalszöge.
- A válaszjelben kódolt információkból különböző kiegészítő adatokat határozhatók meg:
 - ♦ egyedi azonosító kódok,
 - ♦ a cél földfelszíntől mért magassága,
 - ♦ a cél földfelszínhez viszonyított sebessége,
 - ♦ vészjelzések,
 - ♦ üzemanyag-tartalék stb.

A katonai célokra alkalmazott szekunder radarokban a kérdező- és válaszkódok a fentiekben túl lehetővé teszik a válaszoló gép nemzeti hovatartozásának megállapítását, egyedi azonosítását és más, a katonai tevékenységgel összefüggő adatok közlését.

Ezeket a lokátorokat a polgári szekunder radaroktól való megkülönböztetés érdekében IFF-nek nevezzük (Identification Friend or Foe).

Passzív radarok

A passzív radarrendszerek (Passive Coherent Location) a felderítő rendszereknek egy olyan csoportja, amelyek a céltárgyak detektálására és nyomon követésére a környezetükben található, nem együttműködő elektromágneses jeleket kisugárzó forrásoktól származó reflexiót használnak fel. Ilyenek lehetnek például a kereskedelmi műsorszóró és kommunikációs adók jelei. Így ezek bisztatikus radarként foghatók fel. A rendszer nemcsak az időt (távolságot), hanem a Doppler-eltolódást is mérni tudja, így lehetővé téve a célok irányának és sebességének és kiszámolását. Általában több adó és vevő kell alkalmazni a célok pályájának pontos meghatározásához.

A passzív radar kifejezést olyan eszközökre is használják, amelyek repülőgépek által kisugárzott rádiófrekvenciás jeleket (például a saját radarjuk, a kommunikációjuk vagy transzponderük kibocsátását) detektálva képeznek repülési útvonalat. Azonban ezek a rendszerek nem a visszavert energiát használják ki, ezért ezek inkább elektronikai harc-támogató eszközök (Electronic Support Measures, ESM). Jól ismert példa a cseh TAMA-RA-, Vera NG-rendszerek és az ukrán Kolchuga-rendszer.

Az 1980-as években a számítástechnika fejlődésével nyíltak meg a lehetőségek a nagy számítási teljesítményt igénylő passzív radarok digitális vevőinek fejlesztésére. Ettől kezdve tudták a tervezők alkalmazni a keresztkorrelációs technikát használó digitális jelfeldolgozó egységeket, hogy kihasználják a különböző kisugárzott elektromágneses jeleket, azokkal célokat detektálva. Több nemzet indított ilyen fejlesztői programot, de elsőként a Lockheed–Martin Mission Systems mutatta be 1998-ban a Silent Sentry-rendszert amely FM rádió- és analóg televízióadók jelét használta fel.

A passzív radarrendszerek a következő jeleket használják forrásként:

- analóg televíziójeleket,
- FM rádiójeleket,
- mobiltelefon-állomások jeleit,
- digitális rádiós műsorszórás (DAB),
- digitális televíziós műsorszórás (DVB-T, DVB-S),
- földi nagy felbontású televízióadók (Észak Amerikában),
- GPS-műholdak jeleit.

A hagyományos radarrendszerekben a kisugárzás időpontja és a kisugárzott impulzus hullámformái pontosan ismertek. Ez teszi lehetővé, hogy a céltárgy távolsága könnyen kiszámítható, csak egy illesztett szűrőt kell használni, hogy elérjék az optimális jel–zaj viszonyt a vevőben. A passzív radar ezt az információt közvetlenül nem ismeri. Így egy dedikált vevőcsatornát (referenciacsatornát) kell használni, amely ellenőrzi a hatókörében lévő adók jeleit, és mintát vesz belőlük.

A passzív radar általában a következő feldolgozási lépéseket alkalmazza:

- Közvetlenül veszi a hatókörében lévő adók, valamint a megfigyelni kívánt terület jeleit a kis zajú, lineáris digitális referencia vevővel.
- Digitális nyalábformálással meghatározza a beérkező jelek irányát, és kiszűri a lehetséges interferenciát.
- Adaptív szűréssel megszünteti a „direkt” jelet a felderítőcsatornában.
- Adóspecifikus jelkondicionálás.
- Keresztkorrelációval meghatározza a cél távolságát és Doppler-eltolódását a referenciacsatorna és a felderítőcsatorna közt.
- Detekció az állandó vaklárma-valószínűség (Constant False Alarm Rate, CFAR) elv felhasználásával.
- A Doppler-frekvenciából és az irányvektorból képezik a plotot. A rendelkezésre álló plotadatokat hozzárendelik a célokhoz. Több önálló plot alapján inicializálják az adott célhoz tartozó útvonalat (tracket), általában Kalman-szűrővel.
- Az inicializált trackek illesztése az irány/doppler mintákhoz, például kiterjesztett Kalman-szűrővel.

A passzív radar teljesítménye a kis és közepes hatótávolságú hagyományos radarokéval egyezik meg. A felderítési hatótávolsága a radaregyenlettel is számolható, figyelembe véve a feldolgozási nyereséget és a külső zajt is. Továbbá a konvencionális radarokkal szemben a passzív radarok felderítési távolsága függ a település helyétől, a vevőnek az adótól való távolságától – ahol a célok detekciója történik – és a köztük lévő külső zaj szintjétől. Ez a felderítési távolság nagy teljesítményű AM rádióadók esetén 100 km, nagy teljesítményű tévéadók esetén 300 km, DAB-, DVB-T- és FM-adók esetén pár 10 km, mobiltelefon esetén pár kilométer lehet. Megállapítható, hogy a hatótávolság minden esetben az alkalmazott „megvilágító” adó teljesítményétől függ.

A már megvalósított passzív radarrendszerek:

- Lockheed–Martin’s Silent Sentry,
- BAE Systems’ CELLDAR,
- Selex ES’ Aulos,
- Thales Air Systems’ Homeland Alerter,
- Cassidian multiband passive radar,
- Manastash Ridge Radar,
- Alim radar system.

A közel száz éves múlttal rendelkező rádiólokáció fejlődése folyamatos. Az informatika szüntelen fejlődésével még komoly potenciál rejlik a vett jelek feldolgozásának lehetőségében. A számítási teljesítmény növekedése és az elektronikai alkatrészek miniaturizálása vagy a kisebb hőleadás miatt a berendezések egyre kisebb méretben, egyre kevesebb energiafogyasztás mellett képesek ugyanazon vagy még jobb felderítési paraméterek mellett működni, mint elődeik.

Irodalomjegyzék

1. www.math.ucdavis.edu/~temple/MAT21D/SUPPLEMENTARY-ARTICLES/MaxwellHerz.pdf (a letöltés ideje: 2016. április 21.)
2. http://people.seas.harvard.edu/~jones/cscie129/nu_lectures/lecture6/hertz/Hertz_exp.html; www.juliantrubin.com/bigten/hertzexperiment.html
3. http://ethw.org/Milestones:Discovery_of_Radioconduction_by_Edouard_Branly,_1890
4. <http://tudosnaptar.kfki.hu/k/a/karoly/karoly-pant.html>
5. www.britannica.com/biography/Aleksandr-Popov-Russian-engineer
6. <http://fecha.org/marconi.htm>
7. http://ethw.org/Kennelly-Heaviside_Layer
8. www.100-jahre-radar.fraunhofer.de/vortraege/Ender_Huelsmeyer_EUSAR2002_deutsch.pdf (a letöltés ideje: 2016. április 21.)
9. J. K. Petersen: *Handbook of Surveillance Technologies*. Third Edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2012.
10. www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1947/appleton-bio.html
11. www.nap.edu/read/6201/chapter/3
12. <http://ieeexplore.ieee.org/document/1685329/>
13. http://hist.rloc.ru/startup-radars/1_2.htm
14. www.radarpages.co.uk/people/watson-watt/watson-watt.htm
15. Merrill I. Skolnik: *Radar Handbook*. 3rd edition. McGraw-Hill, New York, 2008.
16. David K. Barton: *Radar Technology Encyclopedia*. Artech House, Norwood, 1998.
17. David K. Barton: *Radar Equations for Modern Radar*. Artech House, Norwood, 2012.
18. Richard G. Curry: *Radar Essentials*. SciTech Publishing, Raleigh, 2012.
19. Michael C. Stevens: *Secondary Surveillance Radar*. Artech House, Norwood, 1988.
20. Simon Kingsley: *Understanding Radar Systems*. SciTech Publishing, Raleigh, 1999.

The radar, sensor of real time information source from the airspace

SZÖKRÉNY ZOLTÁN

The birth of radar is due to the vacuum tube's development. The root of this modern sounding invention dates back to over a century, but its real development was brought about by WWII. The idea of a radar (called differently back then) had already been born, so this device had to be built not invented. There had been experiments with radio-based devices, but in most countries there was no real motivation and financial backing behind the project.

Keywords: radar, primary surveillance radar, secondary surveillance radar, passive coherent location

A biomassza mint a kistérségi energiaellátás egy lehetséges alternatívája

Magyarországon az agráriumnak kimagasló adottságai vannak. A megújuló energiákon belüli 80%-os részesedése mindenképpen tekintélyt parancsoló aránynak tűnik. Ebből kiindulva sokan gondolhatják úgy, hogy akár biomassza-nagyhatalommá is válhatunk. Elfeledkezünk azonban arról, hogy minden kérdést rendszerszinten kell megvizsgálnunk. A bioenergetika számos lehetőséggel, de sok korláttal is bír. Fontos, hogy mint minden más energiaforrást, ne csak gazdasági vagy műszaki, hanem fenntarthatósági szempontok figyelembevételével is megvizsgáljunk. Egy biomasszára alapozott projekt akkor lehet gazdaságos és hatékony, ha megvalósul a termesző, feldolgozó és felhasználó hármas egysége egy adott körzetben.

Kulcsszavak: bioenergetika, biomassza-potenciál, energianád, pellet

A biomassza fogalmi meghatározása és csoportosítása

„A biomassza biológiai eredetű szervesanyag-tömeg, egy biocönózisban vagy biomban, a szárazföldön és vízben található élő és nemrég elhalt szervezetek (állatok, növények, mikroorganizmusok) testtömege; biotechnológiai iparok melléktermékei, és a különböző transzformálók (emberek, állatok, feldolgozó iparok stb.) összes biológiai eredetű terméke, hulladéka, mellékterméke. A növényi biomassza a fitomassza, az állati biomassza a zoomassza.” [1] A biomassza egy megújuló, de kimeríthető primer energiaforrás. Keletkezése alapján megkülönböztetünk *elsődleges biomasszát*, ami maga a természetes vegetáció. A *másodlagos biomassza* az állatvilág, illetve az állattenyésztés fő- és melléktermékei, hulladéka, míg a *harmadlagos biomassza* a feldolgozóiparok gyártási, illetve az emberi életműködés melléktermékei. [2] A biomassza energetikai hasznosításának lehetőségeit csoportosíthatjuk az energiahordozó halmazállapota szerint. Így a szilárd biomasszát felhasználhatjuk hő- és villamosenergia-termelésre, folyékony energiahordozó, illetve hajtóanyag céljára, valamint a biogázt tüzelő- és hajtóanyag céljára.

A biomassza-potenciál

Megkezdődött az alternatív energiaforrások átmeneti korszaka, amit felválthatnak majd a legmodernebb energiaforrások, mint a hélium vagy a fúziós energia. [3] Ebben az átmeneti korszakban egy olyan energiaportfóliót prognosztizálhatunk, amelyben a biomassza részaránya hosszú távon 15-20%-ra tehető. [4] Természetesen a nemzeti, a regionális, illetve a helyi energiamix összetétele eltérhet ettől, a helyi adottságok és lehetőségek figyelembevételével. Mielőtt meghatároznánk a biomassza-potenciál nagyságát, nem árt tisztázni, hogy milyen potenciálról beszélünk. A különböző potenciálok között igen komoly, nagyságrendi különbségek vannak. Amíg a biomassza elméleti potenciálja akár hússzor is nagyobb lehet, mint a világ jelenlegi energiaigénye, addig a konverziós potenciál¹ már csak ennek az energiaigénynek csupán 40%-át teszi ki, a fenntartható potenciál² pedig ennél is jóval kisebb mértékű lehet.

Magyarország teljes biomassza-készlete 350-360 millió tonnára becsülhető, ebből 105-110 millió tonna újraképződik és felhasználjuk. Az évenként keletkező elsődleges biomassza 54 millió tonna szárazanyag, amelyből a mezőgazdasági termelése 46 millió tonna, az erdészeti pedig 8 millió tonna. [5] A hazai elméleti biomassza-potenciál 417 PJ/évre tehető, melyből 251 PJ/év az elsődleges, 91 PJ/év a másodlagos és 75 PJ/év a harmadlagos biomassza. Ez nyilván jóval több, mint a fenntartható potenciál, de azért az sem természetes, hogy ennek az elméleti potenciálnak mindössze a 10-12%-át használjuk ki. Magyarország energiafelhasználása az elkövetkezendőkben 1040 PJ/év szintre növekszik. Ennek fényében a biomassza maximális arányát az energiamixben 20-21%-ban állapíthatjuk meg. Ha most mindezt kWh/nap/fő-ben mérnénk, akkor a következő adatokat kapnánk. 1040 PJ megfelel 288 888 888 889 kWh-nak. Magyarország lakossága 2014. január elsején 9 877 365 fő volt. Így $1040 \text{ PJ} = 80,1 \text{ kWh/nap/fő}$. Az elméleti biomassza-potenciállal tehát (417 PJ) $32,1 \text{ kWh/nap/fő}$ energiafelhasználást elégíthetnénk ki. Ha a különböző számításokat végzők eredményeit nézzük, akkor 200-250 PJ energiát tudnánk fenntartható módon megtermelni, ami 15,4-19,25 kWh/nap/fő energiafelhasználásnak feleltethető meg. Ez valóban a teljes energiafelhasználásunk (80,1 kWh/nap/fő) 20% körüli értékét adja. Jól látható tehát, hogy a biomassza-potenciál kihasználásában még jelentős tartalékaink vannak, felhasználása számos előnnyel jár, különösen regionális szinten van komoly társadalmi hozzáadéka.

