



MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

Kiemelt közlemények

DARUKA NORBERT:

Érzéketlen robbanóanyagok I. – Célkeresztben a TNT és a Composit B kiváltása

ÁDÁM BALÁZS:

Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban – A tűzszerészfeladatok keretei hazánkban I. rész

SZALKAY DÁNIEL:

A magyar tűzszerészet digitális technológiai fejlesztésének lehetősége

33. évf. (2023)
2. szám

ISSN 2063-4986 (elektronikus)



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Műszaki Katonai Közlöny

A Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara, valamint a Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki Szakosztályának elektronikus (online) megjelenésű tudományos folyóirata.

ISSN 2063-4986 (elektronikus)

Szerkesztőbizottság elnöke

Padányi József

Szerkesztőbizottság

Árpád Lőrincz

Hanka László

Hornyacsek Júlia

Horváth Tibor

Kovács Tibor

Kovács Zoltán

Kuti Rajmund

Pavel Manas

Nagy Rudolf

Tóth Rudolf

Főszerkesztő

Kovács Zoltán

Szerkesztőség címe

Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Műveleti Támogató Tanszék

1101 Budapest, Hungária krt. 9–11. A épület, 949. iroda

Levelezési cím: 1581 Budapest, Pf. 15

E-mail: kovacs.zoltan@uni-nke.hu

Telefon: +36 1 432 9000/29 539 • HM 02-22-9539

Kiadó

Nemzeti Közszerológati Egyetem, Ludovika Egyetemi Kiadó

Kapcsolat: www.ludovika.hu; kiadvanyok@uni-nke.hu

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Olvasószerkesztők: Bruckner Nóra, Bujdosó Hajnalka, Gergely Zsuzsánna

Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla



Tartalom

Daruka Norbert Érzéketlen robbanóanyagok I. – Célkeresztben a TNT és a Composit B kiváltása.	5
Ádám Balázs Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban – A tűzserézfeladatok keretei hazánkban I. rész.	23
Szalkay Dániel A magyar tűzserézfet digitális technológiai fejlesztésének lehetősége	37
Balla Tibor, Padányi József Műszaki kiválóságok: Schindler Szilárd vezérezredes	49
Lévai Zsolt A fővonalis vasúti Tisza-hidak helyettesíthetőségének kérdései	59
Király Lajos, Bodnár László Halogénezett szénhidrogének toxikus és tűzveszélyei ipari alkalmazás során	75
Papp Csenge, Kersák József A közúti balesetek felszámolásának logisztikai problémái	87
Vízi Dávid Béla A hazai belvízrendezés fejlődésének lehetséges irányai	97
Csaba Almási Evolution of the Regulation of the Transport of Dangerous Goods by Road	113

Daruka Norbert¹ 

Érzéketlen robbanóanyagok I. – Célkeresztben a TNT és a Composit B kiváltása

Insensitive Explosives I. – Targeting the Replacement of TNT and Composite B

A technológia fejlődésével az iparban és a hadi alkalmazásokban is megjelentek az új anyagok, új eszközök. Ezeket az új termékeket többnyire a költséghatékonyság, a biztonságos kezelhetőség, illetve a környezet terhelésének csökkentése jegyében fejlesztették ki. A robbanóanyag-gyártás is nagy változásokon ment keresztül, ami abban is megmutatkozott, hogy a 19. század végétől gyűjtött tapasztalatokat felhasználva alkottak új robbanóanyagokat. Az új, érzéketlen robbanóanyagok alkalmasak arra, hogy olyan robbanótestekben váltsák ki a fő tölteteket, amelyek a hadi alkalmazások esetében egy időben, kis területen, de nagy mennyiségben vannak jelen. Az érzéketlen robbanóanyagok, robbanótestek lehetőséget biztosítanak a minél gazdaságosabb és hatékonyabb robbanóanyag-felhasználás elérésére, természetesen úgy, hogy közben a lehető legnagyobb biztonságot garantálják, függetlenül azok alkalmazási körülményeitől. Célom, hogy bemutassak néhány olyan érzéketlen robbanóanyagot, amelyek kevésbé ismertek, ismertessem az ezekkel történt hivatalos vizsgálatokat, illetve néhány példán keresztül mutassam be azokat az eszközöket, ahol az alkalmazás már megtörtént, vagy folyamatban van.

Kulcsszavak: érzéketlen robbanóanyag, érzéketlen lőszer, robbantástechnikai innováció

As technology has advanced, new materials and new tools have appeared in the industry and military applications. These new products have been developed mostly in the interests of cost-effectiveness, safe handling and reducing environmental impact. Explosives production has also undergone major changes, as reflected in the creation of new explosives based on the experience gained since the end of the 19th century. The new insensitive explosives are capable of triggering

¹ Robbanóanyag-ipari szakmérnök, e-mail: daruka.norbi@gmail.com

the main charges in explosive bodies which, in the case of military applications, are present in small but large quantities at the same time. Insensitive explosives and explosive bodies offer the possibility of achieving the most economical and efficient use of explosives, while guaranteeing the highest possible level of safety, whatever the conditions of use. My aim is to present some of the insensitive explosives that are less well known on the market, to describe the official tests that have been carried out on them and to give some examples of devices where their use has been or is being carried out.

Keywords: *insensitive explosives, insensitive munitions, explosive innovation*

Bevezetés

A robbanóanyagok, robbantószerkezetek fejlődéstörténetét kutatók számos elmélettel és néhány esetben bizonyítékkal is rendelkeznek a történelem első „szándékos” robbantásának időpontjáról. Sokan talán passzióknak tekintik ezeket a kutatásokat, és folyamatosan megcáfolva az előző feltevést, újabb és újabb elméletekkel állnak elő. Ami jelenleg bizonyítható, hogy a 19. század második felében kezdték el a robbanóanyagokat katonai robbanótettekben, tüzérségi lövedékekben alkalmazni.

1887-ben a francia Eugène Turpin bemutatta a pikrinsav-kollódium bázisú melinitet, majd a francia hadsereg rendszeresítette a Turpin-féle, pikrinsavasrobbanóanyag-töltetű tüzérségi löszereket. Ebben az időszakban a brit hadsereg Cordite Mark I vagy CSP² elnevezéssel rendszeresített egy pikrinsavas katonai robbanóanyagot, majd ilyen anyagként az angoloknál megjelent a liddit, az oroszoknál a silotwor, az Osztrák–Magyar Monarchiában az ekrazit, a japánoknál a simoze, a németeknél pedig a Sprengkorper.³

Az 1863-ban még csak sárga festékként használt trinitrotoluol vagy ismertebb nevén trotil is csak a századforduló végén került be a robbanóanyagok palettájára, de tulajdonságainak köszönhetően már 1902-ben a német hadiipar tüzérségi lövedékek, nagy hatóerejű aknagránátok töltésére kezdte alkalmazni.⁴ „Az 1905-ös orosz–japán háborúban használták először katonai célra, az USA 1912-ben kezdte meg katonai felhasználását, az I. világháborúban pedig, már mindegyik hadviselő fél rendszeresített robbanóanyaga volt.”⁵ Annyira nagy volt a kereslet a kezelésbiztos TNT iránt, hogy azt a gyártási folyamatok nem tudták követni. Ekkor indultak meg a kevert robbanóanyagokkal kapcsolatos kísérletek, és 1915-ben Angliában létrehozták az amatolt, amely a trinitrotoluol és az ammónium-nitrát megfelelő arányú keveréke. Ez az anyag megfelelő tulajdonságokkal rendelkezett ahhoz, hogy pótolja a lövedékekben a tisztán TNT-alapú robbanóanyagot.

² CSP – *cordite smokeless powder*.

³ LUKÁCS 2008: 15–24.

⁴ A TNT-töltetű páncéltörő lövedékek képesek voltak arra, hogy a páncélt átütve, annak túoldalán robbanjanak fel, míg a britek által ekkoriban alkalmazott pikrinsavtöltetű páncéltörő lövedékek már a védelem külső oldalán működésbe léptek. Ezzel a robbanás energiájának nagy része veszendőbe ment. Ezért 1907-ben a brit haderő is áttért a TNT alkalmazására.

⁵ LUKÁCS 2008: 20.

A századfordulót követően, és sajnos az első világháború tapasztalatait is felhasználva, a robbanóanyagok fejlődését a velük kapcsolatos alapvető ismeretek bővítése, a robbanási jelenségek jobb megértése, valamint a robbanóanyagok folyamatos fejlesztése jellemezte. Számos példát találunk a fejlesztésekre, kísérletekre és különböző – mondjuk úgy – próbálkozásokra, amelyek több-kevesebb sikerrel hozzájárultak a robbanóanyagok fejlődéséhez. Az ezernyi kísérlet mellett természetesen a sikertelen próbálkozásokra is volt példa, ezek többnyire a jelen lévő személyek súlyos vagy halálos sérüléseivel végződtek.

1947. április 16-án a világ egyik leghalálosabb ipari balesetként nyilvántartott robbanás következett be Texas City kikötőjében. A baleset egy Grandcamp nevű francia Liberty hajóval történt, amelyet 2300 tonna ammónium-nitráttal (FGAN) töltöttek meg. A raktérben keletkező tűz hatására az anyag teljes felülete lángra kapott, és bekövetkezett a detonáció. A szerencsétlen esetet és annak borzasztó következményeit csak fokozta, hogy a robbanás következtében szétszóródott ammónium-nitrát és egyéb szállítmány (földmogyoró, dohány, zsinig, bunkerolaj) tovább égett, és a további reakciókból eredő tűz áterjedt a közelben található ipari területekre és erőművekre.