1 Konverziós potenciál: adott technológiai szinten kiaknázható.

2 Fenntartható potenciál: társadalmi-ökológiai tényezőkkel összhangban kiaknázható potenciál.

Biomassza pró és kontra

A biomassza mint alternatív energiaforrás számos gazdasági, társadalmi előnnyel bír, és pozitívan hathat egy adott térség életminőségére. Ahogy az az 1. ábrán is jól látható, a biomassza a vidék felzárkózásának egyik sarokköve lehet: új munkahelyek jöhetnek létre, a helyi lakosság számára tartós és kiszámítható jövedelmet képez, ezáltal pedig az elvándorlás gátja lehet, növeli energiabiztonságunkat, erősíti a zöldtudatosságot, és körületekintő alkalmazása a fenntartható fejlődést segíti elő. Mindemellett az életminőségünket is javítja, hiszen csökkenti a talajerosíót és a deflációt, tisztább lesz általa a levegő, javulhat a mikroklíma, megköti a port és a szén-dioxidot, a szélsőséges időjárásra is mérséklő hatással lehet.



1. ábra: A biomassza gazdasági és társadalmi hatásai (forrás: Lukács Gergely Sándor: *Falufűtőmű* alapján saját szerkesztés)

A biomassza felhasználásával szembeni leggyakoribb érv a terület adta lehetőségek szűkössége, ami Magyarországon kiemelten fontos kérdés. Ehhez szorosan köthető az élelmiszer-ellátás biztonsága, illetve a rohamosan csökkenő természetes élőhelyek esetleges pusztulása. Ráadásul a területi korlátok következtében egymással konkuráló igények jelenhetnek meg: ugyanazon a területen szeretnének energiafűtvet ültetni vagy energiaerdőt telepíteni, kukoricát etanolnak, repcét biodízelnek termeszteni. Ennek a vetélkedésnek eshetnek áldozatul a természetes élőhelyek, és szorulhat ki a portfólióból

az élelmiszer-alapanyag termelése. A méretgazdaságosság közgazdasági kényszere pedig szuperintenzív monokultúrák létrejöttét eredményezheti. Ugyancsak az egyéni érdekek mentén haladva – a költség és haszon elemzése alapján – a termelők, ha azt gazdasági érdekek úgy kívánja, az élelmiszer-alapanyag termeléséről áttérhetnek energetikai célú növénytermesztésre. Ez komoly csapást jelentene az élelmiszer-ellátásra, és jelentősen felfelé hajtaná az élelmiszerárakat is, valamint spekulatív célú földvásárlási hullámot indíthat el.

Erősen kérdéses a biomassza energiamérlege is. Ha minden, a biomassza teljes életciklusa során felhasznált energiát figyelembe veszünk (talajműveletek, műtrágyázás, szállítás, raktározás, feldolgozás, hulladékkezelés stb.), kiderülhet, hogy több energiára volt szükségünk a teljes folyamat során, mint amennyi energiát nyertünk ebből. Ugyancsak ez a komplex elemzés mutatja meg nekünk, hogy a biomassza felhasználása nem mindig tekinthető szén-dioxid-semlegesnek. [6]

Fontos kérdés az is, hogy biomasszával milyen módon biztosítható az egyenletes ellátás. Átgondolt logisztikai megoldásokkal kiküszöbölhető a terméshingadozás, a kis energiasűrűség problémája. Ugyancsak problémát jelenthet a bioenergetikai üzemek optimális üzemméretének meghatározása és a megfelelő technológia használata. Az alacsony energiasűrűség miatt kiemelt fontosságúvá válik a logisztikai költségek nagysága, ami jelentősen befolyásolja az optimális üzemméretet is. Téves stratégia lenne ma Magyarországon a nagy teljesítményű fosszilis erőművek átállítása biomassza-tüzelésre vagy nagyméretű biomasszaüzemek létrehozása. Szintén gazdaságtalan lenne a fosszilis erőművekben való együtt égetés módszere. Sajnos ennek ellenére alapvetően centralizált biomassza-tüzelés van jelen hazánkban, ami gyakran elavult technológiát használva, magas logisztikai költségekkel működik, így energiamérlege semmiképp sem lesz pozitív.

Mindenképpen előrelépés lenne, ha a biomassza felhasználása kis és közepes léptékű, közösségi fűtőművekben valósulna meg, a gazdaságos méretarányok miatt. Ilyen például a 8 MW teljesítményű tatai távhőrendszer vagy a Szentendrén működő, 9 MW-os fűtőerőmű. [7] A helyi kezdeményezések másik nagy előnye (ha a telepítés jól átgondolt), hogy a beszállítási körzet 20-30 km lehet, ami jelentősen csökkenti a logisztikai költségeket és a környezetterhelés nagyságát. [8] Az egyszerű költség–haszon elemzés vagy akár a csak bizonyos indikátorokat figyelembe vevő LCA³ nem biztos, hogy a megfelelő választ adja meg számunkra. Fontos látnunk az externális költségeket és az externális hasznokat egyaránt. A XXI. században, amelyben a globális felmelegedés, a vidék leszakadása, az alacsonyabb végzettségűek tömeges munkanélkülisége határozza meg az életminőségünket, erőteljesebben kell figyelni a környezeti és társadalmi hatásokra, és azzal a feltételezéssel kell élnünk – a közgazdaságtan és a technológiai fejlődés törvényszerűségeit figyelembe véve –, hogy mind a méretgazdaságosság helyes megválasztása, mind a technika fejlődése egyre költség-hatékonyabbá teszi majd ezeket a módszereket a fosszilis energiafelhasználással szemben. [9]

3 LCA: Life Cycle Analysis, életciklus-elemzés.

Fontos, hogy figyelembe vegyünk és kövessünk néhány alapvető a bioenergetika területén is:

- A mezőgazdaság alapvető feladata az élelmiszerek előállítása, így csak azokon a területeken szabad energetikai célú növénytermesztést alkalmazni, amelyek a szükséges és eladható élelmiszer-mennyiség megtermelése mellett nélkülözhetők.
- A mező- és erdőgazdaság melléktermékeit olyan mértékben célszerű energetikai célra használni, amely a talajerő utánpótlását nem veszélyezteti, ellenben a keletkezett hulladékot a lehetséges mértékben bevonja az energiatermelésbe.
- A biomassza energiasűrűsége alacsony, legalábbis messze elmarad a fosszilis energiahordozókéétól, így a környezeti terhelések csökkentése végett csak a helyben megtermelt, keletkezett, illetve a kis távolságokról beszállított biomasszát használjuk fel.
- A rendelkezésre álló biomasszában rejlő lehetőségeket úgy aknázzuk ki, hogy a benne lévő energia legnagyobb hányada hasznosuljon. [5]

Egy kistérségi pelletüzem létesítésének feltételei

Mint azt már a bevezetőben írtam, egy biomasszára alapozott projekt akkor lehet gazdaságos és hatékony, ha megvalósul a termesztő, a feldolgozó és a felhasználó hármas egysége egy adott körzetben. Mivel a biomassza esetében kiemelt szerepe van a logisztikának, a logisztikai költségeknek, így a gazdaságosság egyik fő kritériuma ezeknek a költségeknek a minimalizálása lesz. Ha a biomassza-alapanyag termesztése, annak feldolgozása és felhasználása is helyben történik, úgy nemcsak egy fenntartható, de megtérülő projekt jön létre. Láttunk már hasonló jellegű helyi kezdeményezéseket, ahol sikeresen valósították meg a fenntarthatóság és a nyereségesség kombinációját. Tiszasason és Kaposfőn eredményesen kapcsolták össze az energianád termesztését és feldolgozását a közmunkaprogrammal, jelentősen csökkentve az önkormányzati épületek fűtési költségeit.

A biomassza kiválasztása

Célszerű olyan égetéses hasznosítású zöldenergia-termesztést megvalósítani, ahol első sorban az évelő szántóföldi növények alkotják a portfóliót. Ilyenek az évelő rozs, a lucerna, a vörös here, a kínai nád, a tatái (Miscanthus), az olasz nád (Arundo), a szarvasi-1 energiafű, az angolperje vagy az óriás keserűfű.

Ezek közül emeljük ki a hazánkban még kevésbé ismert olasz nádat. (A tiszasasi és a kaposfői projekt is erre a növényre épült.) Az ókori Mezopotámiában már 4000 évvel ezelőtt ismerték és hasznosították. Mára már a mérsékelt és trópusi klíma területén is

megtalálható. Ezt a növényt talajjavítás céljából is tartják kiváló fitoremedációs⁴ képessége miatt. Az arundót más lágyszárú, évelő energianövényekkel összehasonlítva megállapítható, hogy szignifikánsan kevesebb gyomirtószer és műtrágya felhasználása szükséges hozzá. Évente 20-40 tonna szárazanyag tervezhető hektáronként. Marginális területeken is kitűnően adaptálódik, életciklusa meghaladja a húsz évet. A legnagyobb költség a telepítésnél és a talaj előkészítésénél jelentkezik. A következő években nem igényel talajművelést. Életképes magja nincs, így nem tekinthető invazív, agresszív módon terjedő fajnak. Felszárítja a pangó vizeket, miközben jól bírja az aszályt és rövid távon az elárasztást is. Nem szegényíti el a talajt, gyors növekedése miatt túlnövi a gyomokat, herbicid kezelés nem szükséges. Energiatartalma megegyezik az azonos tömegű száraz fáéval. Kiváló pellet, brikett, torrefaction, faszén és biochar alapanyag. Energiamérlege pozitív. Mivel a növény alacsonyabb termőértékű földeken is termesztethető, a hagyományos mezőgazdasági kultúráknál magasabb jövedelmezőséget biztosít. Az 1. táblázatból is jól kitűnik, hogy számos tulajdonsága alapján jó választás ez a növény: magas a szárazanyag-tartalma, hőértéke a hasonló energianövények közül a legmagasabb, hamutartalma alacsony, élettartama magas, vízigénye pedig a miscanthushoz képest alacsonyabb. [10]

Fontos megjegyezni, hogy az energianád telepítése 800 000-1 000 000 Ft/ha, de ennek 40%-ára (legfeljebb 260 000 Ft-ra) támogatást kaphatunk pályázatok útján.

	Energiafűz	Szarvasi energiafű	Arundo	Miscanthus
Biomassza hozam száraztonnában	10 szt/ha	12-15 szt/ha	15-45 szt/ha	10-30 szt/ha
Hőérték	17.7-20.0 MJ/kg	18 MJ/kg	19.6 MJ/kg	18 MJ/kg
Hamutartalom	3.0%-5.0%	3.5%-4.5%	3.0%-6.0%	4.0%-6.0%
Kártevő rezisztencia	alacsony (tetű, levélbogár, levéldarázs, csiga, gombás tőrothadás) (20-35 ezer Ft/év)	lisztharmatra, rozsdára érzékeny, sáskák	rezisztens	mérsékelt rezisztens
Gyom rezisztencia	első év után mérsékelt	első év után magas	első év után magas	első év után magas
Aratás	4-5 évente	évente	évente	évente
Élettartam	25-30 év	10-15 év	20-30 év	20-25 év
N-P-K tápanyag igény	N 130, P 34, K 155 kg/ha	N 90, P ₂ O ₅ 90, K ₂ O 90 kg/ha	(N 80), P ₂ O ₅ 100, K ₂ O 60-100 kg/ha	N 50-60, P ₂ O ₅ 16-50, K ₂ O 60-100 kg/ha
Talajigény	homok-kötött	laza-középkötött	homok-kötött	laza-középkötött
pH igény	5.5-7.5	7.5-9.00	5.00-10.00	5.5-7.5
Max. energia hozam	187-280 GJ/ha	216-270 GJ/ha	496-637 GJ/ha	170-528 GJ/ha
Vízigény	1000 mm	szárazságtűrő	380-650 mm	700-800 mm
Klór	100-3000 mg/kg	2000 mg/kg	500-2200 mg/kg	1048 mg/kg
Szilika	-	+	+	+
Magasság	700 cm	180-220 cm	400-800 cm	400 cm

1. táblázat: Az energetikai növények összehasonlító táblázata (forrás: www.biomassza.eu/energiaultetveny/, a letöltés ideje: 2016. 08. 31.)

4 Szennyezett környezet megtisztítása növények által.

A termőterület meghatározása

A fűtőértékek és termésátlagok alapján megállapítható, hogy egy hektár energianád három családi ház fűtését és melegvíz-ellátását képes biztosítani. Ha egy adott kistérségben nagyjából 300 családi házzal és az önkormányzati épületekkel számolunk, akkor a projekthez 100-120 hektár termőföld elegendő. Ilyen területnagyságnál már megfelelő az üzemméret, továbbá a kezdeti magas fix költségek megtérülési ideje jelentősen csökkenthető. A nagyobb összefüggő területek a szállítás hatékonyságát növelhetik. A szállítás lehetőleg 5 km-nél kisebb sugarú körben történjen, mivel az energianád túl könnyű ($80-100 \text{ kg/m}^3$). Célszerű azokat a területeket kiválasztani, melyek az élelmiszer-termelésre kevésbé alkalmasak; ezek akár mélyebben fekvő, talajvizes területek is lehetnek. A szállítás hatékonyságának növelése érdekében nagyobb összefüggő területet határozzunk meg. Mivel a nád lábon eláll, kiszárad, a betakarítás akár folyamatosan is végezhető, a felmerülő igényeknek megfelelően. Amennyiben a szükséges termőterület nem áll rendelkezésre egy településen, a települések között érdemes a termőterületeket úgy elosztani, hogy a szállítási láncok egymáshoz köthetőek legyenek, ami szintén a költségek csökkenését jelentené, és az ökológiai lábnyom is kisebb.

A pellet és a pelletkazánok jellemzői

A pellet magas nyomású préseléssel előállított tüzelőanyag, amit az úgynevezett pelletkályhák, pelletkandallók és pelletkazánok tudnak hasznosítani kimagasló hatásfokkal. Ezek a fűtőberendezések a fatüzelés új generációját képezik. A pellet legelterjedtebb mérete: 6 mm-es átmérő, 2-5 cm-es hosszúság. A pellet szállításának alapvetően háromféle módja van: 15-25 kg-os zsákokban, 1000 kg-os zsákokban (big bag), illetve fluid, ömlesztett formában. A pelletkazánok rendelkeznek üzemanyagtartállyal, égetőfejjel és erre a célra kialakított hőcserélővel. Az ilyen rendszerek hatásfoka meghaladja a 90%-ot. Egy családi házas pellettartály 1 m^3 pelletet képes befogadni, ami egy 35 kW-os kazánban 5-6 hét alatt ég el. Égés után pedig – a pellet minőségétől függően – 0,5-1 kg salakanyag és hamu keletkezik. A jobb minőségű pellet nedvességtartalma 6-8%, ami jóval alacsonyabb, mint a tűzifáé, így hatásfoka jobb, szabályozott égése miatt pedig a károsanyag-kibocsátása is alacsonyabb. Ahol nincs lehetőség a kazán helyének kialakítására, ott használhatunk vízteres pelletkandallókat, melyek teljes körűen képesek ellátni a lakás teljes fűtését, és esztétikailag is kiemelkedő minőségűek.

A pellet tehát egy nagyon speciális tüzelőanyag, amelyhez egy megfelelő hatásfokú és teljesítményű berendezés is szükséges. Magyarországon elsősorban a lakossági és önkormányzati felhasználások a jellemzőek. Lakossági felhasználásra 10-40 kilowatt nagyságrendig, lakáscsoportok, önkormányzati épületek esetében az 1-2 megawattig terjedő

teljesítménytartományú kazánok alkalmasak. A pellet égetését elsősorban családi házaknál javasolják, ahol sok helyen már most rendelkezésre állnak a megfelelő berendezések.

A következő lépés az lehet, hogy lakáscsoportok, egymáshoz közeli családi házak, sorházak térhetnek át gázfűtésről pellettüzelésre. Amennyiben a kazánnak ki tudnak alakítani megfelelő helyet, akkor az önkormányzat vagy a különböző lakáscsoportok olyan automata adagolóval ellátott, nagyobb teljesítményű kazánokat tudnak üzembe helyezni, melynek kényelmi szintje eléri a gázfűtést. A pellettüzelő kazánok kis mérete és a pellet szintén kis helyigénye további előnyt jelenthet a fafűtéses rendszerekkel szemben. A hazai pelletárak 50-60 Ft/kg körül alakulnak 15-50 kg-os csomagolt kiszerezések esetében, de amennyiben nagyobb mennyiségben (ömlesztve) rendeljük, akár 10-20%-os engedmény is elérhető. Egy átlagos családi ház fűtése és melegvíz-ellátása egy téli szezonban 3-5 tonna pelletet igényel, ami egy teljes fűtési szezonra 150 000-250 000 Ft-ot jelent. Ez a magas importárak mellett is versenyképes lehet a fafűtés és a gázfűtés költségeivel. Ha viszont a pellet előállítás helyben történne, szintén helyben természetesen energianádból, akkor a költségek jelentősen csökkennének, különös tekintettel arra, hogy a KEOP-pályázatokon belül az energiaültetvények létrehozására és kazánok beszerzésére is lehet támogatást elnyerni. Mivel az arundo termésátlaga 20-40 szt/ha, így egy 100-120 hektáros területen átlagosan 3000 száraztonna energianád takarítható be. A betakarítás történhet kézzel (a korábbi projektekhez hasonlóan a közmunkaprogram részeként) vagy gépesítve (KB3011B vagy NOBILI WS320 szárzúzóval és Krone 1290 HDP bálázóval).

A telephely meghatározása

A telephely meghatározásánál több szempontot is figyelembe kell vennünk:

1. A biomassza-ellátási szempontok miatt a biomassza termőterületek közelébe kerüljön.
2. A szállítási költségek csökkentése érdekében a fűtött területek közelébe települjön.
3. Környezetvédelmi szempontok (zajszennyezés) miatt a lakott területektől kellő távolságra legyen.
4. Ingatlan-gazdálkodási szempontok miatt önkormányzati tulajdonú, építésre alkalmas telken kell létesíteni.
5. Zöldmezős beruházást kell végrehajtani, mivel ebben az esetben kevesebb a köztűtség (igaz, a telek átminősítése ipari telekké nem egyszerű feladat). Zöldmezős beruházásnál figyelniünk kell arra is, hogy hol nem létesíthető telephely (Natura 2000; jó termőhely, ökológiai szempontból jelentős terület, régészeti lelőhely).
6. Út- és közműcsatlakozások létesítése.

A projekt létrehozásánál rendezni kell a telek- és szolgalmi jogokat, az áramhálózati

és közmű-csatlakozásokat, meg kell kötni a fővállalkozói szerződést. Pénzügyi szempontból számolnunk kell a beruházás közvetlen költségein kívül a beruházás alatti kamattal, a próbák költségeivel, az üzemeltetési költségekkel, az adókkal, illetve a hitel adósságszolgálatával. Egy projekt akkor finanszírozható, ha van fedezet ezekre a költségekre és a befektetői hozamelvárásokra.

A pelletüzem

A betakarított arundobálákat célszerű egy fedett, de levegős tárolóban elhelyezni, ahol nedvességtartalma tovább csökken. 10%-os nedvességtartalom felett a pelletet szárítani kell. Kisebb mennyiség esetén szalagos, nagyobb mennyiség esetén forgódobos szárítót célszerű alkalmazni. Ezekben a mesterséges szárítókban az alapanyag nedvességtartalmát folyamatosan mérni kell, hiszen az esetleges túlszáritás energiafelhasználási többletet jelent. A gazdaságosság figyelembevételével javasolt ezeket a mesterséges szárítókat hulladékhővel üzemeltetni. [11] A pellet alapanyaga tartalmazhat bizonyos szennyezőanyagokat, melyeket a gyártási fázis megkezdése előtt el kell távolítani, majd a tisztított alapanyagot a bemenő értéktől függően egy vagy két fázison keresztül finomítani, hogy kialakuljon a megfelelő szemcseméret.

A préselést megelőzően 70 Celsius-fokos vízpermettel 1-2 tömegszázaléknyi vizet kell adni a keverékhez. Az előkészített alapanyag a pelletáló gép présterébe kerül, ahol az alapanyagot görgők préselik át a pelletmatrica lyukain. Figyelnünk kell arra, hogy az így kapott, még képlékeny anyag hőmérséklete nagyon magas. Javasolt ez esetben ellenáramú levegős hűtőrendszert használni, így a lassú lehűlés során a pelletdarabok szilárdsága stabilizálódik. A lehűlés után egy portalanítási fázis következik, majd a tisztított pelletet ömlesztve vagy egységcsomagokban készítjük elő a raktározásra, illetve szállításra. [12]

Összefoglalás

Láthattuk, hogy a biomassza felhasználása csak körültekintő és fenntartható módon történhet. Az energetikai növény, a termőterület, a telephely kiválasztásánál számos szempontot kell figyelembe vennünk. A projekt teljes életciklusát kell megvizsgálnunk, hogy mind az energia-, mind pedig a szén-dioxid-mérlegünk pozitív legyen. A gazdaságossági szempontoknál pedig a termesztő, a feldolgozó és a felhasználó hármas egységét tartjuk szem előtt a megfelelő méretgazdaságosság kialakítása mellett. Ebben az esetben a kistérségi energiaellátásnak és az energiafüggetlenség megteremtésének egy kiváló eszköze kerülhet a kezünkbe, mely rövid távon is képes választ adni korunk talán egyik legnagyobb kihívására.

Irodalomjegyzék

- [1] *Környezet- és természetvédelmi lexikon I.* Akadémiai Kiadó, 2002.
- [2] Lukács Gergely Sándor: *Kistérségi energiarendszerek.* Szaktudás Kiadóház Zrt. 2011, 89. oldal.
- [3] Dr. Estók Sándor: Kozmikus ellátási lánc a Föld és a Hold között. *Holdlogisztika és holdhasznosítás*, 2015. VIII. évf., 1. szám, 420. oldal.
- [4] Dinya László: Biomassza-alapú energiatermelés és fenntartható energiagazdálkodás. *Magyar Tudomány*, 2010/8., 918. oldal.
- [5] Lukács Gergely Sándor: *Falufűtőmű.* Szaktudás Kiadóház Zrt., 2011, 127. oldal.
- [6] Gyulai Iván: *A biomassza-dilemma.* Magyar Természetvédők Szövetsége, 2008, 51. oldal.
- [7] Bai Attila – Lakner Zoltán – Marosvölgyi Béla – Nábrádi András: *A biomassza felhasználása.* Szaktudás Kiadó Ház, 2002, 196. oldal.
- [8] Dr. Kádár Péter: *Különleges energiaforrások.* Óbudai Egyetem KVK, 2010, 48. oldal.
- [9] Bakosné Diószegi Krisztina: Hazai energiabiztonság növelésének lehetőségei. *Hadtudomány*, IV. évf., 2. szám, 14. oldal.
- [10] www.biomassza.eu/energiaultetveny/ (a letöltés ideje: 2016. 08. 31.)
- [11] Bakosné Diószegi Mónika: Lágyszárú mezőgazdasági növényekből előállított pellet vizsgálata, az energiabiztonság növelését szolgáló lehetőség szempontjából. *Hadmérnök*, II. évf., 3. szám, 2008, 20. oldal.
- [12] www.pelletkazan.org/pelletgyartas-fazisai (a letöltés ideje: 2016. 09. 05.)

Biomass: the Possible Alternative for Local Energy Supply

HAUBER GYÖRGY

The Hungarian agriculture has outstanding capabilities. It represents 80% of the renewable energy sources, which is a considerable share. Many might think therefore, that we could become a major power of biomass. However, we tend to forget, that every question needs to be examined on a system level. Bioenergy has a lot of possibilities and a lot of barriers at the same time. By examining any energy source, it is important to assess not only the economic or technological, but the sustainability aspects as well. A project based on biomass can only get reasonable and effective, if the triple unit of producer-processor-utilizer is realized in a given area.

Keywords: bioenergy, biomass potential, energy reed, pellets

Üzemi védelmi tervezés az ipari balesetek következményei elhárítására történő felkészülés rendszerében

A veszélyes tevékenységekben jelen lévő veszélyes anyagok tárolása, gyártása és használata magában hordozza a súlyos balesetek bekövetkezésének kockázatát. A közelmúlt eseményeinek tapasztalatai rámutatnak arra, hogy az ipari balesetek katasztrófa-lis hatással lehetnek a veszélyes tevékenység környezetére és az ott lakó állampolgárokra. Jelen cikkben a szerző ismerteti és értelmezi a veszélyes üzemek üzemeltetőivel szemben támasztott belső védelmi tervezési jogszabályi és műszaki követelményeket.

Kulcsszavak: iparbiztonság, ipari balesetek, veszélyes anyagok, veszélyes tevékenységek, belső védelmi terv

Bevezető

A globalizálódás és nemzetköziesedés eredményeként hazánk ipari veszélyeztetettsége emelkedő tendenciát mutat. Az állam kiemelt kormányzati feladata a lakosság biztonságának és biztonságérzetének növelése.

A 2012-ben egységesült katasztrófavédelem – a lakosság élet- és vagyonbiztonságának növelése érdekében – iparbiztonsági jog- és intézményrendszert épített ki.

A hazai iparbiztonsági szabályozás egyik kiemelt feladata a felkészülés az ipari katasztrófák következményeinek elhárítására, a következmények felszámolásának hatékonyabb végrehajtása, valamint a lakosságvédelmi intézkedések eredményes bevezetése. Az ipari katasztrófák elleni védekezés hatékonyságának fokozása a katasztrófavédelem iparbiztonsági szervezetrendszerének erősítése és a károk elhárítására szolgáló felkészülési intézkedések eredményességének növelése útján érhető el. A felkészülés kiemelten fontos eszköze a kockázatelemzésre épülő üzemi és települési védelmi tervezés.

Jelen cikkben a szerző ismerteti és elemzi a belső védelmi tervezéssel és a belső védelmi tervekkel szemben támasztott, az üzemeltetőket érintő jogszabályi és műszaki követelményeket.

A súlyos balesetek elleni védekezés főbb szabályai

A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. (katasztrófavédelmi) törvény és a végrehajtását szolgáló a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) kormányrendelet (a továbbiakban: kormányrendelet vagy együtt: Kat.) – *a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleseti veszélyek ellenőrzéséről szóló 2012/18/EU Tanácsi Irányelvvel* (SEVESO III. irányelvvel) megegyezően – egyértelműen meghatározza a szabályozása hatálya alá tartozó veszélyes tevékenységek körét, a tevékenységgel kapcsolatos hatósági feladatokat, a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek üzemeltetőinek, az önkormányzatoknak a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzésével, az azokra történő felkészüléssel és azok elhárításával kapcsolatos feladatait, meghatározza továbbá a közvélemény tájékoztatásával kapcsolatos kötelezettségeket.

Veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemre és létesítményre építési engedély csak a hatóság katasztrófavédelmi engedélye alapján adható. Veszélyes tevékenység kizárólag a hatóság katasztrófavédelmi engedélyével végezhető. A szabályozás lényeges része a veszélyes tevékenységekkel kapcsolatos hatósági hozzájárulás.

Az iparbiztonsági hatósági eljárás alapja a biztonsági dokumentáció: a biztonsági jelentés, elemzés vagy súlyos káresemény elhárítási terve. Az okmány rendeltetése az, hogy az előírt tartalmi és formai követelmények alapján az üzemeltető bizonyíthassa, hogy

- az általa folytatott veszélyes tevékenység nem jár a jogszabályban meghatározottnál nagyobb kockázattal,
- minden elvárhatót megtett az esetleges súlyos baleset megelőzése és a következmények elhárítása érdekében.

A Kat. a IV. fejezetében rögzíti, hogy a veszélyes anyagok okozta súlyos balesetekkel kapcsolatos hatósági tevékenység a hivatásos katasztrófavédelmi szervekre épül. A hatóság a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek felügyeletére létrehozott szervezete útján folyamatosan ellenőrzi többek között azt, hogy az üzemeltető megfelelő erővel, eszközökkel és infrastruktúrával rendelkezik-e a súlyos balesetek következményeinek felszámolásához vagy csökkentéséhez, a biztonsági jelentésben közölt információk megfelelően tükrözik-e az üzemben felállított irányítási rendszer, haváriaszervezetek és általában a súlyos balesetek elleni védelemhez szükséges rendszerek állapotát.