„A robbanás tizenöt méteres szökőárhullámot okozott, amely a dokkra csapódott, és elöntötte a környéket. A 40 mérföldre északra fekvő Houstonban összetörték az ablakok, Louisianában pedig 250 mérfölddel távolabb is érezték a robbanást.”⁶

A Grandcamp hajón történt robbanást és annak katasztrofális hatásait még fel sem fogták, amikor a High Flyer nevű hajó, amely minimális sérülést szenvedett az előző robbanásban, alig egy órával éjfél után felrobbant. Erre a robbanásra már számítani lehetett, hiszen az elmondások alapján eredménytelenül próbálták a hajót távolabb vontatni a kikötőtől a károk csökkentése érdekében. A publikáció témáját illetően a legfontosabb, hogy a hajó egyik rakterében körülbelül 1000 tonna ammónium-nitrát-műtrágya, másik két rakterében viszont 2000 tonna kén volt. Ez azért fontos, mert az ammónium-nitrát sokkal illékonyabbá válik kénnel kombinálva. Erre a robbanásra már számítottak, de két fő így is életét veszítette, és további károk keletkeztek a kikötőben.⁷ A vizsgálatok arra jutottak, hogy a Grandcamp hajón bekövetkező ammónium-nitrát-robbanás ipari területekre való áterjedése vezetett ahhoz, hogy az incidens komoly katasztrófává vált.⁸

1947. július 23-án az Ocean Liberty norvég teherszállító hajó fedélzetén 3160 tonna ammónium-nitráttal és 300 tonna olajjal megérkezett Brestbe, miután átkelt az Atlanti-óceánon. Ahogy az előző esetekben is, itt is füstöt észleltek a zárt hajótérben, és hiába próbálták meg megszüntetni, a robbanás bekövetkezett. A kikötőhöz közeli strandot a robbanás következtében árhullám öntötte el, ami tovább növelte az áldozatok számát. A balesetben összesen 22 ember vesztette életét, 4 fő eltűnt, és több százán megsérültek. Ekkor még nem volt ismert,

⁶ TCH 1997.

⁷ A robbanás lerombolta a mólót és több közeli gabonafelvonót, valamint tönkretette a „megfelelő” távolságban horgonyzó Wilson B. Keene hajót, amely több ezer tonna liszttel volt megrakva. Nem lehetett eldönteni utólag, hogy mi sérült meg az első, és mi a második robbanás során.

⁸ Körülbelül 581 halálesetről számoltak be, de csak 405 holttestet sikerült azonosítani. Ez a tragédia vezetett az első olyan üggyhöz, amelyet az Egyesült Államok kormánya ellen indítottak annak hanyagsága miatt, az akkor éppen újonnan elrendelt szövetségi kártérítési követelésekről szóló törvény hatálya alatt. Lásd: 1947 Texas City Disaster – First Explosion.

hogy az ammónium-nitrát önmagában is veszélyes, felforrósodhat, kigyulladhat, és ennek következtében bekövetkezhet a robbanás is.⁹

Ezek voltak azok a tragikus kezdeti események, amelyek a robbanóanyag-technológia mélyreható forradalmához vezettek. A 20. század közepén még nem tudták, hogy a szárítókból kikerült ammónium-nitrát zsákokba töltése és felhalmozása nagy mennyiségben – például egy hajó rakodóterében – elősegíti az öngyorsuló bomlást, amely detonációban csúcsosodhat ki. A katasztrófákat követően gyorsultak fel a robbanóanyagok kezelésbiztonságát vizsgáló kutatások. A vizsgálatok egy része azt is megállapította, hogy az éghető adalékanyagok és a csomagolás is hozzájárulhatnak a robbanáshoz, sőt fokozhatják a robbanóanyagok veszélyeit. További tanulmányok vezettek a biztonságos kezelési gyakorlatok bevezetéséhez.

Érzéketlen robbanóanyagok

A robbanóanyagok hadi és ipari felhasználásának igényei megkövetelték olyan robbanóanyagok kifejlesztését, amelyek képesek ellenállni a külső környezeti hatásoknak. Az elsődleges cél a felhasználási területtől függetlenül a biztonság növelése volt.

Két általános megközelítés létezik az érzéketlen robbanóanyagok kifejlesztésére ahhoz, hogy megfeleljenek a vonatkozó kritériumoknak. Az egyik a polimerkötésű robbanóanyag (PBX – *polymer bonded explosives*) előállítás, amelyben az energetikai komponens egy rugalmas polimermátrixba van beépítve. A másik módszer az, hogy önmagukban kevésbé érzékeny összetevőket, mint például az 1,3,5-triamino-2,4,6-trinitrobenzol (TATB – triaminotrotrinitrobenzol)¹⁰ vagy a 3-nitro-1,2,4-triazol-5-on (NTO – nitrotriazolon)¹¹ alkalmazunk.¹²

A robbanóanyagok külső hatásoknak történő ellenállását úgy lehet elérni, hogy olyan adalékanyagot (flegmatizálószer) keverünk hozzájuk, amely érzéketlenné vagy kevésbé érzékennyé teszi a robbanóanyagot a hő, a lökés, az ütés, a dörzsölés vagy a súrlódás hatásaira. A gyártási folyamatok során a legjellemzőbb flegmatizálószer közé tartozik például a viasz, a papír, a víz, a polimerek (például a klór-fluor-polimerek), az alkohol és az olajok néhány típusa is (például a paraffin és a vazelin).¹³ A felsorolt flegmatizálószer természetesen nem jelentenek kizárólagos megoldást egy robbanóanyag érzéketlenítésének folyamatában, hiszen számos

⁹ 1954. december 15-én a bresti polgári bíróság helybenhagyta az amerikai ammónium-nitrát-gyártó felelősségét. A rennes-i fellebbviteli bíróság 1957-ben megerősítette az ítéletet azzal az indokkal, hogy 1947-ben tudományosan nem volt ismert, hogy az ammónium-nitrát önmagában veszélyes, felforrósodik, és fennáll a begyulladás és a robbanás veszélye. Lásd: Nitrate Ship Blast at Brest Kills 8, Injures Hundreds.

¹⁰ A TATB egy nagyon erős robbanóanyag – erőssége a hexogéné és a trotilé közé tehető –, de rendkívül érzéketlen az ütésekre, rezgésekre, hőre és az egyéb környezeti hatásokra. Mivel nagyon nehéz véletlenül robbantani, még súlyos körülmények között is, előnyben részesítették olyan alkalmazásokban, ahol rendkívüli biztonságra van szükség, mint például a nukleáris fegyverekben használt robbanóanyagoknál, amelyek esetében a repülőgép lezuhanása vagy rakéta meghibásodása során bekövetkező véletlen robbanás rendkívüli veszélyeket jelentene.

¹¹ Az NTO egy brizáns, szagtalan, por vagy kristályos, szemcsés robbanóanyag. A színe a törtfehér, sárgásbézs színtől a világossárgáig terjed. Először 1905-ben azonosították, de robbanásveszélyes tulajdonságait csak az 1980-as években vizsgálták. Az anyagot fokozatosan alkalmazzák új robbanóanyag-készítményekben, például az IMX-101-ben, amely a TNT új, biztonságosabb alternatívája.

¹² LOCHERT 2001.

¹³ DARUKA 2016: 26–44.

módszer, előállítási folyamat és adalékanyag van, amely kiválthatja a kívánt hatást. A felsorolt anyagok inkább a gazdaságosság és az egyszerű kezelhetőség tekintetében relevánsak.

A gyártási folyamatok során a robbanóanyag néhány típusa olyan nagy mértékben flegmatizálható, hogy abban a detonációt kizárólag egy másik robbanóanyag – úgynevezett indítótöltet – segítségével lehet előidézni. Az ADR 2021 (Megállapodás a veszélyes áruk nemzetközi közúti szállításáról) szerint az ilyen anyagok a nagyon érzéketlen robbanóanyagok kategóriájába tartoznak (UN 0482). Ezek az anyagok „tömegrobbanási veszélyt képviselnek ugyan, de annyira érzéketlenek, hogy igen csekély az iniciálás vagy az égésből a detonálásba való átmenet veszélye a normális szállítási feltételek között”.¹⁴

A trotilt mint robbanóanyagot számos helyen alkalmazták az elmúlt évtizedekben, önmagában és keverékként is. Ez az anyag volt a hadiipar egyik legpreferáltabb robbanóanyaga egészen addig, amíg az egyes TNT-alapú olvadékképző formulákkal kapcsolatos mérgező és érzékenységi problémák miatt a TNT kiesett – elsősorban – a nyugati hadseregek kegyeiből. Ezzel a változással megnyílt az út a fejlesztők és a különböző alternatív megoldásokat vizsgáló szervezetek előtt, és új anyagok kerültek a robbanóanyagok piacára. Mielőtt bemutatom az érzéketlen robbanóanyagok alkalmazásának lehetőségeit, vizsgáljuk meg, hogy melyek a legújabb robbanóanyagok ezen a területen.

FOX-7 – DADNE, 1,1-diamino-2,2-dinitroetén

A FOX-7 egy érzéketlen brizáns robbanóanyag, amelyet a Svéd Védelmi Kutatási Ügynökségnél¹⁵ állítottak elő 1998-ban. Sztöchiometriai szempontból¹⁶ egyenértékű az RDX-szel¹⁷ és a HMX-szel¹⁸, de szerkezetileg nincs hasonlóság. A robbanóanyag tulajdonságait tekintve kizárólag a LOCHERT 2001 technológiai jelentésben feltüntetett adatokra hivatkozhatunk. A robbanóanyag sűrűségét többféle módszerrel határozták meg: kristálysűrűsége 1,878 g/cm³,¹⁹ porfrakcióban 1,885 g/cm³,²⁰ gázkiszorítással²¹ 1,86–1,87 g/cm³. Ebből adódóan a FOX-7 számított detonációs

¹⁴ ADR 2021.

¹⁵ SDRA, Swedish Defence Research Agency – Svéd Védelmi Kutatási Ügynökség.

¹⁶ A sztöchiometria a kémiának az a része, amely a kémiai reakciók során tapasztalható tömeg- és térfogatviszonyok törvényszerűségeivel foglalkozik. A sztöchiometriához tartozik a kémiai anyagok sűrűségének, moláris tömegének és térfogatának, olvadás- és forráspontjának stb. kiszámítása is.