A katasztrófavédelmi törvény az üzemeltető kötelezettségévé teszi annak bizonyítását, hogy minden elvárhatót megtett a súlyos balesetek megelőzése és hatásai csökkentése érdekében. A veszélyeztető hatás függvényében az üzemeltető kötelezhető adatszolgáltatásra, továbbá a veszélyes tevékenységgel összefüggő események előírt tartalmi és formai követelmények szerinti jelentésére. [1, 3. §]

Az üzemeltetőt terhelik a belső védelmi tervben meghatározott feladatokhoz kapcsolódó költségek. Így a súlyos baleset megelőzéséhez, hatásai elleni védekezéshez kapcso-

lódó irányítási rendszer és annak infrastruktúrája, a védelmi szervezetek megalakítása, felkészítése, felszerelése és esetleges alkalmazása.

A külső védelmi tervben meghatározott feladatok végrehajtásáért az állam a felelős. A végrehajtás feltételeit is az állam biztosítja. A védelmi szervezetek, eszközrendszerek többségénél ugyanis nem határozható meg, hogy ez mely veszélyforrások elleni védelmet szolgál kizárólag. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a fejlesztési és fenntartási költségeket részben vagy egészben ne fedezhetné a veszélyes üzem, mert ehhez a közvélemény formálása céljából érdeke fűződik.

Az 1. táblázat az üzemeltetői státusztól függő dokumentációkészítési kötelezettséget szemlélteti.

1. táblázat: Súlyos baleseti dokumentációs rendszer [2]

Küszöbérték alatti üzem	Alsó küszöbértékű veszélyes anyaggal foglalkozó üzem	Felső küszöbértékű veszélyes anyaggal foglalkozó üzem
–	Biztonsági elemzés	Biztonsági jelentés
Súlyos káresemény elhárításának terve	Belső védelmi terv	
Hatósági döntés alapján külső védelmi terv	Külső védelmi terv	
–	Településrendezési tervezés	
Kat. tv. alapján	SEVESO III. irányelv szerint	

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló jogi szabályozás magyarországi jogintézményeit, a végrehajtandó intézkedéseket és az alkalmazott eszközrendszert három fő időszakba lehet sorolni:

1. a megelőzési és felkészülési időszak;
2. a védekezési (balesetelhárítási) időszak és
3. a helyreállítás időszaka.

A felkészülési intézkedések az alábbiak az üzemeltető részéről:

- javaslat készítése a veszélyességi övezet kijelölésére (nem kötelező);
- belső védelmi terv készítése, felülvizsgálata, oktatása és begyakoroltatása.

Az iparbiztonsági hatóság pedig a következő feladatokat végzi:

- a veszélyességi övezet kijelölése;
- a veszélyességi övezetbe tervezett fejlesztések ellenőrzése;
- a belső védelmi terv minősítése és a begyakorlás ellenőrzése;
- külső védelmi tervezés, felülvizsgálat, gyakoroltatás,
- lakossági tájékoztatás és a nyilvánosság biztosítása, egyéb kapcsolódó katasztrófa-védelmi feladatok.

A biztonsági jelentés és elemzés az üzemeltető által készített dokumentum, amely – a felkészülési intézkedések oldaláról vizsgálva – annak bizonyítására szolgál, hogy az üzemeltető rendelkezik működőképes belső védelmi tervvel. A jelentésnek elegendő információt kell szolgáltatnia a külső védelmi tervek elkészítéséhez és a hatósági döntés kialakításához. A biztonsági jelentésnek szerves része a biztonsági irányítási rendszer. Ez kiterjed az üzemi eljárási rendekre, a szervezeti felépítésre, a felelősségi körökre és az üzemzavart megelőző feladatokra. A biztonsági jelentés és a biztonsági elemzés rendelkezik olyan fejezettel, amelyben az üzemeltető tájékoztatja a lakosságot az üzem tevékenységéről, az alkalmazott veszélyes anyagokról és technológiákról, az esetleges súlyos balesetek károsító hatásairól és az ellenük való védekezés elvi lehetőségeiről. [3]

A belső védelmi terv követelményei

A katasztrófavédelmi törvény előírása szerint a belső védelmi terv „a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek kialakulásának megelőzését, a balesetek elhárítását, következményeinek mérséklését szolgáló intézkedések megtételét, az értesítési, riasztási, felkészítési feladatok veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemben, veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményen belüli végrehajtásának rendjét, feltételeit szabályozó üzemeltetői okmány.” [1, 3. §]

Az üzemeltetőnek a biztonsági jelentésben vagy elemzésben szereplő veszélyek következményeinek elhárítására belső védelmi tervet kell készítenie. A belső védelmi tervben megjelölt feladatok végrehajtásához szükséges feltételeket szintén az üzemeltetőnek kell biztosítania. A belső védelmi terv készítésébe nemcsak a saját dolgozókat, hanem minden tartósan foglalkoztatott alvállalkozót is be kell vonni, illetve annak tartalmát az alvállalkozók alkalmazottjaival is meg kell ismertetni, továbbá őket a terv rájuk eső feladataira is fel kell készíteni.

A belső védelmi terv a biztonsági jelentés vagy elemzés melléklete, elkészítésére ezekkel egy időben kerül sor. A belső védelmi terv felülvizsgálatát legalább háromévenként, továbbá a biztonsági jelentés vagy a biztonsági elemzés soron kívüli felülvizsgálata esetén is el kell végezni. Erről jegyzőkönyvet kell készíteni, és azt a hatóságnak meg kell küldeni. Ha a felülvizsgálat kapcsán a belső védelmi tervet módosítják, akkor azt is meg kell küldeni a hatóságnak.

Az üzemeltető a belső védelmi tervben foglaltak megvalósíthatóságát rendszeresen ellenőrzi. Ennek érdekében évente folytat le olyan gyakorlatot, ahol a tervben megjelölt szervezetek valamely részét (üzemi gyakorlat), valamint háromévente olyan gyakorlatot, ahol a tervben megjelölt szervezetek egészét gyakoroltatja (komplex üzemi gyakorlat). Az üzemeltetőnek a gyakorlat időpontjáról a hatóságot legalább 30 nappal a gyakorlat előtt értesítenie kell. Az üzemeltető a gyakorlat tapasztalatait jegyzőkönyvben rögzíti, amelyet a hatóság részére a gyakorlatot követő 30 napon belül megküld. Az üzemeltető a veszélyes anyagokkal

kapcsolatos súlyos baleset vagy a veszélyes anyagokkal kapcsolatos üzemzavar bekövetkezése esetén a belső védelmi tervben foglalt intézkedéseket azonnal foganatosítja. [4]

A belső védelmi tervben az üzemeltető a védekezési feladatokat módszeres elemzéssel feltárja, majd meghatározza a végrehajtási feltételeket, személyeket, erőket és eszközöket. Fontos követelmény, hogy a belső védelmi tervben megjelölt feladatok arányban álljanak a biztonsági jelentésben vagy biztonsági elemzésben leírt veszélyeztetéssel, a megjelölt szervezetek, erők és eszközök pedig legyenek képesek a súlyos balesetek megelőzésére, következményeinek csökkentésére. Az üzemeltetőnek kell megteremteni a belső védelmi tervben megjelölt feladatok végrehajtásához szükséges mindennemű feltételt: megalakítja, felkészíti és a megfelelő eszközökkel felszereli a védekezésben érintett végrehajtó szervezeteket, továbbá létrehozza a védekezéshez szükséges üzemi infrastruktúrát. A második táblázat az erők, eszközök és védelmi infrastruktúra elemeit szemlélteti.

2. táblázat: Példák a védelmi tervben megadott erőkre, eszközökre és védelmi infrastruktúrákra (a [3] alapján a szerző saját szerkesztése)

Erők	Eszközök	Védelmi infrastruktúra
Az irányítás erői: a kárelhárítást irányító felelős vezető és törzs. A kárelhárítást végrehajtó szervezetek (létesítményi tűzoltók, műszaki mentők, vegyi felderítők, mentesítők, elsősegélynyújtók stb.). Dolgozók, akik saját munkakörük ellátásával végzik veszélyhelyzeti feladataikat (például: a portás végzi a riasztást, a laboratórium a vegyi kimutatást, az operátor az automata oltóberendezés működtetését stb.)	Egyéni védőeszközök, tűzoltó eszközök, szaktechnikai eszközök (vegyi kimutató, mentesítő, ARH-kimutató, műszaki mentő eszközök, híradó eszközök, riasztó eszközök, elsősegélynyújtó felszerelés stb.), szállító eszközök.	Tűzjelző és monitoring rendszerek, automata, fél-automata oltórendszerek, habrendszer, tűzivíz-hálózat, riasztórendszer stb.

A belső védelmi terv alaptervből, valamint a megjelölt veszélyhelyzeti feladatok végrehajtását előíró és a más szükséges teendőket tartalmazó mellékletekből áll. E mellékletek átemelhetők más jogszabály alapján elkészített dokumentumokból, amennyiben a belső védelmi terv így eleget tesz a fent megadott követelményeknek. A belső védelmi tervben megjelölt feladatok végrehajtásához biztosíthatók más jogszabály alapján létrehozott, e feladatok ellátására alkalmas erők és eszközök, amennyiben az ott meghatározott feladataikat nem akadályozza ez, és a fenti követelményeknek is eleget tesznek.

A belső védelmi terv része a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés és a hatások csökkentésére irányuló tevékenység leírása, amely a következő részekből áll:

- a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos baleset következtében kialakuló helyzetek, a hatások elleni védekezéssel kapcsolatos feladatok, a védekezésbe bevont szervezetek, erők és eszközök;
- a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésbe bevonható üzemi infrastruktúra, berendezések és anyagok;
- az üzemi dolgozók védelme érdekében hozott intézkedések, beleértve a riasztásuk és a riasztás vételét követő magatartási rendszabályok.

A belső védelmi terv első fejezete azoknak a súlyos baleseti eseményeknek a felsorolását tartalmazza, amelyek során az üzemi erőket, eszközöket és infrastruktúrát alkalmazni kívánjuk. A felsorolásban meghatározzuk az elvégezni kívánt feladatokat, illetve azok erő- és eszközigényét. Ezt összehasonlítjuk a rendelkezésünkre állókkal. Így bizonyítjuk, hogy az üzemeltető teljesíti a vonatkozó követelményt. Figyelembe kell venni azt, hogy adott esetben csak a ténylegesen rendelkezésre álló erők és eszközök alkalmazhatók.

Az üzemben tartózkodók két részre oszthatók:

- saját dolgozók és az alvállalkozók munkavállalói, akiknek feladatuk van a kárelhárításban és
- dolgozók (esetleg ügyfelek vagy más okból ott tartózkodók), akiknek nincs szerepük a kárelhárításban.

Ez utóbbiak veszélyhelyzeti tájékoztatását (riasztását) és kimenekítését biztosítani kell. [4]

A veszélyhelyzeti irányítás részei:

- a veszélyhelyzeti irányító szervezet;
- a védekezési tevékenységet elindító, a védekezést irányító és más megjelölt, feladat- és hatáskörrel bíró személyek neve, beosztása és elérhetőségi adatai;
- a külső szervekkel kapcsolatot tartó, valamint a külső védelmi tervvel, a veszélyhelyzeti értesítéssel és adatszolgáltatással kapcsolatos üzemi tevékenységet végző személyek neve, beosztása és elérhetőségi adatai;
- az irányításhoz, a helyzet értékeléséhez és a döntések előkészítéséhez szükséges technikai infrastruktúra.

A veszélyhelyzeti feladatok megoldásában az első a riasztás. A belső védelmi tervben legalább kétfajta riasztási sémát kell megadni: egyet a munkaidőben történő riasztáshoz, egyet pedig a munkaidőn kívüli riasztáshoz. A riasztási tervben meg kell adni a riasztás útját az észlelő személytől az irányító és végrehajtó személyek riasztását ténylegesen végrehajtó személyig (személyekig). A riasztási tervben meg kell jelölni a név mellett az elérhetőséget, illetve a beérkezésig végrehajtandó feladataikat. A riasztási terv naprakészége nagyon fontos, ezért folyamatosan pontosítani kell. A belső védelmi tervben

meg kell adni a riasztáshoz, illetve az irányításhoz felhasználható technikai eszközöket, infrastruktúrát. [5]

A külső védelmi tervhez kapcsolódó feladatok leírása az alábbi részekből áll:

- a külső védelmi terv beindításáért felelős szervezet riasztásának módja, a riasztáskor közzendő információk;
- a helyzet kialakulását követő részletes információk tartalma és az információk átadásának módja;
- a veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem környezetében kialakult veszélyhelyzet elhárításához a segítségnyújtás lehetőségei és annak feltételei.

A védekezési tevékenységben érintett személyek felkészítésével (a terv begyakorlásával) kapcsolatos követelményeket a következőkben lehet összefoglalni.

A belső védelmi tervben megjelölt feladatokat a kockázatelemzés során feltárt valamennyi súlyos baleseti eseménysor és a lehetséges következményeik alapján határozzuk meg. A megjelölt feladatok végrehajtásához az üzemeltető rendelkezik minden feltétellel:

- elegendő és megfelelően felkészített, gyakoroltatott védelmi erővel,
- megfelelő minőségű, mennyiségű és műszaki állapotban lévő felszereléssel,
- megfelelő volumentű és műszaki állapotban lévő üzemi védelmi infrastruktúrával.

A veszélyhelyzeti feladatok irányítására a szervezet akkor mondható alkalmasnak, ha rendelkezik megfelelően kiválasztott vezetési ponttal és a vezetéshez alkalmas technikai infrastruktúrával (híradás, döntés-előkészítés, dokumentumok stb.). A végrehajtó szervezet alkalmas a feladatai ellátására, ha:

- az erők és eszközök elegendőek és alkalmasak bármelyik, a belső védelmi tervben számukra megjelölt feladat végrehajtására,
- rendelkeznek minden adekvát egyéni védőfelszereléssel, szakfelszereléssel, híradó eszközzel, anyaggal, továbbá azok elhelyezése alkalmas az operatív alkalmazásra,
- reális idő alatt elvégezhetők a megjelölt feladatok,
- felkészítésük és gyakoroltatásuk az előírtaknak megfelelően megtörtént.
- A belső védelmi terv gyakorlata megfelelőnek értékelhető, ha:
- figyelembe vették, hogy adott évben üzemi vagy komplex üzemi gyakorlat végrehajtása esedékes,
- a gyakorlat levezetéséhez megfelelő levezetési tervvel rendelkeznek, amelyben helyesen választották meg a gyakorlat céljait, a céloknak megfelelő feladatok végrehajtását gyakorolják,
- a gyakorlat végrehajtása során megfelelő szakmai színvonalon hajtják végre a szakfeladataikat. [6]

Összegzés és következtetések

A belső védelmi terv készítésének alapja a biztonsági jelentésben (elemzésben) feltárt súlyos baleseti veszélyeztetés. A belső védelmi terv készítésének lényege az, hogy ebben a dokumentumban az üzemben jelen lévő veszélyes anyagok veszélyeivel összhangban tervezik meg a súlyos balesetek következményeinek csökkentésére irányuló feladatokat, így bizonyítják, hogy azok végrehajtására megfelelő irányító és végrehajtó szervezetekkel rendelkeznek, továbbá ezek felszerelése és a felkészítése lehetővé teszi hatékony alkalmazásukat.

A belső védelmi terv ugyanakkor hatékony segítséget jelent a súlyos baleseti veszélyek elhárításában, mivel konkrét számvetéseket, riasztási és értesítési rendet, a feladatok végrehajtásához szükséges adatbázisokat, gyakorlatban használandó információkat tartalmaz.

A feladatok tartalmának és volumenének ismerete lehetővé teszi az erők, eszközök és anyagok felmérését. Bizonyítani kell, hogy a védelmi szervezet, a felszerelés, a lefolytatott és a jövőben tervezett belső védelmi felkészítés, az üzemi infrastruktúra, továbbá a megjelölt és reálisan igénybe vehető külső elhárító erők és eszközök lehetővé teszik a felvázolt feladatok reális időben történő elvégzését.

A belső védelmi tervben helyet kapnak azok az intézkedések is, amelyek célja az üzemi dolgozók védelme a súlyos balesetek következtében kialakuló károsító hatásoktól: az egyéni és kollektív védelmük, az elzárkózásuk, az irányadó magatartási szabályok figyelembevétele. A belső védelmi tervben külön fejezetet kapnak az irányító és a végrehajtó szervezetek, továbbá a veszélyeztetett üzemi dolgozók veszélyhelyzeti feladataira történő felkészítés, a feladatok gyakoroltatására vonatkozó elvárások.

A fentiek alapján a tervek teljesítik a jogszabályi kritériumokat, amennyiben az üzemeltető a tényleges veszélyeztetettségéből indult ki, a veszélyeztetésre releváns feladatokat határozott meg, a feladatokhoz megfelelő számvetéseket alkalmazott, továbbá megfelelő felkészítési és gyakoroltatási rendszert tervezett.

A belső védelmi tervben a súlyos baleseti eseménysorok leírását általában a biztonsági dokumentáció megfelelő részéből veszik át. A súlyos balesetek leírását el kell végezni, illetve a jobb átláthatóság érdekében az összefoglalást táblázatos formában is célszerű megjeleníteni, ami rendszerint elmarad a belső védelmi tervekből.

Általános hatósági tapasztalat az, hogy a belső védelmi tervekben hiányos a szervezetek, az erők és eszközök megnevezése. Ezek felsorolása önmagában nem elegendő, mert a mentésben, a kárelhárításban való részvételhez tudni kell a teljesítményadataikat is. Emellett még fontos az erők és eszközök készenléti ideje, elhelyezkedése, csoportosítása. Mindez együttesen biztosítja azt, hogy a bemutatott védekezési igényeknek megfelelően és a rendelkezésre álló erőkkel és eszközökkel a védekezés megoldható.

A veszélyeztetés bemutatását követő lépés a kárelhárítási feladatok meghatározása.

Ilyenek lehetnek például: a tüzek oltása, a kifolyt mérgező anyag habbal lefedése, vegyi mentesítése, közömbösítése, ártalmatlanítása, a meteorológiai felderítés, a veszélyes anyagok minőségi és mennyiségi kimutatása, a kárelhárító erők egyéni védelmének biztosítása, a kimenekítés, az elzárkózás, a riasztás, az értesítés, az elsősegélynyújtás, a sérültszállítás, az orvosi ellátás, a riasztás stb.

A 2006 óta országosan végrehajtott gyakorlatok tapasztalatai alapján általánosságban elmondható, hogy a beavatkozó erők a kiképzésük, felkészültségük alapján képesek a feltetelezett káresemények felszámolására. Egyes káresemények felszámolása során azonban kiderült, hogy a szükséges eszközök (egyéni védőfelszerelés, gázkoncentrációt mérő eszközök, robbanásbiztos rádió, menekülőkámzsa, védőruha, a gázálarc szűrőbetétje, légzésvédő csecsemőknek) nem vagy korlátozott mértékben állnak a beavatkozók rendelkezésére.

Irodalomjegyzék

- [1] A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény.
- [2] Kátai-Urbán Lajos: *Veszélyes üzemekkel kapcsolatos iparbiztonsági jog-, intézmény- és eszközrendszer fejlesztése Magyarországon*. Budapest, Nemzeti Közszerológiai Egyetem, 2015.
- [3] Cimer Zsolt – Szakál Béla: Control of major-accidents involving dangerous substances relating to combined terminals. *Science For Population Protection*, 6:(1) pp. 1–11. (2015)
- [4] A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről 219/2011. (X. 20.) kormányrendelet.
- [5] Bognár Balázs – Kátai-Urbán Lajos (szerk.) – Kossa György – Kozma Sándor – Szakál Béla – Vass Gyula: *Iparbiztonságtan I. Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetők és hatósági feladatok ellátásához*. Budapest, Nemzeti Közszerológiai és Tanácskiadó, 2013.
- [6] Szakál B. – Cimer Zs.: Major Disaster Recovery Plans. *Science For Population Protection*, 6:(1) p. 7. (2014)

Internal Emergency Planning In the System of Preparation for the Elimination of the Consequences of Industrial Accidents

KÁTAI-URBÁN IRINA

Storage, processing and use of dangerous substances present in hazardous activities involve the risk of major accidents. Experiences of recent history show that industrial accidents can result in catastrophic effects to the environment of the dangerous industrial establishment and citizens living there. In this article the author introduces and analyses the legal and technical requirements of the dangerous establishments' emergency plans.

Keywords: industrial safety, industrial accidents, dangerous substances, hazardous activities, internal emergency plan.

Az emberiség szempontjából igen fontos mérföldkőhöz értünk el a radioaktivitás felfedezésével. Ennek köszönhetően számos kutatási terület hatalmas fejlődésen ment keresztül. Azonban akár a polgári, akár a katonai célú felhasználást vizsgáljuk, minden esetben arra is kell gondolnunk, milyen környezeti hatásokkal kell számolnunk e technológiák felhasználása során. Ennek fontossága már kezdetek óta ismert, ezért az atomenergia sokrétű felhasználhatósága mellett annak potenciális veszélyeivel, biztonságos alkalmazásának előírásaival kezdettől fogva párhuzamosan foglalkoznak a tudomány képviselői. Jelen cikkben a szerzők a tárgyban készült nemzetközi és hazai szakirodalom összefoglalását és értékelését végzik el.

Kulcsszavak: radioaktivitás, környezeti hatás, nukleáris veszélyhelyzet, sugárvédelem

Bevezetés

Az emberiség történelmét jelentősen befolyásoló, meghatározó tudományos felfedezés volt a radioaktivitás és annak ipari, technológiai alkalmazása. Az atomerőművek világszerte hatalmas szerepet kapnak, köszönhetően hasznosságuknak, de egyben veszélyesek is a rendszer meghibásodása esetén, ami jelentősen károsíthatja a környezetet. Éppen ezért az atomerőművek szabályos üzemeltetése, a biztonsági előírások betartása ugyanolyan fontos, mint egy nukleárisbaleset-elhárítási terv kidolgozása egy nukleáris veszélyhelyzet esetére.

Az atomerőmű normál üzemi körülmények között környezetbarát, de a környezeti hatások értékelésekor nem szabad megfedkezni az üzemzavarokról és a balesetekről, valamint azok lehetséges következményeiről sem. Az atomerőművekben bekövetkezett balesetekkel kapcsolatosan sok téves nézet terjedt el. A baleset fogalma sem pontosan tisztázott.

A nukleáris veszélyhelyzetbe beleértendők a nukleáris és a sugárzó anyagokkal végzett tevékenység következtében előálló veszélyhelyzetek. Vagyis a nukleáris veszélyhelyzet kifejezés egyaránt utal nukleáris létesítményben kialakuló nukleáris veszélyhelyzetre (nukleáris létesítményi vészhelyzet) és a radioaktív anyagot alkalmazó létesítményben

vagy radioaktív anyaggal végzett tevékenység következtében kialakuló nukleáris veszélyhelyzetre (radiológiai veszélyhelyzet).

Cikkünkben – az előzőekben leírtakat szem előtt tartva – részletesebben kitérünk a vonatkozó jogi szabályozásra, a nukleáris energia szerepére és annak veszélyeire.

Az atomenergetikával kapcsolatos jogi szabályozás elemzése

Nemzetközi jogszabályi környezet

Az atomenergia sokrétű felhasználhatósága mellett annak potenciális veszélyeit is hamar felismerték, ezért az alkalmazásának biztonságát szolgáló szabványok, előírások kidolgozása kezdettől fogva párhuzamosan haladt a technika fejlesztésével. Ennek következtében az atomerőművek létesítésének megindulásakor már rendelkezésre álltak a nemzeti szabályozási keretek, és nemzetközi szinten is megfogalmazták az elvárásokat. Ez utóbbiak egyrészt egyezményekben, másrészt a nemzetközi szervezetek ajánlásaiban jelentek meg.

E téren kiemelkedő jelentősége van az ENSZ keretében működő Nemzetközi Atomenergia Ügynökségnek (NAÜ), amely elősegíti az atomenergia békés célú felhasználásával kapcsolatos nemzetközi együttműködést és megfogalmazza az atomenergia békés célú felhasználásának alapvető követelményeit (biztonsági normáit). Ugyancsak az ENSZ keretében tevékenykedik az Atomsugárzás Hatásait Vizsgáló Tudományos Bizottság (UNSCEAR). Ez hosszú időn át elsősorban a nukleáris sugárzásoknak az emberi szervezetre gyakorolt veszélyes hatásait értékelte, s csak az utóbbi időszakban foglalkozott az atom-sugárzás környezeti hatásaival.

A csernobili balesetet követően a NAÜ keretében a tagországok példa nélküli gyorsasággal dolgozták ki a nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről, valamint a nukleáris baleset vagy radioaktív veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló egyezményt. [1]

A NAÜ égisze alatt létrejött egyezmények ajánlásai szerint az országoknak arra kell törekedniük, hogy kétoldalú egyezményeket fogadjanak el az érintett országok közötti közvetlen együttműködés kialakítására. A fentiekben említett két, alapvető jelentőségű sokoldalú nemzetközi egyezmény hazai végrehajtásának általános feladatairól külön kormányrendeletek intézkednek. [2]

Hazai jogszabályi környezet

A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények jogszabályi előírásként az 1996-os, atomenergiáról szóló törvényben [3] jelentek meg először Magyarországon. A törvény a nukleárisbaleset-elhárítást mint az atomenergia biztonságos alkalmazásának egyik fő ténye-

zójét az alapelvek között említi, és kitér az e téren való fejlesztés és oktatás fontosságára. A törvény az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) feladatkörébe utalja a nukleáris balesetek elhárításával kapcsolatos hatósági feladatok ellátását, valamint az ezzel összefüggő tájékoztatási tevékenység összehangolását és ellátását. [4] A törvény a nukleáris létesítmények engedélyese feladatául szabja a balesetelhárítási intézkedési tervek (BEIT) elkészítését és annak jóváhagyását az illetékes hatóságokkal. [3]

Az atomtörvény végrehajtási rendeletei több tekintetben tovább bontották a követelményeket. A már hatályát veszített 87/1997. (V. 28.) kormányrendelet [5], az OAH és a ma már nem létező Országos Atomenergia Bizottság (OAB) feladat- és hatásköréről szóló rendelet az OAH feladatkörébe utalta a javaslatétel jogát az OAB elnöke részére a nukleárisbaleset-elhárítási felkészülési és végrehajtási követelmények meghatározására, továbbá feladatául szabta a követelmények teljesülésének ellenőrzését. [6]

Az atomtörvény végrehajtásával kapcsolatos 248/1997. (XII. 20.) kormányrendelet az Országos Nukleáris Baleset-elhárítási Rendszerről (ONER) [7] módosított formában még ma is érvényben van. A ma már nem hatályos 108/1997. (VI. 25.) kormányrendelet [8] szerint a nukleáris létesítményeknek a már kialakult nukleáris veszélyhelyzet felmérésére, korlátozására és elhárítására készülő BEIT megalkotása mellett baleset-elhárítási szervezeteket kell létrehozniuk. A BEIT jóváhagyásához a rendelet szerint az OAH hozzájárulása szükséges.