¹⁷ Az RDX, más néven ciklonit vagy hexogén egy robbanó nitramin, amelyet széles körben használnak az iparban és a hadászatban. Tiszta állapotban fehér, kristályos, könnyen tárolható anyag.

¹⁸ A HMX, más néven oktogén egy robbanó nitramin, amelyet szűkebb körben használnak az iparban és a hadászatban. Tiszta állapotban fehér, kristályos anyag. Stabil, könnyen tárolható, ugyanakkor egyike a legbrizánsabb robbanóanyagoknak. Önmagában nem, többnyire robbanóanyag-keverékekben használják.

¹⁹ OSTMARK et al. 1998.

²⁰ BERGMAN et al. 1999.

²¹ Héliumpiknometria – a gázkiszorítás elvét használja a térfogat pontos méréséhez. Inert gázokat, esetünkben héliumot (esetleg nitrogént) használhatunk kiszorító közegként. A mintát az ismert térfogatú műszertérben lezárjuk, a megfelelő inert gázt beengedjük a térbe, majd egy másik precíziós belső térfogatra expandáljuk. A mintakamra feltöltésekor mért nyomás, majd a második, üres kamrába engedett gáz mért nyomásának az összehasonlítása lehetővé teszi a szilárd minta térfogatának kiszámítását.

sebessége 8870 m/s 1,885 g/cm³ sűrűség mellett. A laboratóriumi körülmények között mért detonációs sebesség 8335 m/s 1,756 g/cm³ sűrűségnél.²²

A FOX-7 nehezen oldódik a szokásos szerves oldószerekben és vízben, de könnyen oldódik dipoláris-aprotikus oldószerekben,²³ például acetonban. A fejlesztők az anyag széles körben történő feltérképezésének érdekében összehasonlító vizsgálatokat végeztek, amelyeknek másik robbanóanyaga az RDX volt. A kis méretű érzékenységi vizsgálatokat a DSTO²⁴ hajtotta végre, a FOX-7 teljesen tiszta és kristályosított mintáit összehasonlítva a hexogén mintáival.

Az 1. táblázatban látható értékek is jól igazolják azt, hogy a FOX-7 érzékenységi mutatói jelentősen meghaladják a hexogén közismert értékeit.

1. táblázat: Az érzékenységi és veszélyességi vizsgálatok eredményeinek összefoglalása

Vizsgálat megnevezése	FOX-7	RDX
Rotter-érzékenység (Fofl) ²⁵	110–140	80
Ütésérzékenység (cm) ²⁶	126–159 (kristályos kivétel)	38
Súrlódási érzékenység (N) ²⁷	168–288	120
Elektrosztatikus kisülési vizsgálat (J)	4,5 (kisülés) 0,45 (nincs kisülés)	4,5 (kisülés) 0,45 (nincs kisülés)
Vákuumstabilitási vizsgálat (ml/g) ²⁸	<0,1	<0,1
Gyulladás hőmérséklet (°C)	226	223

Forrás: LOCHERT 2001 adatai alapján a szerző szerkesztése

Arról azonban nincs adat, és az egyelőre semmilyen felületen nem érhető el, hogy az előállítási költsége, illetve a gazdaságossági mutatói milyen viszonyban állnak a többi, már alkalmazásban lévő érzéketlen robbanóanyagával. Miután kereskedelmi forgalomban kapható termékekből készül, és az előállítása problémamentes, az elterjedésével várhatóan a költséghatékonyasága is javulhat. Az azonban már fellelhető különböző forrásokban, hogy a hadiipar lesz az a célközönség, amely igényt tarthat az új robbanóanyag folyamatos gyártására, illetve alkalmazhatja azt elsősorban az érzéketlen lőszerében. Számos katonai kutatóközpontban vizsgálják a tulajdonságait, még kevésbé érzékeny, biztonságosabban alkalmazható robbanóanyagok után kutatva.

²² LOCHERT 2001.

²³ Dipoláris-aprotikus oldószerek: DMF, DMA, DMSO, HMPTA. Közös tulajdonságuk, hogy többnyire szénhez kötött hidrogénjüket nehezen adják le, dielektromos állandójuk nagyobb mint 15, a kationokat jól, az anionokat kevésbé szolvatálják.

²⁴ DSTO, Defence Science and Technology Organisation – Védelmi Tudományos és Technológiai Csoport (Ausztrália).

²⁵ Figure of Insensitivity: az érzéketlenségábra egy robbanóanyag ütésérzékenységének inverz skálája. Ebben a konkrét összefüggésben az „érzéketlenség” kifejezés az ütés, súrlódás, elektrosztatikus kisülés, láng stb. hatására bekövetkező beindulás/robbanás valószínűségére utal. Ez a robbanásszerű bomlás előidézéséhez szükséges ingerszint mennyiségi mértéke.

²⁶ 2 kg-os BAM cseppszűlyos készülékben.

²⁷ Julius Peters-próbán, BAM súrlódási készülékben.

²⁸ 48 órán keresztül 100 °C-on tartott minta gázfejlődésének meghatározása.

FOX-12 – GUDN, N-guanilurea-dinitramid

Érzéketlen, fehér, kristályos por alakú, brizáns, magas hatóerejű robbanóanyag. A robbanóanyagot az SDRA vegyész, Abraham Langlet fedezte fel, és 1897-ben szabadalmaztatta. Előállítási költségei miatt – mint a hasonló tulajdonságokkal rendelkező érzéketlen robbanóanyagokat – általában keverékekben alkalmazzák. A kezdeti kísérleteket követően (a lőporhoz hasonlóan) kálium-nitráttal (KNO_3) mint erős oxidálószerrel keverve az autók légszákpatronjaiban alkalmazzák. Gyártótól függően ugyanezen a területen réz-nitráttal [$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$] keverve is megtalálható.

Nemcsak oxidálószerrel, hanem más robbanóanyaggal keverve is megtalálható a piacon. A trotil és a FOX-12 azonos arányú keveréke olyan, olvadékból önthető robbanóanyagot képez, amelyet előszeretettel alkalmaznak a nagy kaliberű lövedékek, bombák, aknák és torpedók robbanóanyagaként. Ez az anyag GUNTOL néven vált ismertté a piacon, de GUNTONAL néven is megtalálható. A GUNTONAL a 15% alumíniumot tartalmazó változat.²⁹ Az alumíniumport a stabilabb detonációs hullám elérésének érdekében, a detonációs sebesség növelésére alkalmazzák más robbanóanyag-keverékekben is.³⁰

A keverékek esetében még nagyobb teljesítmény érhető el, ha a FOX-12 robbanóanyaghoz szilárd töltőanyagként PETN-t,³¹ RDX-et vagy HMX-et adnak hozzá. Bár az említett keverékek teljesítménye kimagasló, nem alkalmazhatóak a precíziós fegyverek kialakításánál, mivel érzékenységiük miatt nem felelnek meg az érzéketlen lőszer (IM) követelményeinek. Voltak próbálkozások annak tekintetében, hogy viasz, paraffin vagy vazelin, esetleg más inert komponensek hozzáadásával a már amúgy is alacsony ütésérzékenységet csökkentse, de nem találtam hiteles bizonyítást ennek működésére.

Kevés információ áll rendelkezésre annak vonatkozásában, hogy a JD-X-et vagy ismertebb nevén HNS-t³² milyen mennyiségben használják a FOX-12 keverékeiben, az azonban igazolt, hogy a TNT öntésekor 0,5%-ban HNS-t adnak hozzá azért, hogy a TNT-ben szabálytalan mikrokristályokat képezzenek, amelyek megakadályozzák a repedést. Az anyag tehát drasztikusan csökkenti a repedések kockázatát azáltal, hogy a makroszerkezetet erősebbé teszi, így válik alkalmassá arra, hogy akár tüzérségi lövedékek fő töltete legyen.³³

DNAN – 2,4-dinitroanizol

Alacsony érzékenyséjú, vízben nagyon gyengén oldódó, halványsárga, szemcsés – kristály- vagy túszerű – szerves vegyület. Alacsony érzékenységeinek köszönhetően folyamatosan vizsgálják mint az alacsony érzékenyséjú olvadékontvények új osztályának egyik tagját. Az előzőekben

²⁹ SJÖBERG et al. 2010.

³⁰ DARUKA 2016: 26–44.

³¹ PETN vagy TEN – pentaeritrit-tetranitrát, ismertebb nevén nitropenta.

³² JD-X (HNS) – hexanitroszilbén. Sárgás narancssárga, szilárd, hőálló erős robbanóanyag. A TNT nátrium-hipoklorit-oldattal történő oxidációjával állítják elő. A HNS nagyobb hőérzékenységgel büszkélkedhet, mint a TNT, és ahhoz hasonlóan érzéketlen az ütésekre.

³³ BOILEAU et al. 2009.

ismertetett okok miatt a trotil helyettesítésére alkalmas alternatívaként kezdték el vizsgálni és továbbfejleszteni.