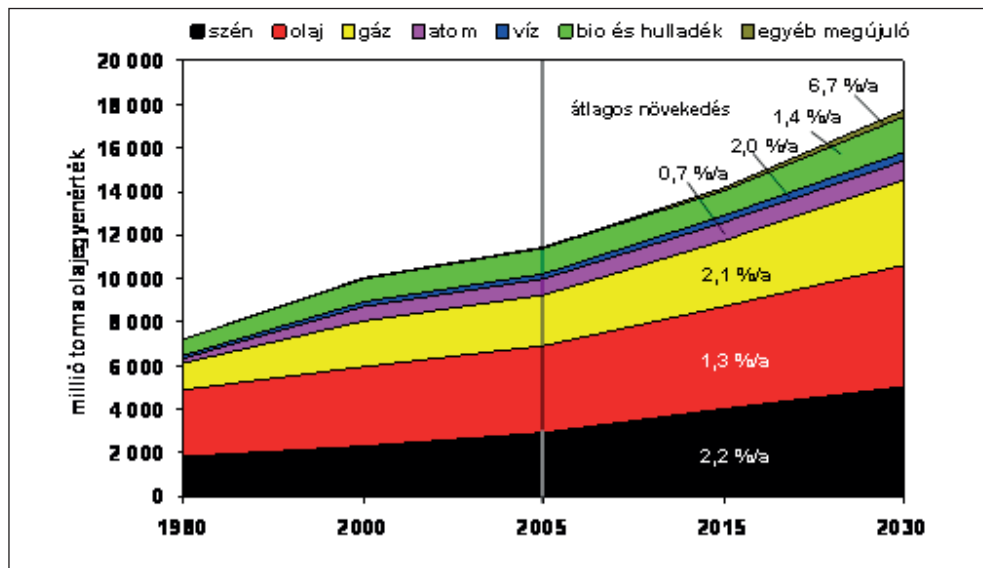
A rendelet mellékleteként jelentek meg a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (NBSZ) [9], amelyek az atomerőműveknél korlátozott mértékben tovább pontosítják a nukleárisbaleset-elhárítási előírásokat. A fenti kötelező érvényű jogszabályokon túl 2002 végén megjelent a jelenleg is érvényes, az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv (OBEIT) 5.3.1. fejezetéhez kapcsolódó OBEIT 5.1. útmutató: a Szervezeti Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv kidolgozása és folyamatos karbantartása. [10]

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz az ONER-szervek számára saját nukleárisbaleset-elhárítási intézkedési tervük kidolgozásához, felülvizsgálatához. Az útmutató célja, hogy a tervek kidolgozása, felülvizsgálata során egységes szempontrendszer érvényesüljön, és így a tervek összhangban álljanak egymással és az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Tervvel.

A nukleáris energia szerepe napjainkban

Az energia kezdetektől fogva fontos szerepet játszik mind az élettelen, mind pedig az élő környezet kialakulásában. Amennyiben visszatekintünk a történelemben, jól nyomon követhető, hogy egy új energiaforrás megjelenése mekkora technológiai fejlődést vont maga után. Elég, ha csak az ipari forradalom hatására kialakuló robbanásszerű gazdasági, társadalmi, szellemi, műszaki fejlődést vesszük figyelembe.

Az energiaigény azonban – az előrejelzések szerint – tovább fog növekedni, mint ahogy az a 1. ábrán is látható. Az eddigi tendencia azt mutatja, hogy 1970 és 2000 között az energiaigény megduplázódott, és ez a tendencia az elkövetkező harminc évben is megmarad. [11]



1. ábra: A világ primerenergia-igényének változása (1 millió tonna olaj = 41,868 PJ) [12]

Azonban a Föld energiakészlete véges. A fenntartható fejlődés érdekében törekednünk kell arra, hogy minél észszerűbben és minél jobb hatásfokkal használjuk fel a különböző energiahordozókat.

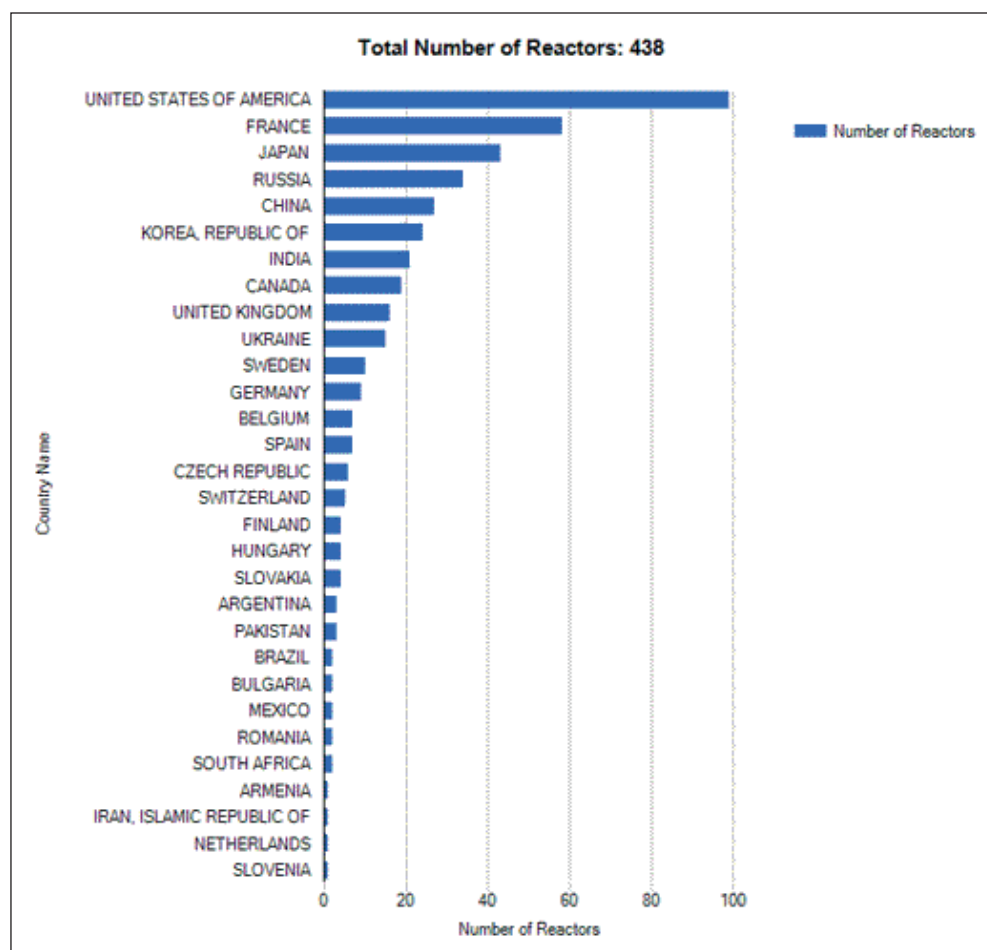
Az emberiség számára alapvetően három energiatermelési mód áll rendelkezésre: a fosszilis energia (szén, kőolaj, földgáz), a megújuló energia (vízi, szél-, napenergia) és az atomenergia. Mint az az 1. ábrából látható, jelenleg a megtermelt villamos áram nagy részét a fosszilis energiaforrásból nyerjük.

A világ energiatermelése napjainkban elérte azt a szintet, ami globális környezeti problémákhoz vezet. Elsősorban az üvegházhatású szén-dioxid kibocsátása miatt, de az egyéb, például a kén-, nitrogénvegyületek is káros hatással vannak a környezetre. Az energianövekedés azonban nem feltétlenül kell környezetkárosodással járnia. Mérlegelve az előző gondolatokat, számításba jöhet a nukleáris energiára alapozott energiatermelés.

Az atomenergia alapvetően környezetbarát. Ez könnyen belátható, ha az egy maghasadásból felszabaduló körülbelül 200 millió elektronvolt energiát hasonlítjuk össze az egy szénatom elégetéséből felszabaduló mintegy 10 elektronvolt energiával. Ebből az arányból következik, hogy azonos mennyiségű energia termeléséhez az atomerőműben 10-20 milliószor kevesebb üzemanyag szükséges, mint a szén-erőműben, és ugyanez az arány vo-

natkozik a keletkezett hulladék mennyiségére is. Ez az arány önmagában is nyilvánvalóvá teszi az atomenergia környezetbarát voltát.

Az energia-felszabadulási aránynak van még egy további érdekes következménye. Egy szénerőmű több radioaktív anyagot bocsát a környezetébe normál üzemi körülmények között, mint egy atomerőmű. [13] Ez az állítás első hallásra abszurdnak tűnik. Mégsem az, hiszen a legtöbb kőzet tartalmaz kisebb-nagyobb mértékben radioaktív anyagokat (pl. tóriumot, uránt). A kibányászott szén radioaktív tartalma nem nagy, gyakorlatilag elhanyagolható. Tekintettel azonban arra, hogy a szénerőművek üzemanyag-fogyasztása, mint láttuk, mintegy 10-20 milliószorosa az azonos teljesítményű atomerőművek uránfogyasztásának, és mert az atomerőműben keletkező radioaktív anyagok többsége nem kerül a környezetbe, a szénerőműből viszont igen, így a fenti állításunk már nem is olyan meglepő.



2. ábra: A világon található reaktorok száma [15]

Az atomerőmű kiégett fűtőelemeit természetesen soha senki sem akarta egyszerűen a környezetbe kibocsátani, ez veszélyességük miatt nem is lenne lehetséges. A szén elégetésének terméke ezzel szemben a környezetbe kerül. Ez lehetséges, és ezt a szén (vagy olaj-, gáz-) energiatermelés előnyének szokták tekinteni. Normál üzemi körülményeket figyelembe véve az atomenergia hatása a környezetre biztosan sokkal kedvezőbb, mint a szén elégetésén alapuló bármely energiatermelés.

A világ 30 országában jelenleg 438 atomerőművi blokk (reaktor) működik, mint az látható a 2. ábrán, ebből Európán belül 185 található (3. ábra). E harminc között van a világ legtöbb fejlett országa és sok fejlődő gazdaság is. Ezekben az országokban az atomenergia jelentősége különböző, például Franciaország villamos energiájának 75%-át biztosítják atomerőművek. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) elemzői szerint a nukleáris energiatermelés előretörése leginkább a Távol-Keleten és Dél-Ázsiában figyelhető majd meg, elsősorban az óriási fejlődési ütemet produkáló, ezért rendkívül energiaéhes Kínában és Indiában. [14]



3. ábra: Az Európában található reaktorok száma [16]

Az atomenergia kockázatainak áttekintése

Mint ahogy már korábban említettük, az atomerőmű normál üzemi körülmények között környezetbarát, de a környezeti hatások értékelésekor nem szabad megfedkezni az üzemzavarokról és balesetekről, valamint azok lehetséges következményeiről sem.

Az IAEA által kiadott INES (International Nuclear Event Scale, nemzetközi nukleáris eseményskála) besorolása szerint a biztonságot érintő rendellenességek hét csoportra oszthatóak.



5. ábra: Az INES eseményskála [17]

A besorolás egyik szempontja a telephelyen kívüli környezeti hatás, a másik a telephelyen belüli hatás, végül figyelembe veszik azt is, volt-e további potenciális veszély, azaz fennállt-e annak a lehetősége, hogy súlyosabb eseményekre is sor kerüljön. Ha egy esemény a fenti szempontok szerint különböző csoportba kerülne, akkor mindig a magasabbat kell figyelembe venni. Az első négy csoport olyan rendellenességeket jelent, amelyek esetében a környezet nem károsodik, azaz nincs telephelyen kívüli hatás. Ez a négy csoport természetesen igen különböző eseményeket jelent.

Az első csoportba tartozó esemény neve rendellenesség, viszonylag gyakori (minden erőműben előfordul, egy-két évente egy, esetleg több is), következményei jelentéktelenek. A második csoport eseményeit üzemzavarnak nevezik, ezek már ritkábbak (egy-egy erőmű életében azért biztosan előfordul egy-kettő), a következmények még itt sem jelentősek. A harmadik csoportba tartoznak a súlyos üzemzavarok, melyek anyagi következményei már jelentősek is lehetnek. Ezek szerencsére ritkán fordulnak elő, eddig mintegy húsz ilyen esemény vált közismertté világszerte. A négyes csoport eseményeinek neve baleset, túlnyomórészt telephelyen belüli hatással. Itt már a telephelyen belül személyi sérülés, sőt haláleset is lehet. Az ilyesmi már ritka.

A felső három csoportba tartozó események már a környezetet is károsítják. Ezek

már az erőmű szempontjából súlyos események, a környezetre gyakorolt hatásuk azonban igen különböző, ezért is érdemelnek három csoportot. [18] A világon eddig három olyan esemény történt, amelyek a felső csoportokba sorolhatók.

Az első baleset az Egyesült Államokban, Pennsylvániában történt 1979-ben, ezt nevezik röviden TMI (Three Mile Island) balesetnek. A balesetben TMI-2 blokk sérült meg, amely 907 MW névleges villamos áram teljesítménnyel rendelkezett.

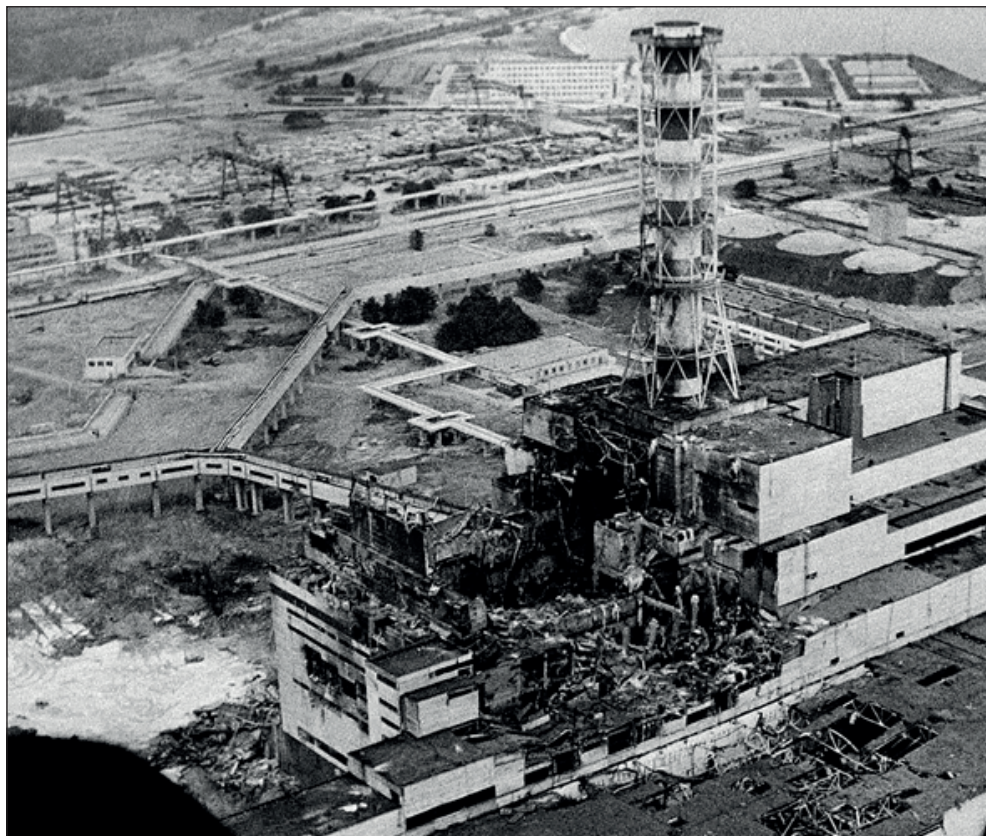
A nukleáris katasztrófához egy konstrukciós és egy emberi hiba vezetett, amelynek következtében először a vészleállító rendszer lépett működésbe majd egy szelep meghibásodása miatt elforrt a hűtőközeg. Ezt követően a fűtőelemek hőmérséklete meghaladta az $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -t, a burkolatok felnyíltak, és elkezdődött a vízcirkónium-reakció. Közel tíz hosszú órába tellett, mire a szakemberek stabilizálni tudták az erőmű állapotát. [19]