A vizsgálatok első ütemeként a keveréket úgy állították össze, hogy megfeleljen a Composit B összetételének – vagyis RDX/TNT (60/40) – a TNT közvetlen helyettesítésével. Ezt az anyagot ARX-4027³⁴ elnevezéssel vizsgálták, és 39,75% DNAN-t, 0,25% MNA-t³⁵ és 60% RDX-et tartalmazott. A második ütemben a maximálisan érzéketlen tulajdonságok elérése érdekében a DSTO saját szervezetén belül állította elő az ARX-4028 formulát, amely 29,75%-ban tartalmazott DNAN-t, 0,25%-ban MNA-t és 70%-ban NTO-t. A harmadik formulánál, az ARX-4029 elnevezésűnél az ARX-4028-hoz képest az anyag robbanási tulajdonságát szerették volna fokozni. Ezért a formula 29,75% DNAN-t, 0,25% MNA-t, 65% NTO-t és 5% RDX-et tartalmazott. Az összehasonlító vizsgálatok eredményeinek szemléltetése céljából a negyedik formula egy alap Composit B volt, tehát 60% RDX, 40% [TNT+(1% viasz)].³⁶

2. táblázat: *Robbanóanyag keverési arányai*

Összetevők	DNAN	ARX-4027	ARX-4028	ARX-4029	Composit B
DNAN	100%	39,75%	29,75%	29,75%	–
MNA	–	0,25%	0,25%	0,25%	–
RDX	–	60,0%	–	5,0%	60,0%
NTO	–	–	70,0%	65,0%	–
TNT	–	–	–	–	40,0%

Forrás: PROVATAS–WALL 2014 adatai alapján a szerző szerkesztése

A 2. táblázatban feltüntetett robbanóanyagokkal végrehajtott mérések eredményei alapján megállapítást nyert, hogy a DNAN potenciálisan alkalmas a TNT helyettesítésére az ismertett anyagokban, olvasztva, öntött robbanóanyag-formulák helyettesítésére. „Bár termikus tulajdonságai (vitathatóan) nem olyan ideálisak a jelenlegi olvadékontő berendezésekben történő feldolgozáshoz, mint a TNT-éi (például magasabb az olvadáspontja), nem találtak leküzdhetetlen akadályt a megvalósítás útjában.”³⁷ Mivel az anyag kémiai kompatibilitása a felsorolt összetevőkkel megfelelőnek bizonyult, semmi akadálya nincs annak, hogy a DNAN felhasználását a hadiipar a trotil alternatívájaként végrehajtsa.³⁸

³⁴ ARX, Australian Research Explosive.

³⁵ A metil-4-nitroanilint (MNA) adalékanyagként használják energikus anyagok olvadáspontjának csökkentésére érzéketlen robbanóanyagok szintézisében. Ezt a vegyszert általában köztes terméként használják színezékek, antioxidánsok, gyógyszerek és benzin szintézisében, gumiinhibitorokban, baromfigyógyszerekben és korróziógátlóként.

³⁶ PROVATAS–WALL 2014.

³⁷ DAVIES–PROVATAS 2006.

³⁸ DAVIES–PROVATAS 2006.

3. táblázat: Robbanóanyag-vizsgálati eredmények

HATÁSVIZSGÁLAT	DNAN	ARX-4027	ARX-4028	ARX-4029	Composit B
Detonációs sebesség (m/s)	5344	7398	7179	7487	7843
Relatív detonációs nyomás (GPa)	9,49	22,47	20,84	22,01	24,5
Kritikus átmérő (mm)	47,5–50,8	9,3–11,8	44,0–50,8	38,1–44,0	3,0–4,0
Sűrűség (g/cm ³)	1,54	1,68	1,76	1,77	1,72
Ütésérzékenység (GPa)	7,02	2,62	8,14	5,21	2,69
Réteszt (mm)	18	47	13,5	21,4	45,9
TERMIKUS (DSC-)VIZSGÁLATOK	DNAN	ARX-4027	ARX-4028	ARX-4029	Composit B
Olvadáspont (°C)	95,1	91,07	95,8	90,86	80,6
Bomláspont (max., °C)	350	236	262	258	220
ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLATOK	DNAN	ARX-4027	ARX-4028	ARX-4029	Composit B
Rotter-érzékenység (Fofl)	>220	160	200	200	140
Súrlódási érzékenység (N)	160	288	324	288	108
Gyulladás hőmérséklet (°C)	347	220	227	205	212
Elektrosztatikus kisülési vizsgálat (J)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Vákuumstabilitási vizsgálat (ml/g)	0,02	0,2	0,37	0,33	0,15

Forrás: PROVATAS–WALL 2014 adatai alapján a szerző szerkesztése

A 3. táblázatban feltüntetett vizsgálati eredmények is azt igazolják, hogy a DNAN-alapú robbanóanyagok esetében nem voltak jelentős különbségek a hatásvizsgálatoknál. Ez látható a termikus vizsgálatoknál, a súrlódási értékeknél és az elektrosztatikus kisülés értékeinél is. Az eredmények figyelembevételével levonhatjuk azokat a következtetéseket, hogy a vizsgált robbanóanyagok (ARX-formulák) nem válnak érzékennyé a különböző ingerekre, és képesek ellenállni a hőmérséklet-változásoknak is.

Az anyagvizsgálati dokumentáció szerint „[a] gyorsított öregedési vizsgálatok azt mutatják, hogy a DNAN-olvadékból öntött robbanóanyagok hatékonyabbak, mint a hagyományos, TNT-alapú robbanóanyag-töltetek, például a Composit B”.³⁹ A különböző ingerekre, hatásokra – lökésre, ütésre, ütközésre – való érzéketlenségükkel, illetve a hőhatásra tekintettel ezek a készítmények tökéletesen alkalmasak a TNT kiváltására, és ebből adódóan megfelelő anyagok lennének érzéketlen lőszer töltetének.

Fontosnak tartom megemlíteni, hogy a TNT DNAN-re történő cseréjét nem kizárólag az ausztrál DSTO igazolta. Az olvadékokból öntött robbanótöltetek alkalmazhatóságát az amerikai BAE Systems is igazolta: „az amerikai hadsereg megkezdte a TNT tűzérzési használatának fokozatos megszüntetését. A csere, amely jelenleg folyamatos gyártásban van, az IMX-101 nevet viseli, és sokkal biztonságosabb a kezelése és tárolása, mint a TNT-é, ugyanakkor hatékonyságuk megegyezik a csatatéren.”⁴⁰ Az IMX-101 az IM-technológiák⁴¹ új, következő generációs családjának része, amely új IM-robbanóanyag-összetevőket, például NTO-t és DNAN-t használ. Ha pontosítani szeretnék, akkor 2,4-dinitroanizolból (DNAN – 43,5%), nitrotriazolonból (NTO – 19,7%) és nitroguanidinből (NQ – 36,8%) áll.

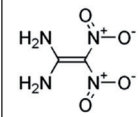
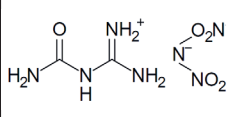
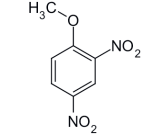
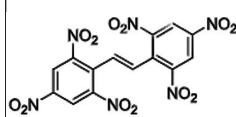
³⁹ PROVATAS–WALL 2014: 21.

⁴⁰ A BAE Systems termékismertetője alapján a szerző fordítása. Lásd: www.baesystems.com/en/feature/making-explosives-safer

⁴¹ IM, *insensitive munitions* – érzéketlen lőszer.

Az IMX-104-gyel is végeztek vizsgálatokat, de a jelenleg rendelkezésre álló információk még nem nyilvánosak, a termékről csak annyit tudni, hogy DNAN-t, NTO-t és RDX-et tartalmaz. Ha a fent leírt mintákat vesszük alapul, akkor valószínű, hogy a robbanóanyagok közötti különbség mindössze abból adódik, hogy milyen hadiipari termék töltetként kívánják alkalmazni.

4. táblázat: TNT kiváltására alkalmas érzéketlen robbanóanyagok

MEGNEVEZÉS	FOX-7	FOX-12	DNAN	JD-X
CAS-szám	145250-81-3	217464-38-5	119-27-7	20062-22-0
Kémiai képlet	$C_2H_4N_4O_4$	$C_7H_7N_7O_5$	$C_7H_5N_5O_5$	$C_{14}H_6N_6O_{12}$
Moláris tömeg	148,08	209,122	198,134	450,23
Sűrűség (g/cm ³)	1,885	1,760	1,336	1,7
Olvadáspont (°C)	238	225	94,5	316
Detonációs sebesség (m/s)	8335	8235	8436	7000
Szerkezeti képlet				

Forrás: a szerző szerkesztése

JD-X (HNS) – hexanitroszilbén

A trotilt kiindulási anyagként alkalmazó egylépéses eljárásban, nátrium-hipoklorit-oldattal történő oxidációval állítják elő. A reakcióból kinyerhető nagyon finom, sárgás narancssárga kristályos anyagot kizárólag a szennyeződésektől tisztítják meg, és HNS-I-ként emlegetik. Egy nagyobb szemcseméretű és nagyobb térfogat-sűrűségű, szabadon folyó szilárd anyag,⁴² amelyet a HNS-I átkristályosításával nyernek, a HNS-II.⁴³ Nagyon erős hőstabil robbanóanyag – a TNT-énél nagyobb a hőérzékenysége –, és kitűnő paraméterekkel rendelkezik az érzékenységvizsgálatok területén is. A robbanóanyagot a TNT öntésénél is alkalmazzák, ahogy a FOX-12-nél is említettem, a repedések megakadályozásának érdekében.

Nemcsak érzéketlensége és kiváló robbanási tulajdonságai, hanem hőstabilitása (akár 260 °C tartósan) is alkalmassá tette, hogy az Apollo-programban⁴⁴ és a holdon végzett szizmikus kísérleteknél is alkalmazzák.⁴⁵

Miután ismertettem ezeket az érzéketlen robbanóanyagokat – amelyek számos esetben alkalmasak például a trotilt kiváltására –, tekintsük át, hogy milyen területeken és eszközök-

⁴² Free-flowing solids: a szabadon folyó szilárd anyagok a folyadékokhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek, és elmeríthetik az embert, megakadályozva a légzést. Ezen szilárd anyagok közé tartoznak a gabona, cukor, liszt, homok, szénpor és egyéb porszerű vagy szemcsés anyagok, például kavics vagy talaj. Futóhomokként is emlegetik.

⁴³ A fellelhető szakirodalom jelentős része szerint a HNS-nek csak egy kristályos formája létezik, szobahőmérséklettől az olvadáspontjáig. SCHWARZ 1972.

⁴⁴ Apollo Lunar Surface Experiments Package – Apollo holdfelszíni kísérletek csomag.

⁴⁵ BEMENT 1970.

ben lehet ezeket felhasználni, alkalmazni, mindaddig, amíg egy újabb, jobb paraméterekkel rendelkező robbanóanyagot nem fejlesztenek ki.

Érzéketlen robbanóanyagok alkalmazásának lehetőségei

Az ismertetett robbanóanyagok felhasználási területe többnyire a hadiiparra korlátozódik, mivel ezeknek a termékeknek a paraméterei kiválóan megfelelnek a különböző robbanótestekkel szembeni követelményeknek. Az érzéketlen robbanóanyagok kifejlesztése, ahogy a bevezetőben is írtam, többnyire katasztrófákat követő vizsgálati eredmények hatására merült fel igényként. Ahogy az érzéketlen robbanóanyagok, úgy az érzéketlen lőszer fejlesztését is nem várt események, életeket követelő és a harcjárművek károsodásával járó robbanások követelték meg.

Megszámlálhatatlan példát találunk arra vonatkozóan, hogy egy-egy robbanótest, amely érzékenyebb volt a hőre és/vagy a mechanikai ütésekre, elműködött, ezzel elindítva egy emberi életeket követelő láncreakciót. Az Öbölháborúban például a harcjárművek károsodásának nagy részét saját hadianyag-rakományuk (lőszerkészletük) okozta, amit nem kívánt ingerek váltottak ki akaratlanul. A nem várt reakciókhoz (robbanásokhoz) nem is volt szükség feltétlenül arra, hogy közvetlenül a harc megvívása során következzenek be. Ez azért is fontos, mert a normál használati körülmények között ezek a robbanótestek, lőszer hatékonyak, mivel nagyon valószínűtlen, hogy a bennük található magas hatóerejű robbanóanyagok veszélyességének ellenére spontán felrobbannak.

Szándékosan hoztam a fenti példát, hiszen a harcjárművekben tárolt saját lőszerkészletek fokozott terheléseket kapnak egy ellenséges lövedék becsapódása következtében. Ha egy is elműködik, az további lőszerkeket indíthat el, ami a teljes készlet, a kezelőszemélyzet és a harcjármű megsemmisülését eredményezheti.

Ezeket a reakciókat úgy csökkenthetjük a legnagyobb mértékben, hogy a harcjármű lőszerkezeit újrakonfiguráljuk, vagy olyan anyagokkal csomagoljuk, választjuk el a lőszerkezt, amelyek meggátolják a reakció bekövetkezését. A probléma ebben az esetben a biztonság és a hatékonyság egyensúlyának elvesztése, hiszen a biztonság fokozásához a lőszerkészlet mennyiségének csökkentésén keresztül vezet az út. Ez volt az a problémakör, amely arra ösztönözte a kutatókat, hogy a robbanótestekben alkalmazott robbanóanyagot kevésbé érzékeny, de ugyanolyan hatékonyságú anyaggal helyettesítsék.

Az előzőekben már ismertettem azokat az anyagokat, amelyek a lövedékekben alkalmazott TNT kiváltására megfelelnek, és jobban ellenállnak a kedvezőtlen körülményeknek. Nemcsak a nagy erejű robbanóanyagok, hanem a lövegajtóanyagok és a rakéta-ajtóanyagok jelenleg használatban lévő, egy-, két- és hárombázisú alkotóelemei is helyettesíthetők más, energikusabb, de kevésbé érzékeny összetevőkkel.

Mit is jelent az érzéketlen lőszer kifejezés? Az érzéketlen lőszer „olyan lőszer, amely igény szerint megbízhatóan teljesíti a teljesítmény-, készenléti és műveleti követelményeket, és amely minimálisra csökkenti a fegyverplatformok, logisztikai rendszerek és a személyzet későbbi járulékos károsodásának valószínűségét és súlyosságát, ha meghatározott baleseti

és harci fenyegetéseknek vannak kitéve.⁴⁶ Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az érzéketlen lőszer az őt alkalmazó, felhasználó személy által megjelölt cél elpusztításán kívül sem repesz vagy más lövedék közvetlen vagy közvetett hatására, sem szélsőséges hőmérséklet kialakulásának esetén nem fog felrobbanni.

Az érzéketlen lőszernek ez a tulajdonsága (megnövekedett biztonságérzet) teszi lehetővé nagy mennyiségű hadianyag (például rakéta) becsomagolását, kezelését, tárolását és szállítását akár a legszűkebb helyeken is. Az „érzéketlen lőszer” minősítés megszerzéséhez teljesíteni kell a STANAG 4439 – az érzéketlen lőszer bevezetésére és értékelésére vonatkozó eljárásrend⁴⁷ – szerint meghatározott követelményeket.

5. táblázat: Az érzéketlen lőszer meghatározására szolgáló vizsgálatok

VIZSGÁLATÍPUS	VIZSGÁLATI INGEREK	VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK/MÓDSZEREK	MIL-STD-2105 C ⁴⁸
Termikus veszélyek	Gyorsfelfűtés-teszt	STANAG 4240 Fast Heating Test Procedures for Munitions	
	Lassúfelfűtés-teszt	STANAG 4382 Slow Heating Test Procedures for Munitions	
Mechanikus veszélyek	Lövedékbecsapódás-teszt	STANAG 4241 Bullet Impact Test Procedures for Munitions	
	Repszbecsapódás-teszt	STANAG 4496 Fragment Impact Test Procedures for Munitions	
	Kumulatívjet-beccsapódási vizsgálat	STANAG 4526 Shaped Charge Jet Impact Test Procedures for Munitions	
Kombinált veszélyek	Együttes hatás tesztje	STANAG 4396 Sympathetic Reaction Test Procedures for Munitions	

Forrás: a szerző szerkesztése

Napjainkban számos ország végzi el a fent említett vizsgálatokat az általa fejlesztett robbanószerkezetekben (gránátokban, lőszerekben stb.). Azokat a „termékeket”, amelyek megfelelnek a követelményeknek, érzéketlen lőszernek lehet minősíteni, és így lehet őket forgalmazni. Mivel a vizsgálati anyagok megosztása kötelező érvényű, egyre több nyugati hadsereg alkalmaz ilyen lőszerket. A holland és a német hadseregben 155 mm-es IM jelölésű gránátok vannak rendszeresítve, a francia tüzérség rendelkezik francia gyártású XF sorozatú robbanóanyaggal töltött gránátokkal, a Magyar Honvédség talán Rh 26 és Rh 30 robbanóanyaggal töltött gránátokat is rendszeresít a PzH 2000-hez.

A publikációban is ismertetett robbanóanyagok közül a FOX-12 és az RDX 60/40% arányú keverékét például hajtóanyagként használják az UNIFLEX 2 IM moduláris tüzérségi töltetrendszerben, amelyet a BAE 155 mm/L52 Archer tarackban helyeztek el.⁴⁹

⁴⁶ A NATO terminológiai adatbázisában megfogalmazott definíció alapján a szerző fordítása.

⁴⁷ STANAG 4439 Policy for Introduction and Assessment of Insensitive Munitions (IM).

⁴⁸ Védelmi vizsgálati módszer szabványa: veszélyértékelési vizsgálatok nem nukleáris lőszerkezh.

⁴⁹ DAHLBERG 2020.



1. ábra: BAE 155 mm/L52 Archer tarack és a GUDN hajtóanyag elrendezése (az UNIFLEX 2 IM moduláris tüzérségi töltetben)

Forrás: DAHLBERG 2020 alapján a szerző szerkesztése

Az ALIMX-101-et, amely körülbelül 24% alumínium és 76% IMX-101 keveréke, jelenleg a H6 és PBXN-109 érzéketlen helyettesítőjeként vizsgálják az Mk82 típusú repeszromboló légibombákban.

A PAX-41 érzéketlen robbanóanyag – amelynek alkotóelemei között a DNAN, az MNA és az RDX durva és finom őrlményei is megtalálhatók – alkotóeleme a Spider XM-7 NCM⁵⁰ gránátjának.

A PAX-48 érzéketlen robbanóanyagot is azért hozták létre, hogy olyan speciális esetekben alkalmazzák, ahol a Composit B kiváltása a fő cél. Mivel a robbanóanyag a DNAN, az NTO és a HMX megfelelő arányú keveréke, így érzéketlen anyagjellemzői miatt kitűnően alkalmazható aknavető gránátok és harcokcsilőszerkezetek fő tölteteként. Jelenleg típusminősítéssel rendelkezik a 120 mm IM HE-T nyomjelző lőszerhez.⁵¹

A tüzérségi és egyéb nagy kaliberű lőszerkezetek esetében szintén a trotil kiváltásán alapult az új robbanóanyagok fejlesztése és alkalmazása, így az IMX-101 került számos lőszer belsejébe. Jelenleg az amerikai hadsereg elfogadta és használja az IMX-101 érzéketlen robbanóanyaggal szerelt M795 155 mm-es tüzérségi lövedéket. A haditengerészet valószínűleg költség-hatékonyság és egyéb, funkcionalitásból adódó érdekek miatt még mindig a TNT-vel szerelt változatot használja.

Az aknavető gránátok esetében a Composit B robbanóanyag kiváltása volt a fő célkitűzés, és az – RDX-, DNAN-, NTO-alapú – IMX-104 magas hatóerejű érzéketlen robbanóanyag biztosította ennek lehetőségét. A teszteredmények alapján a 60 mm-es, a 81 mm-es és a 120 mm-es aknavető gránátok adott típusainak esetében a típusminősítés folyamatban van.

⁵⁰ Network Command Munition.

⁵¹ 120 mm Insensitive Munition High Explosive-Tracer.

Az említett hadianyagok, valamint az IMX-101 és az IMX-104 robbanóanyagok esetében szükségesnek tartom megemlíteni a CLIMEx programot,⁵² amely a tűzérési lőszerekben és aknavető gránátokban használt robbanóanyagokat és azok cseréjét vizsgálta. Összesen tizenöt, magas hatóerejű robbanóanyaggal szerelt lövedéket vizsgáltak.