A baleset után nagyon sokat javult a reaktorbiztonság világszerte, intenzív kutatások, fejlesztések kezdődtek. Forradalmian megváltozott az atomerőművi operátorok képzése, továbbképzése. Ekkor terjedt el a szimulátorok használata e területen. A TMI balesetet az ötödik csoportba sorolták. [19]



6. ábra: Three Mile Island [20]

A második baleset a csernobili katasztrófa, amely 1986-ban történt Ukrajnában. A Kijevtől 130 kilométerre épült erőműben 1000 MW-os, könnyűvízes, grafithűtésű RBMK (Reaktor Bolsoj Mosnosztyi Kanalnij, Csatorna-típusú, nagy energiakimenetű reaktor) típusú, külső szigetelő burkolat nélküli reaktorok működtek. [21] 1986. április 26-án hajnali 1 óra 23 perckor a négyes blokk reaktorát két robbanás vetette szét, felszakítva az épület tetejét és falait. A reaktorban tíz napig égett a tűz, és több százszor annyi radioaktív szennyeződés jutott a levegőbe, mint a második világháborúban Hirosimára és Nagaszakira ledobott atombombák felrobbanása után. [22]



7. ábra: A csernobili atomerőmű a katasztrófa után [23]

A vizsgálat kiderítette, hogy a katasztrófát a reaktor tervezési hibája és egy felelőtlen, nem engedélyezett kísérlet okozta. A személyzet azt akarta kipróbálni, hogy teljes áramki-esés esetén a lassuló turbinák maradványenergiája elegendő-e a póthűtőrendszer átmene-ti üzemeltetésére, amíg a dízelgenerátorok működésbe lépnek. A reaktor teljesítményét az előírásokat figyelmen kívül hagyva a tiltott, alig ellenőrizhető és instabil 20-30 százalékra nyomták le, ráadásul kiiktatták a biztonsági automatikát és a vészűtőrendszert is.

A hűtővíz hőmérsékletének emelkedése miatt automatikusan megindultak lefelé a szabályozó rudak, de a tervezési hiba miatt ezek alsó része grafitból állt, amely nem nyeli el a neutronokat. A reaktor teljesítménye így váratlanul megugrott, a túlhevülés miatt a szabályozó rudak megakadtak. A hűtővíz elforrt, a gőznyomás robbanást idézett elő, majd kémiai robbanás történt, és hasadási termék került a levegőbe.

Az erőmű környékéről 36 órás késéssel kezdődtek meg a több százezer embert érintő kitelepítések, a létesítmény körül 30 kilométeres tiltott zónát létesítettek. A kitelepítettek számára később ezen kívül emeltek új települést Szlavutics néven.

A mai Ukrajna, Fehéroroszország és Oroszország területén hatalmas területek szennyeződtek el. A baleset után az erőmű másik három blokkját lezárták, a negyedik reaktor fölé vasbeton szarkofágot építettek.

A vizsgálat a baleset elsődleges okát emberi mulasztásban állapította meg, az erőmű vezetőit 1987-ben tíz év börtönre ítélték. A tervezési hibákat államtitokká nyilvánították, a szovjet hatóságok hivatalosan csak 1991 februárjában ismerték el, hogy a katasztrófa bekövetkeztében szerepe volt az RBMK típusú atomreaktor technikai elégtelenségének is.

Az atomenergetika történetének súlyosabb balesete rádöbbenette az emberiséget arra, hogy a nukleáris energia beláthatatlan veszélyek forrása lehet, ha gondatlanul kezelik. A csernobili katasztrófát a hetedik osztályba sorolták. [24]

A harmadik baleset 2011-ben Fukusimában következett be. A 2011. március 11-én bekövetkezett tóhokui földrengés és az általa keltett szökőár előidézte Japán történelmének egyik súlyosabb kereskedelmi jellegű nukleáris katasztrófáját, amelyet a csernobili katasztrófával egyenértékűnek, 7-es kategóriába soroltak be.

A földrengéskor az atomerőmű 6 reaktorából a 4-es, az 5-ös és a 6-os karbantartási munkálatok miatt üzemén kívül volt, az 1-es, 2-es és 3-as pedig azonnal leállt. A reaktorok hűtővizét keringtető szivattyúknak megszűnt a villamosenergia-ellátása. Az energiaellátás kiesését az ilyen vészhelyzetekre telepített dízelgenerátorok beüzemelésével próbálták helyettesíteni, azonban a földrengést követő 55. percben az atomerőmű 5-7 méteres árhullámra tervezett védőfalát egy 15 méteres árhullám érte el. Ez a védőfalakon áttörve megrongálta az erőmű létesítményeit, tengersizattyúit és a dízelaggregátorok üzemanyag-ellátását és hűtőrendszerét. Ezzel leálltak a reaktorok aktív üzemzavari hűtőrendszerei. Egyben kiesett a külön-külön is több száz fűtőelemet tároló pihentető medencék, valamint a külön épületben lévő, használt fűtőelemek tárolójának hűtése is. Az aktív hűtést csak a baleset után 9 órával után tudták megoldani, ennek hatására a reaktorok hűtővizének vízszintje, az aktív zónák hőmérséklete és a reaktorok nyomása kritikussá vált. Mindezen események egyenes következményeként bekövetkezett Japán eddigi súlyosabb nukleáris balesete. [25]



8. ábra: A fukusimai baleset helyszíne [26]

A kockázatok megítélése a tapasztalatok alapján

A súlyos balesetek elemzése a csernobili eset után kezdett világszerte elterjedni, ez a katasztrófa egyetlen pozitív következménye. Ma már sehol a világon nem helyeznek úgy atomerőművet üzembe, hogy azt megelőzően súlyos baleseti elemzéseket ne végeznének, sőt a legtöbb, már régen üzemelő erőműnél is elvégezték ezeket az elemzéseket.

A súlyos balesetek elemzésének eredményétől függően olyan biztonságnövelő intézkedéseket kell végrehajtani, amelyek e ritka eseményeket vagy még valószínűtlenebbé teszik, vagy az esemény lehetséges következményeit mérséklék. Az ilyen átalakítások következtében évről évre javul az atomerőművek biztonsága. Azzal azonban tisztában kell lenni, hogy nulla kockázat nincsen, érdemes viszont kritériumokat megfogalmazni, hogy melyek azok a következmények, amelyek egy adott valószínűségű baleset esetében még elfogadhatóak. Az indokolatlan szigorúság nem megengedett, hiszen az indokolhatatlan költségnövekedésre vezetne.

Az üzemzavarokra és balesetekre vonatkozó kockázati kritériumok minden országban léteznek, a ritka, súlyos balesetekre vonatkozóak kidolgozása egyes országokban megtörtént, máshol folyik. A kritériumokat jó lenne úgy kialakítani, hogy azokat az érintett lakosság többsége elfogadja, ehhez azonban széles körű és alapos tájékoztatásra van szükség: a kritériumok kialakításában nyilván csak az tud részt venni, aki kellően tájékozott.

Természetesen a kockázatok elemzésénél nemcsak az atomerőművekben folyó eseményeket, hanem a teljes üzemanyagciklust figyelembe kell venni, az urán bányászatától a kiegészítő fűtőelemek végleges elhelyezéseiig vagy újrafeldolgozásáig. Az üzemanyagciklus atomerőművön kívüli szakaszai a problematikusabbak.

Ma az üzemanyagciklus túlnyomórészt nyílt, azaz nincs újrafeldolgozás. Nyílt üzemanyagciklus esetében a fő problémát a nagy aktivitású radioaktív hulladék elhelyezése jelenti. A rövid és középtávú elhelyezés mindenütt megnyugtatóan megoldott, a hosszú távú azonban nem. A hosszú távú tárolás is biztosan megoldható műszakilag, de a döntés nem csak ilyen kérdéseket vet fel (hanem például a helyszínét...). Zárt üzemanyagciklus esetében a legfőbb baj az, hogy a gyorsreaktorok hiánya miatt az újrafeldolgozás ma gazdaságtalan. További problémát jelent, hogy az újrafeldolgozás felveti a proliferáció (a fegyvertisztaságú nukleáris anyagok nemkívánatos elterjedésének) kérdését is. [19]

A katonai műszaki tudományok kutatási-fejlesztési eredményei a nukleárisbaleset-elhárítás érdekében

A nukleárisbaleset-elhárítás területén kutatás-fejlesztési tevékenységet hazánkban már a Paksi Atomerőmű építését megelőzően is folytattak. A hidegháború idején, az 1960-as évektől a csernobili katasztrófaig alapvetően a Magyar Honvédség Vegyivédelmi Szolgálat és a Polgári Védelem Országos Parancsnoksága látta el az országban az atom-, biológiai és vegyivédelmi (ABV) feladatokat. A kutatás-fejlesztési tevékenység pedig a Honvédelmi Minisztérium Haditechnikai Intézet irányításával a haditechnikai gyártókkal együtt történt.

A Haditechnikai Intézet történetét és működését 1920-tól 1990-ig foglalja össze Hajdú Ferenc PhD-értekezése. [27] Kifejezetten az ABV-technikai fejlesztéseket mutatja a Haditechnikai Intézet Vegyivédelmi Fejlesztő Osztályainak a tevékenységéről írott közleményében Halász László és Pintér István. [28] Részletes elméleti és gyakorlati összefoglaló ismereteket tartalmaz a vegyivédelmi kutatási-fejlesztési eredményekről és gyártmányokról 2003-ig a Magyar ABV-védelmi technikai almanach. [29]

1978-ban Solymosi József és munkatársai egyszerű, gyors empirikus eljárást és berendezést fejlesztettek ki az atomrobbantások radioaktív (hasadási) termékeinek a kormeghatározására. [30–34] A szabadalmi oltalommal védett eljárásaik alapján a Gamma Művek sorozatban gyártotta a polgári védelemnél rendszeresített és alkalmazott műszereket: a belső sugárterhelés értékelésére szolgáló kormérési eljárás alapján gyártották a SZÉM-1 típusú sugárzennyvezettség- és életkormérő műszert, a külső sugárterhelés értékelésére szolgáló kormérési eljárás alapján pedig az SVJ-1 és SVJ-2 típusú, sugárveszély-fokozatot jelző műszert. [29, 31, 34]

Csurgai József és munkatársai jelentősen továbbfejlesztették az atomrobbantások ra-

dioaktív (hasadási) termékeinek kormeghatározására kifejlesztett eljárást. [35] Egyfelől kiterjesztették az eljárás érvényességét az atomreaktorok kiégett fűtőelemeire. Másfelől numerikus módszerekkel sikerült nagyságrendekkel megnövelni a mérési pontosságot. Az eredmények szórását a kezdeti néhányszor tíz százalékról 1-2%-ra csökkentették le.

Solymosi József és munkatársai egyedi mérési eljárást fejlesztettek ki a felületi szennyezettség és a (térfogati) radioaktív koncentráció egyszerű meghatározására. [36] Jelentősen továbbfejlesztették a mérési módszert, kiterjesztve az érvényességét a jel/zaj viszony javítására szolgáló, az intenzív gamma-háttérsugárzásban történő béta-sugárzás mérésére energiakompensációs módszerrel. [37–41] A két eljárás alapján a Gamma Művek sorozatban gyártotta az IH-90 (BNS-90) típusú, hordozható sugárszennyezettség-mérő műszert. [42, 43]

A járműfedélzeti sugárszintmérés elvei és gyakorlati megvalósításuk harctevékenység, illetve nukleárisbaleset-elhárítás során kutatási témával nyerte el a katonai műszaki tudományok PhD-doktora tudományos fokozatot Pintér István. [44] A járműfedélzeti sugárfelderítésre is született szabadalom [45] és a honvédségnél rendszeresített, sorozatban gyártott termék.

Kifejlesztettek egy magyar szabadalmat az ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére. [46] Később ezt továbbfejlesztették a légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálatával elveszett vagy ellopott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során. [47]

A megnövekedett, nemzetközi mértékű terrorfenyegetettség miatt el kellett végezni a nukleáris létesítmények katonai terrorfenyegetettségének értékelését. Az értékelések módszertanát több tudományos közleményben tették elérhetővé a tudományos közélet számára. [48, 49]

Újszerű terjedési modelleket alkottak meg, vizsgálva az ABV (NBC) anyagok épületen belül történő terjedését numerikus szimulációval és modellkísérletekkel. [50–52] Csurgai József a nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata témával védte meg doktori értekezését a katonai műszaki tudományok tudományágban. [53]

A Katonai Műszaki Doktori Iskolában több értékes PhD-értekezés is született a nukleárisbaleset-elhárítás témakörében. [54–57]

Következtetések

Összefoglalóan elmondható, hogy a nukleáris energiában nagy lehetőség rejlik a jövőben. Fajlagos energiájának kinyerése kimagaslik a jelenleg ismert és használt többi energia-hordozók közül. Mindezt biztonságos üzemeltetés mellett környezetet kímélő módon tehetjük meg.

Nem szabad azonban megfedkezünk a vele járó veszélyekről sem, ezért az eddigi üzemzavarokból, balesetekből tanulnunk kell. Le kell vonni a következtetéseket, és ezeket a tapasztalatokat felhasználva kell építenünk jövőnk nukleárisenergia-stratégiáját.

Hazánkban eddig is kimagasló eredmények születtek a nukleárisbaleset-elhárítás korszerűsítése érdekében, különösen a Katonai Műszaki Doktori Iskolában.

Továbbra is elsődlegesnek kell tekinteni a megelőzést. Az esetlegesen bekövetkező nukleáris balesetek során pedig törekednünk kell a lehető leggyorsabb, legpontosabb helyzetfelismerésre, információáramlásra, hogy minél hamarabb meghozhassuk a szükséges döntéseket. Ezt csak a lehető legmodernebb, legbiztonságosabb nemzetközi és hazai előrejelző rendszerekkel és gyors beavatkozású mobil egységekkel lehet megvalósítani. Ennek megfelelően ezeket a rendszereket folyamatosan – a kor színvonalának megfelelően – fejleszteni kell a lehető legszélesebb körben, nemzetközi együttműködés keretein belül.