6. táblázat: CLIMEx programok teszt eszközei

TŰZÉRSÉGI LÖVEDÉKEK (TNT helyett IMX-101)		AKNAVETŐ GRÁNÁTOK (Composit B helyett IMX-104)		
155 mm	105 mm	120 mm	81 mm	60 mm
HE-RA M549A1	HE-RA M927	HE M933	HE M821A2	HE M720
HE M795	HE-RA M913	HE M934	HE M889A1	HE M768
HE M107	HE M1	–	HE M889A1	HE M888
–	HE M760	–	–	–

Forrás: a szerző szerkesztése

A programnak két célkitűzése volt: egyetlen közös robbanóanyag kiválasztása minden tűzérési lövedékhez és aknavető gránáthoz, illetve két önthető robbanóanyag kiválasztása, az egyik a trotil, a másik pedig a Composit B cseréjére. A teljes vizsgálati procedúra az üzembiztosság és a költséghatékonyság keretein belül zajlott.⁵³ A vizsgálatok részletei a hivatkozott irodalomban megtalálható linken elérhetők. A végső következtetésként az IMX-101-et választották a TNT helyettesítésére, és az IMX-104-et választották Composit B helyettesítő érzéketlen, magas hatóerejű robbanóanyagnak.

Említést kell tenni azokról a vizsgálatokról, kísérletekről, amelyek vagy nem az elvárt eredményt hozták, vagy nem költséghatékony a további fejlesztésük. A HNS fejlesztésénél végeztek kísérletet a kumulatív hatás előnyeit kihasználva lineáris vágótöltetekkel. A hegesztés nélküli alumíniummal burkolt, lineárisan alakított töltet⁵⁴ esetében nem a robbanóanyag, hanem a robbanótest kialakítása, méretezése jelentette a kihívást.⁵⁵ A nagy tisztaságú alumíniumburkolatot kedvező hőmérséklete, szilárdsága, illetve súlytulajdonságai miatt választották ki.

A töltetházak méretezésével, illetve a 3D-nyomtatás termékeinek alkalmazhatóságával kapcsolatban napjainkban is végeznek kísérleteket, mind katonai robbanóanyaggal (SEMTEX-H), mind többkomponensű, még kísérleti fázisban lévő robbanóanyaggal.⁵⁶

⁵² Common Low-cost Insensitive Munitions Explosive program.

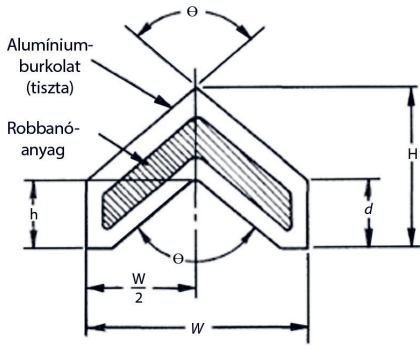
⁵³ PATEL 2011.

⁵⁴ ALSC, *aluminum-sheathed, linear shaped charge*.

⁵⁵ SCHWARZ 1972.

⁵⁶ KUGYELA 2019: 99–110; EMBER 2022: 13–23.

7. táblázat: Az ALSC keresztmetszeti mérete



Röbbanóanyag-töltet (grain/láb)	Méretezés				
	W (inch)	H (inch)	d	h (inch)	Θ (fok)
7	0,108±0,003	0,085±0,002	opcionális	0,035±0,003	95±5
10	0,130±0,004	0,098±0,003	opcionális	0,045±0,003	95±5
15	0,155±0,005	0,120±0,004	opcionális	0,053±0,003	95±5

A dimenziókat az eredeti anyagnak megfelelően (inch és fok) adtuk meg.
1 grain/láb = 0,000212594849 kg/m, 1 inch = 2,54 cm

Forrás: SCHWARZ 1972 alapján a szerző szerkesztése

Az aknavető gránátokban már alkalmazzák az érzéketlen robbanóanyagokat, és más területen is fontolóra vették azok bevezetését. A költség tényező természetesen minden esetben fontos, de a hatékonyabb robbanóanyagokra minden területen szükség lesz a jövőben is. A nagy testű harcokcsiaknak is potenciális célpontok lehetnek a fejlesztők számára. A terület folyamatos fejlődése, technológiai megújulása is nyomon követhető, de terjedelmi korlátok miatt ennek ismertetésére most nem vállalkozom.⁵⁷

A trolis és a Composit B alternatíváinak óriási jelentősége lehet a következő években, évtizedekben, hisz megszámlálhatatlan eszköz van jelenleg a világ számos pontján rendszerben és rendszeren kívül is, amelyeket még ezekkel az anyagokkal gyártottak.

Összefoglalás

A robbanóanyagok nagy tömegben történő szállítása, tárolása és alkalmazása már a 19. század végén is komoly fejtörést okozott mind polgári, mind katonai körökben. A tudományos vizsgálatok, az anyagok teljes körű megértése, a környezeti reakciók felismerése hozzásegítette az embereket, hogy a robbanóanyagokat hatékonyan és biztonságosan alkalmazzák az iparban és sajnos a hadi felhasználásban is.

⁵⁷ Kovács 2022a; Kovács 2022b.

A nagy tömegben tárolt, szállított vagy alkalmazás során felhalmozott robbanószerkezetek potenciális veszélyt jelentettek a fő töltetükként alkalmazott robbanóanyagok érzékenységének függvényében. A bekövetkezett balesetek, személyi és technikai veszteségek arra ösztönözték elsősorban a kutatólaboratóriumokat, hogy olyan robbanóanyagokat fejlesszenek ki, amelyek jellemzője, hogy rendkívül ellenálló a külső behatásokkal szemben (gyors és heves hőmérséklet-változás, erős mechanikai hatások, más fegyverek közeli detonációja, repeszek, tűz stb.), illetve ilyen esetekben csak nehezen gyulladnak meg vagy robbannak fel. Mindezt úgy kellett és kell napjainkban is elérniük, hogy a robbanószerkezetek élesített állapotban, rendeltetésszerű használat közben, vagyis az ellenséges célpont megsemmisítésére irányuló kísérlet esetén megfelelően működjenek.

Bemutattam néhányat azok közül az érzéketlen robbanóanyagok közül, amelyek képesek az érzéketlen robbanóanyagokkal szemben elvárt követelmények teljesítésére. Ismertettem azokat a vizsgálati szabványokat, amelyek segítségével az érzéketlen robbanóanyagokkal szerelt hadianyagok „érzéketlen lőszer” minősítést szerezhetnek. Végül bemutattam azokat az alkalmazási lehetőségeket, eszközöket – aknavető gránátokat és tűzérési lövedékeket –, amelyek sikeresen teljesítették az érzéketlen lőszerrel szemben elvárt szabványosított követelményeket azért, hogy a TNT és Composit B robbanóanyagból készült töltetüket más anyaggal helyettesítették.

Az érzéketlen robbanóanyagok láthatóan nemcsak önmagukban, mint a nagy hatóerejű robbanóanyagok, hanem a lövegajtóanyagok és a rakéta-hajtóanyagok területén is megjelennek. A folyamatos kísérletek, kutatások pedig abba az irányba mutatnak, hogy ezek az anyagok hamarosan a hadianyagok más típusaiban is megjelenhetnek. Mindezt úgy érthetik el, hogy az új, innovatív megoldások tükrében biztonságosabbak, költséghatékonyabbak, kevésbé terhelik a környezetet, és természetesen hatékonyabbak, mint azok az anyagok, amelyeknek a helyére kerültek.

Irodalomjegyzék

- 1947 Texas City Disaster – First Explosion. *Moore Memorial Public Library*. Online: www.texascitytx.gov/464/First-Explosion
- ADR International Recruiting Agency (2021): *Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road. Volume I*. Online: <https://unece.org/adr-2021-files>
- BEMENT, L. J. (1970): *Application of Temperature Resistant Explosives to NASA Missions, Proc. Symp. on Thermally Stable Explosives*. White Oak: Naval Ordnance Laboratory.
- BERGMAN, H. et al. (1999): *Some Initial Properties and Thermal Stability of FOX-7*. Insensitive Munitions and Energetic Materials Symposium (NDIA), Tampa, Florida, USA.
- BOILEAU, Jacques et al. (2009): *Explosives – Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Online: https://doi.org/10.1002/14356007.a10_143.pub2
- DAHLBERG, Johan (2020): *New Low-Sensitivity Modular Charge Propellant Based on GUDN*. Online: https://imemg.org/wp-content/uploads/IMEMTS%202006_Dahlberg%20_paper_post.pdf
- DARUKA Norbert (2016): *Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–43. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2187/1456>

- DAVIES, Phil J. – PROVATAS, Arthur (2006): *Characterisation of 2,4-Dinitroanisole: An Ingredient for Use in Low Sensitivity Melt Cast Formulations*. Online: <https://web.archive.org/web/20160304041436/www.ntis.gov/assets/pdf/st-on-cd/ADA458880.pdf>
- EMBER István (2022): Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 13–23. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2>
- KOVÁCS Zoltán (2022a): Aknatelepítés: Keleten a helyzet jelentősen megváltozott 1. rész. *Haditechnika*, 56(3), 31–38. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.3.06>
- KOVÁCS Zoltán (2022b): Aknatelepítés: Keleten a helyzet jelentősen megváltozott 2. rész. *Haditechnika*, 56(4), 31–37.
- KUGYELA Lóránd (2019): Experiments with Small Size Shaped Charges. *Hadmérnök*, 14(2), 99–110. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.2.8>
- LOCHERT, Ian J. (2001): *FOX-7 – A New Insensitive Explosive*. Fisherman's Bend, Victoria, Australia: Defence Science & Technology Organisation, DSTO-TR-1238 (36). Online: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a399359.pdf>
- LUKÁCS László (2008): A robbanóanyagok kialakulásának rövid története. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28(1–4), 17–26. Online: <https://tinyurl.hu/u4ue>
- Nitrate Ship Blast at Brest Kills 8, Injures Hundreds. *The New York Times*, 1947. július 29. Online: www.nytimes.com/1947/07/29/archives/nitrate-ship-blast-at-brest-kills-8-injures-hundreds-port-and.html
- OSTMARK, H. et al. (1998): *FOX-7 – A New Explosive with Low Sensitivity and High Performance*. The 11th International Detonation Symposium, Colorado, USA.
- PATEL, Charlie (2011): *Common Low-cost IM Explosive Program*. Defense Technical Information Center. Online: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA554406>
- PROVATAS, Arthur – WALL, Craig (2014): *Ageing of DNAN Based Melt-Cast Explosives*. Weapons and Combat Systems Division, Defence Science and Technology Organisation, DSTO-TN-1332 (36). Online: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA614943.pdf>
- SCHWARZ, Alfred C. (1972): *Application of Hexanitrostilbene (HNS) in Explosive Components*. Explosive Components Division, Sandia Laboratories, Albuquerque, SC-RR-710673. Online: <https://doi.org/10.2172/4666790>
- SJÖBERG, Per – ÖSTMARK, Henric – AMNÉUS, Anna-Maria (2010): *GUNTONAL – An Insensitive Melt Cast for Underwater Warheads*. Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology symposium, Munich, 2010. október 11–14. Online: <https://tinyurl.hu/XvFd>

Ádám Balázs¹ 

Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban – A tűzserézfeladatok keretei hazánkban I. rész

Artificial Intelligence in Explosive Ordnance Disposal Tasks – Frameworks of Explosive Ordnance Disposal Duties in Hungary Part I

A Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban című négyrészes cikksorozat fő célja a mesterségesintelligencia-alapú tűzserész-támogató információs rendszer bemutatása. A cikksorozat I. részében ismertetjük az MH 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred, valamint elődszervezete közszolgálati feladatait, a mentesítési tevékenység végrehajtási kereteit. Továbbá bemutatjuk azokat az esetszámokat jellemző statisztikai adatokat, amelyek a Magyarországon előtalált robbanótestek mennyiségét mutatják, bizonyítva ezzel a tűzserész-szakfeladatok és azok támogatásának jövőjét és kiemelt szerepét.

Kulcsszavak: *tűzserész, mesterséges intelligencia, robbanótestek, felismerő rendszer, aknagránát*

The main goal of the four-part article series entitled Artificial Intelligence in EOD Tasks is to present the EOD Support Information System Based on Artificial Intelligence. In Part I of the series of articles, the public service duties of the HDF 1st EOD and River Guard Regiment and its predecessor organization, as well as the implementation framework of the exemption activity, will be presented. Furthermore, the statistical data that show the amount of explosive ordnance discovered in Hungary, thus proving the professional tasks of the EOD and the future and important role of their support will be presented.

¹ Szakaszparancsnok, Magyar Honvédség 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred, e-mail: adam.balazs@mil.hu

Keywords: EOD, artificial intelligence, explosive ordnance, recognition system, mortar grenade

Bevezetés

Magyarország területén az elmúlt évszázadok során számos olyan fegyveres konfliktus zajlott, amelyben a robbanóanyagok egyik típusát, a toló hatású robbanóanyagot, vagyis a lőport használták. Már a török hódoltság idején vívott harcokban is használtak puskaporral töltött, ágyúkból kilőtt repeszbombákat. Bár az 1848/49-es forradalom és szabadságharc időszakában is számos, hasonló elven működő eszközt vetettek be, a robbanóeszközök alkalmazása az ország területén az első és második világháború alatt vált igazán tömegessé, így nem véletlen, hogy napjainkban is ezek okozzák a legnagyobb fejtörést a szakembereknek. A második világháború maradványaiból például átlagosan évi több mint 30 000 db kerül elő, míg a szakemberek becslése alapján a földben nyugvó eszközök száma milliós nagyságrendű. A leginkább érintett vármegyék közé tartozik Fejér és Pest vármegye. Azt is érdemes megjegyezni, hogy bár a bejelentések túlnyomó többsége valóban veszélyes eszközről érkezik, a kiszállások 10%-ában megvizsgált test valójában nem robbanóttest.² Az ilyen értelemben tévesnek tekinthető riasztások jelentős humán és anyagi erőforrásokat köthetnek le, így a ténylegesen veszélyes robbanóttestek mentesítése késedelmet szenved, ami növelheti például egy esetleges baleset kockázatát is.³

A korábbiakban több fémkereső műszeres kutatást is végeztem, amelyek során számos alkalommal találtam az első és második világháborúból visszamaradt, elműködött vagy éles robbanóttesteket. Ezáltal megismerkedtem azzal a hatósági folyamattal, amely a robbanóttesteket előtalálásuktól egészen a megsemmisítésükig vagy központi gyűjtőhelyre szállításukig kíséri. Felismertem, hogy az eljárásrendben – amelyet a későbbiekben részletesen bemutatok – dolgozó rendőrség és az MH 1. Tüzserész és Folyamőr Ezred (tüzserészezred) munkatársainak közös munkáját nagyban elősegítené egy olyan mesterségesintelligencia-, azaz MI-alapú⁴ szoftver, amely képes hatékonyan felismerni és beazonosítani (nem feltétlenül 100% pontossággal) az egyes előtalált robbanóttesteket akár már néhány fénykép alapján.

A hadtudomány jelen kiemelt kutatási területei közé tartozik az országvédelem és az állampolgárok védelme, így közvetetten az ország területének robbanóttestektől való mentesítése, de fontos részét képezik a védelmi célú robotika területének fejlesztései is.⁵ Így az elkészült robbanóttest-azonosító rendszer további fejlesztésével és egy tüzserészrobothoz történő integrációjával akár egy autonóm harcanyag-felismerő és -hatástalanító, -semlegesítő eszközt is létre lehet hozni a jövőben. Hasonló jellegű, irányú fejlesztésként az MI kínálta

² Ezek egy része bár robbanóttestnek néz ki, vagy korábban az volt, napjainkra valamilyen okból már nincs benne robbanóanyag vagy pirotechnikai anyag. Ilyen például egy üres aknagránát vagy ürméret alatti páncéltörő lövedék.

³ EMBER 2020a.

⁴ Artificial Intelligence – AI.

⁵ BODA et al. 2016a: 1–23; 2016b: 3–19.

lehetőségeket is ötvözni lehetne az aknamezők drónokkal történő légi felderítésével⁶ és más, tűzserézfeladatokban használt eszközök képességeivel is.⁷ A mesterséges intelligencia felhasználása a védelmi ipar fejlesztéseiben nem új keletű tevékenység. A honvédelem szinte minden területén jelentek már meg olyan szoftverek és robotok, amelyek hatékonyan segítik a rendvédelmi és honvédelmi szervezetek munkáját szerte a világban.⁸

A fejlesztés megkezdése előtt empirikus tapasztalatokat kellett szerezni mind a szükséges képi adatbázis létrehozásával, mind pedig az MI programozásával kapcsolatosan. Nagyon sok tesztelésre volt szükség a megfelelő felépítésű és összetételű, MI tanítására alkalmas képi adatbázis létrehozásához. Több változó (háttér, fényképezés szöge, képek mennyisége, fő- és alcsoportok száma) együttes figyelembevételével, azok súlyozásának helyes megválasztásával válhatott csak sikeressé a tevékenység. Az MI programozása során a változók (rétegek, újratanulások száma) optimális értékének meghatározása is komoly visszaellenőrzési folyamat eredménye, ugyanis nincsen pontos definíció azok kiválasztására, és nem tudhatjuk előre, hogy milyen változók alkalmazásával válik a rendszer a leghatékonyabbá. Ennek egyik fő oka, hogy nincs két egyforma képi adatbázis és nincs két azonos neurális háló sem.

A kutatás kezdetén megfogalmazott elvárások az eredményeket illetően a következők voltak:

- létrehozni egy olyan MI-szoftvert, amely képes katonai eredetű robbanótestek előre meghatározott csoportokba történő besorolására;
- az MI-szoftver legyen képes a katonai eredetű robbanótestek legalább 70%-os pontossággal történő azonosítására;
- egy olyan képi adatbázis létrehozása a katonai eredetű robbanótestekről, amely segítségével a képelemző MI hatékonyan tanítható.

A kutatás célja a Magyarországon legnagyobb számban fellelhető robbanóeszközökről rendelkezésre álló információk, műszaki paraméterek vizsgálata és rendszerezése a fejlesztésre tervezett szoftver tanításának támogatása érdekében. Egy MI-alapú robbanótest-azonosító szoftver elméleti alapjainak és lehetőség szerint prototípusának kidolgozása, amely továbbfejlesztve alkalmassá tehető a tűzserézszered, valamint a rendőrség kapcsolódó szakfeladatainak hatékony támogatására.

Tűzserézfeladatok végrehajtásának keretei

A továbbiakban bemutatom a tűzserézszered felépítését, valamint katonai, illetve közszolgálati feladatai közül azokat, amelyek meghatározzák a tűzserész katonák mindennapi tevékenységének kereteit. Ezek megismerésével egyértelművé válik, hogy mi a célja a mesterségesintelligencia-alapú tűzserész-támogató információs rendszernek, és ez mennyiben tudja majd

⁶ KOVÁCS–EMBER 2021: 5–20; 2022a: 84–92.

⁷ EMBER–KOVÁCS 2020: 90–97; KOVÁCS–EMBER 2022b: 18–23.

⁸ NÉMETH–VIRÁGH 2022: 2–7; 2023: 2–6.

segíteni a jövőben a szakállomány napi tevékenységét. Bemutatom a Magyarországra jellemző robbanótest-statisztikát is, annak érdekében, hogy szemléletes legyen a probléma jellege és nagyságrendje, valamint behatárolja a kutatás szempontjából legfontosabb eszközök körét.

Az ezred felépítése

A Magyar Honvédség (MH) és jogelőd szervezeteinek egyik legpatinásabb alakulata az MH 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred. A második világháború magyarországi szakaszának befejezését követően a fontosabb területek szervezett akna- és robbanótest-mentesítésére már 1947-ben létrehozták az 1. Honvéd Aknakutató Zászlóaljat, amellyel a mentesítés szakszerűbbé és hatékonyabbá vált. 1975-ben már önálló egység lett az alakulatból 1. Tűzserész és Aknakutató Zászlóalj néven. A fejlődés továbbra is töretlen maradt, így egy hadihajós alosztállyal kiegészülve 2001. július 1-jével létrejött az MH 1. Honvéd Tűzserész és Hadihajós Ezred. Az ezred kibővített feladatrendszerrel az MH Összhaderőnemi Parancsnokság közvetlen alárendeltségében tevékenykedett 2007 márciusától (2007. március 1. és 2010. június 15. között az alakulat zászlóalj, ezt követően újra ezred szervezetben hajtotta végre feladatait).⁹ Jelenleg az ezred szervezeti átalakulása folyik. 2023. január 1-től MH 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred a katonai szervezet megnevezése, de a szervezet fő feladatai és tevékenységi keretei változatlanok maradtak.