Irodalomjegyzék

- [1] 28/1987. (VIII. 9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről.
- [2] OAH: *Nemzetközi szerződések*, 2015, www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=04&submenu=4_8 (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [3] 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról.
- [4] OAH: *Az OAH tevékenységét szabályozó jogszabályok*, 2015, www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=01&submenu=1_4 (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [5] 87/1997. (V. 28.) kormányrendelet az Országos Atomenergia Bizottság feladatáról és hatásköréről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal feladatáról, hatásköréről és bírságolási jogköréről.
- [6] Petőfi G. – Rónaky J. – Solymosi J.: A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődése. *Hadmérnök*, II 1 (2007), 58–64. o., http://hadmer-nok.hu/archivum/2007/1/2007_1_ronaky2.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [7] 248/1997. (XII. 20.) kormányrendelet az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről.
- [8] 108/1997. (VI. 25.) kormányrendelet az Országos Atomenergia Hivatal eljárásáról a nukleáris biztonsággal összefüggő hatósági ügyekben.
- [9] OAH: *Hatályos útmutatók (Nukleáris Biztonsági Szabályzatok)*, 2015, www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=04&submenu=4_1_99 (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [10] *OBEIT 5.1. útmutató. Szervezeti Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv kidolgozása és folyamatos karbantartása*. Verzió száma: 2. 2014. március, [www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/BF26E777EFCF06EC1257BE900570346/\\$FILE/OBEIT_5-1_utmutato_v2.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/BF26E777EFCF06EC1257BE900570346/$FILE/OBEIT_5-1_utmutato_v2.pdf) (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [11] Lakatos I.: *A kőolaj földgáz termelésének és felhasználásnak perspektívája a XXI. században*. Miskolci Egyetem, 2010, www.mta.hu/data/cikk/12/90/28/cikk_129028/28LakatosOlajgaz.pdf (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [12] International Energy Agency: *World Energy Outlook*, www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2008-1994/weo_2007.pdf (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [13] Zagytai P.: *Nukleáris környezetvédelem*. BME, 2011 (előadás), www.energetika.13s.hu/pub/_atomenergetika_szakirany_/Radioaktiv%20hulladek-gazdalkodas/nukl_kor_ved-08.ppt (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [14] MTI: *2030-ig megduplázódhat a nukleáris energiatermelés a világon*, 2007, www.stop.hu/gazdasag/2030-ig-megduplazodhat-a-nuklearis-energiatermeles-a-vilagon/216620/ (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [15] Europe Nuclear Society: *Nuclear power plants, world-wide*, 2015, www.euronuclear.org/info/encyclopedia/n/nuclear-power-plant-world-wide.htm (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)

- [16] NC State Nuclear Energy: *European Union (European Nuclear Plants by Country)*, www.sites.google.com/a/ncsu.edu/nuclear-energy/politics/foreign (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [17] Raush P.: *A nukleáris energiatermelés helyzete és szerepe a jelenkori társadalomban*. Szakdolgozat. ELTE, 2009.
- [18] Vidovszky I.: Az atomenergia előnyei és kockázatai. *Fizikai Szemle*, LIII 8 (2003), 272. o.
- [19] Kátai-Urbán L. – Kiss B.: Nukleáris erőművek mint veszélyes technológiai és az országos nukleáris balesetelhárítási rendszer. *Hadmérnök*, IX 3 (2014) 80–97. o.
- [20] EPA United States Environmental Protection Agency: *Three Mile Island*. 1980, www2.epa.gov/aboutepa/three-mile-island (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [21] Hanusovszky L.: *Atomreaktorok*. ELTE, d. n., www.atomfizika.elte.hu/magreszfiz/hanusovszkylivia_atomreaktorok.pdf (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [22] Udvardy Z.: Csernobil: Hiroshima több százszal szorozva. *mno.hu*, 2004, www.mno.hu/kulfold/csernobil-hiroshima-tobb-szazzal-szorozva-636209 (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [23] Gabai B.: Halott városok maradtak a katasztrófa nyomán. *mno.hu*, 2012, www.mno.hu/kulfold/halott-varosok-maradtak-a-katasztrofa-nyoman-1071469 (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [24] MTI: 27 éve történt a csernobili atomkatasztrófa. *delmagyar.hu*, 2013, www.delmagyar.hu/vilagvevo/27_eve_tortent_a_csernobili_atomkatasztrofa/_2330379/ (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [25] Aszódi A. – Boros I. – Yamaji, B.: *A fukushima-i atomerőmű balesetének lefolyása, következményei, tapasztalatai és európai vonatkozásai*. BME, 2011, www.reak.bme.hu/fileadmin/user_upload/felhasznalok/aszodi/letoltes/Japan/Aszodi_ObudaiEgyetem_20111004.pdf (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [26] The People's News Network: *Fukushima Daiichi Reactors 1–6*. 2011, www.leakspinner.wordpress.com/2011/05/08/fukushima-daiichi-reactors-1-6/ (a letöltés ideje: 2015. 11. 23.)
- [27] Hajdú F.: *A Haditechnikai Intézet történetének és működésének vizsgálata 1920-tól 1990-ig*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE KMDI, 2009, http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2009/hajdu_ferenc.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [28] Halász L. – Pintér I.: A Haditechnikai Intézet vegyvédelmi fejlesztő osztályai és fejlesztései az 1947-es megalakulástól a 2006-os megszüntetéséig. *Hadmérnök*, X. 4. (2015) 86–100. o., www.hadmernok.hu/154_09_halaszl_pi.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [29] Erdős J. – Pintér I. – Solymosi J.: *Magyar ABV védelmi technikai almanach*. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2003.
- [30] Solymosi J. – Tömör J. – Gaál L.: *Eljárás és berendezés: atomrobbantások radioaktív termékei által az élő szervezetre gyakorolt sugárveszély mértékének a termékek életkora alapján történő értékelésére*. Lajstromszám: 177 623.
- [31] Solymosi J.: *Gyors módszerek atomrobbantások radioaktív termékei életkorának műszeres mérésére*. Kandidátusi disszertáció, 1982.
- [32] J. Solymosi – P. Zagyvai – M. Vodicska – L. Gy. Nagy – E. Bäumlér: Simple procedures for determining the age of fission products. *Periodica Polytechnica: Electrical Engineering*, 28: pp. 169–192. (1984)
- [33] J. Solymosi – P. Zagyvai – L. Gy. Nagy: Dosimetric measurement of the disintegration rate of fission products. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 162:(1) pp. 187–198. (1992)
- [34] Solymosi J.: *Nukleáris környezetellenőrző mérőrendszerek*. MTA doktori disszertáció, 1992.
- [35] J. Csurgai – Á. Vincze – J. Solymosi – P. Zagyvai: Application of an iterative method for dose prognosis of fission products with unknown composition. *Academic and Applied Research in Military Science*, 2:(1) pp. 59–64. (2003), www.zmne.hu/aarms/docs/Volume2/Issue1/pdf/03csur.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [36] Solymosi J. – Bäumlér E. – Gresits I. – Gujgiczér Á. – Németh F. – Nagy L. Gy. – Horváth L. – Sarkadi A.: *Eljárás és kapcsolódási elrendezés radioaktív felületi szennyeződés mérésére*. Lajstromszám: 201 162.
- [37] Solymosi J. – Bäumlér E. – Nagy L. Gy. – Gresits I. – Gujgiczér Á. – Sarkadi A. – Körösi S. – Dorogi L. – Vodicska M.: *Eljárás és berendezés béta-sugárzó izotópo(ka)t tartalmazó minta aktivitásának mérésére nagy intenzitású gamma-sugárzási háttérben*. Magyar Szabadalom 200 001 (1990).
- [38] Solymosi J. – Zagyvai P. – Nagy L. Gy.: Determination of the radioactive bulk and surface concentration by beta detection I. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 209:(1) pp. 3–14. (1996)
- [39] Solymosi J. – Zagyvai P. – Nagy L. Gy.: Determination of the radioactive bulk and surface concentration by beta detection II. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 209:(1) pp. 15–26. (1996)
- [40] Solymosi J. – Zagyvai P. – Nagy L. Gy.: Determination of the radioactive bulk and surface con-

- centration by beta detection III. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 209:(1) pp. 27–39. (1996)
- [41] P. Ormai – A. Fritz – E. Hertelendi – Z. Szűcs – I. Gresits – J. Solymosi – N. Vajda – Zs. Molnár – P. Zagvyai: Inventory determination of low- and intermediate level radioactive waste of Paks NPP origin. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 211:(2) pp. 443–451. (1996)
- [42] Baumler Ede – Erdős Kálmán – Pintér István – Sarkadi András – Gujgiczér Árpád – Solymosi József – Németh Ferenc – Nagy László – Plachtovics György – Illés Zsolt – Szabó Endre: *Univerzális radioaktív sugárázsmérő műszer és eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés a méréshatárának kiterjesztésére*. Lajstromszám: 224 502.
- [43] Solymosi J. – Baumler E. – Sarkadi A. – Gujgiczér Á. – Pintér I. – Vincze Á.: Wide range universal radiation measuring instrument. *Academic and Applied Research in Military Science*, 1:(1) pp. 133–144. (2002)
- [44] Pintér I.: *A járműfedélzeti sugárszintmérés elvei és gyakorlati megvalósításuk harctevékenység illetve nukleáris baleset-elhárítás során*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE, 2002, <http://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9866/Teljes%20sz%C3%B6veg?sequence=1&isAllowed=y> (a letöltés ideje: 2015. 09. 10.)
- [45] Solymosi J. – Baumler E. – Nagy L. Gy. – Zagvyai P. – Gresits I. – Gujgiczér Á. – Dorogi L. – Takács M. – Vajda N. – Vodicska M.: *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének földi felderítésére*. Lajstromszám: 198 798.
- [46] Solymosi J. – Baumler E. – Nagy L. Gy. – Zagvyai P. – Gresits I. – Gujgiczér Á. – Dorogi L. – Takács M. – Vajda N. – Vodicska M.: *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére*. Magyar Szabadalom Lajstromszám: 201 161 (1990).
- [47] Zelenák J. – Csurgai J. – Halász L. – Solymosi J. – Vincze Á.: A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett vagy ellopott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során. *Hadmérnök*, IV 1 (2009), 46–62. o., http://hadmernok.hu/2009_1_zelenak.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [48] Rónaky J. – Macsuga G. – Volent G. – Csurgai J. – Cziva O. – Horváth K. – Petőfi G. – Vincze Á. – Zelenák J. – Solymosi J.: A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése I.: A nemzetközi és hazai szabályozás, valamint a gyakorlat áttekintése. *Hadmérnök*, II 1 (2007), 77–85. o., www.hadmernok.hu/archivum/2007/1/2007_1_ronaky.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [49] Rónaky J. – Macsuga G. – Volent G. – Csurgai J. – Cziva O. – Horváth K. – Petőfi G. – Vincze Á. – Zelenák J. – Solymosi J.: A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése II.: A Paksi Atomerőmű katonai terror-fenyegetettségének értékelési eljárása. *Hadmérnök*, II 2 (2007), 32–49. o., www.hadmernok.hu/archivum/2007/2/2007_2_ronaky.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [50] Csurgai J. – Zelenák J. – Lajos T. – Goricsán I. – Halász L. – Vincze Á. – Solymosi J.: Numerical simulation of transmission of NBC materials. *Academic and Applied Research in Military Science*, V/3. (2006) 417–434. o., http://mycite.omikk.bme.hu/search/docres.php?sid=login&filter=5&SCTrue=-1&SCFalse=-1&SCNull=-1&lang=0&st_on=1&la_on=1&cite_type=2&DocumentID=69797 (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [51] Á. Csécs, – J. Csurgai – J. M. Suda – G. Kristóf – I. Pintér – J. Zelenák: ABV (NBC) anyagok épületen belül történő terjedésének numerikus szimulációja és modellkísérlete. *Bolyai Szemle*, XIII. 3. (2004), 1416–1443. o., http://real.mtak.hu/27290/1/2004_Csecs_et_al_2004_u.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [52] Csurgai J.: A Magyar Honvédségben alkalmazott sugárhelyzet prognosztizálási és értékelési eljárások továbbfejlesztése számítógépes megvalósítással. *Haditechnika*, XXXIV. 1. (2000), 6–12. o.
- [53] Csurgai J.: *Nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésszisztemének tudományos vizsgálata*. Doktori (PhD) értekezés. ZMNE 2003, <http://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/handle/11410/9508> (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [54] Bujtás T.: *Sérült fűtőelemek eltávolításának sugár-védelmi tervezése és végrehajtása a Paksi Atomerőműben*. Doktori (PhD) értekezés. ZMNE, 2007, http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2007/bujtas_tibor.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [55] Horváth K.: *Forrástag meghatározása a kibocsátást megelőzően reaktor-balesetek esetén*. Doktori (PhD) értekezés. ZMNE, 2006, http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2006/horvath_kristof.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)
- [56] Petőfi G.: *Radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás hatásainak vizsgálata, követke-*

ményeinek elhárítására való felkészülés. Doktori (PhD) értekezés. ZMNE, 2010, http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2010/pe-tofi_gabor.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)

[57] Rónaky J.: *Az atomenergia hazai alkalmazá-*

sának biztonságát szolgáló eljárások kutatása. Doktori (PhD) értekezés. ZMNE, 2007, http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2007/ronaky_jozsef_thu.pdf (a letöltés ideje: 2016. 03. 15.)

Experiences of the review of nuclear accidents – the recent stage of the science part I.

MANGA LÁSZLÓ – KÁTAI-URBÁN LAJOS

Humanity reached an important milestone with the discovery of radioactivity. Consequently, several research areas went through an enormous development. However, when examining the civil or the military use of radioactivity, we also have to consider the environmental consequences. The importance of the radioactivity is well known from the beginnings, however, scientists also need to deal with its potential dangers and safe application. In this article the authors will review and analyse the recently published international and domestic scientific literature.

Keywords: radioactivity, environmental impact, nuclear emergency, radiation protection