1. ábra: Az MH 1. Honvéd Tűzserész és Hadihajós Ezred címere

Forrás: az MH 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred gyűjteménye

Az ezred fő feladatai és tevékenységei a következők:

- Magyarország területén talált katonai eredetű robbanószerkezetek mentesítése, hatástalanítása és megsemmisítése;
- katonai objektumok tűzserészeti átvizsgálása, mentesítése;
- kezelésre veszélyes robbanószerkezetek és pirotechnikai anyagok megsemmisítése;

⁹ MH 1. TFE 2022.

- a Magyar Honvédség tüzserész beosztású katonáinak kiképzése;
- a külszolgálatra távozó katonák tüzserészeti felkészítése;
- tüzserész-bemutatók szervezése a polgári lakosság tájékoztatása érdekében;
- rendezvények hadihajós biztosítása.¹⁰

Az alakulat szervezete négy fő részre tagolható: a vezető szervekre, a végrehajtó alegységekre, amelyek közé tartozik a Tüzserész és Aknakutató Zászlóalj két tüzserézs századdal (1. és 2. tüzserézs század), valamint a hadihajós alosztály, illetve a logisztikai alegységekre, amelyek közé tartoznak a logisztikai század és a raktárak.¹¹

Mivel Magyarország területén történelme során többször is heves harcok dúltak, jelentős mennyiségű fel nem robbant robbanótest maradt vissza, leginkább a második világháborúból. Mivel az ország területén többször is húzódtak frontvonalak, európai viszonylatban is kiemelkedő a visszamaradt eszközök száma. Ez a tény, illetve az ebből eredő feladatok indokolják egy önálló katonai szervezet fenntartását. Bár a hadihajós alosztály alapvetően nem csak a tüzserészfeladatokat támogatja, feladatainak egy részét mégis a folyókban és állóvizekben talált robbanótestek ártalmatlanítása során a tüzserész bűvárok tevékenységének biztosítása képezi.

Jogszabályban rögzített közszolgálati feladatok

A tüzserészezred közszolgálati feladatait a tüzserészeti mentesítési feladatok ellátásáról szóló 142/1999. (IX. 8.) Kormányrendelet szabályozza. A rendelet hatálya alá esnek azok a katonai tüzserészek, közreműködő személyek és szervezetek, amelyek katonai felhasználásra készített és rendszeresített robbanóanyagot tartalmazó elhagyott robbanótestek mentesítését, hatástalanítását végzik.¹²

Az a személy, aki elhagyott robbanótestet vagy annak látszó tárgyat talál, illetve ilyenről tudomása van, köteles azt a helyi illetékes rendőri szervnek azonnal bejelenteni. Ahol erre nincs lehetőség, ott a település jegyzőjét kell értesíteni, aki megteszi a rendőri szervek kiértesítését. Ezt követően a település jegyzője vagy a rendőri szerv tagja ellenőrzi a bejelentés valódiságát, majd megjelöli az esetleges robbanótest helyét és elhelyezi a robbanásveszélyre utaló jelzést. A továbbiakban az intézkedő felveszi a kapcsolatot az MH Tüzserész Ügyelettel, ahol bejelentést tesz a robbanótestről, illetve az általa korábban végzett intézkedésekről, valamint javaslatokat tehet további korlátozó intézkedésekre, a robbanótest környezetének biztosítása és az állampolgárok védelme érdekében.¹³

¹⁰ MH 1. TFE 2022.

¹¹ MH 1. TFE 2022.

¹² 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet a tüzserészeti mentesítési feladatok ellátásáról.

¹³ 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet.



2. ábra: Bomba hatástalanítása a gyújtó kicsavarásával

Forrás: az MH 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred gyűjteménye

Megjegyzés: a tűzserészből 2022. június 21-én Budapesten, a XIII. kerületben, egy építési területen hatástalanította az előtalált 50 kg-os, FAB-50-es típusú, szovjet gyártmányú légibombát az élesített orrgyújtó szerkezet eltávolításával.

A beérkezett bejelentést az MH Tűzserész Ügylet nyilvántartásba veszi és jelenti a tűzserézszerkezet parancsnokának (vagy ügyeletes parancsnokának), aki az MH Tűzserész Ügyleten keresztül tájékoztatja a bejelentőt a további tevékenységekről, a robbanótest hatástalanításának módjáról és rendjéről. A parancsnok a szükséges tűzserészerőt soron kívül köteles kirendelni a helyszínre, ha a robbanótest lakóépületben, oktatási, nevelési, szociális vagy egészségügyi intézményben, vízi vagy szárazföldi útvonalon, közterületen vagy vízszolgáltatást biztosító létesítményben, esetleg vízszolgáltatást biztosító helyen található. Ezen esetek kivételével a mentesítést 30 napon belül, a szervezet akadályoztatása esetén meghosszabbított határidővel kell elvégezni.¹⁴

Az előtalált robbanótest hatástalanítását vagy elszállítását és megsemmisítését egy tűzserészből vagy -alegység hajtja végre. Ezért a megtalált eszközt más személynek tilos megfognia vagy elmozdítania. A megtalálás helyszínének (ingatlan, építmény, földterület stb.) tulajdonosától elvárható, hogy a közveszély elhárítása érdekében mindennemű észszerű segítséget megadjon a tűzserészbőlnek. A mentesítés végrehajtása érdekében foganatosított további intézkedéseket a tűzserészből a rendőri szerv és a település önkormányzatának jegyzője közreműködésével, bevonásával végzi. A tűzserészből-parancsnok igényeinek megfelelően a település önkormányzata a veszély elhárítása érdekében személyi állományt, eszközöket, anyagokat és gépeket térítésmentesen köteles biztosítani. Amennyiben

¹⁴ 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet.

a robbanótest elszállítása nem lehetséges, és azt a helyszínen kell megsemmisíteni, a települési jegyző feladata a megsemmisítési terepszakasz kijelölése, természetesen a járőrparancsnok szakmai útmutatásának figyelembevételével.¹⁵

A tüzserészszervezet térítés ellenében is végezhet mentesítési munkákat,¹⁶ viszont ezek nem akadályozhatják és hátráltathatják a térítésmentesen végzendő feladatokat. Megrendelésre olyan területeket és objektumokat, illetve anyagalmazokat (például fémhulladék) vizsgálhatnak át, amelyekben a megrendelő szerint robbanótestek találhatóak. A nagyobb mennyiségű robbanóanyag (például pirotechnikai eszközök) hatástalanítását, a tüzserészfeladatok támogatására történő felkészítést és szakértői feladatok ellátását is végezhetik térítés ellenében. Ezt a tüzserész-tevékenységet a szervezet szolgálati előjárója engedélyezheti, de annak idejéről és végrehajtásáról a szervezet parancsnoka határoz.¹⁷

A tüzserészfeladatok végrehajtásának törvényi kereteiből kiderül, hogy a tüzserészeszed katonáinak milyen szerteágazó közszolgálati feladatai vannak a katonai hivatásból származó feladatok mellett. Erre a szigorú törvényi háttérre azért van szükség, mert csak a 2019-es összes hatástalanított eszköz száma (34 768) alapján¹⁸ Magyarország területén napjainkban is milliószámra nyugszanak föld alatt megbúvó éles robbanótestek, aminek köszönhetően évente több ezer bejelentés érkezik, amelyek ellenőrzése és az eszközök hatástalanítása a tüzserészeszed feladata.

Robbanótestek Magyarországon

A napjainkra visszamaradt legnagyobb robbanótest-szennyezés a második világháború következménye. A főváros ostroma például 102 napig tartott, amit a Budapest visszaszerzésére irányuló német Konrád hadművelet követett. Ezenfelül az ország számos területén kialakítottak megerősített vonalakat, mint például a Gizella-, Attila- vagy Karola-vonalak, ahol a védők hosszabb-rövidebb időre feltartóztatták a szovjet csapatok előrenyomulását. Ezzel elhúzódo harcokat vállaltak, ami jelentősen növelte a bevetett haditechnikai eszközök és felhasznált anyagok mennyiségét.

Arra a kérdésre, hogy ezek az eszközök még a háború után több mint 70 évvel is veszélyesek-e, a válasz: igen. Sőt, az idő múlásával a bennük lévő robbanóanyag a külső környezeti tényezők hatására vagy veszít érzékenységből, vagy pont fordítva, kikristályosodik, és fokozottan érzékenyé válik. Éppen ezért fontos ezeknek az eszközöknek a szakemberek általi hatástalanítása.¹⁹

¹⁵ 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet.

¹⁶ A szolgáltatás díját a szerződő felek nonprofit szellemben állapítják meg, így az nem lehet kevesebb a feladat önköltségénél, amely nagyrészt a személyi állomány járandóságaiából és a technikai eszközök üzemeltetésének költségéből áll össze.

¹⁷ 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet.

¹⁸ EMBER 2020a.

¹⁹ EMBER–KOVÁCS 2020.

A legfrissebb részletes statisztikai adatok a 2019-es évről állnak rendelkezésre. Ebben az évben a tüzserészek 34 768 eszközt hatástalanítottak. Ennek legnagyobb része, 27 931 eszköz gyalogsági lőszer volt, viszont a gyakorlat azt bizonyítja, hogy nem ezek a legveszélyesebbek, hanem a tüzérségi gránátok és a légibombák, amelyek az esetek 8%-át tették ki. Érdekesség, hogy mindössze 16 db aknát kellett hatástalanítani az évben, ez az alacsony szám vélhetően a második világháborút követő sikeres aknamentesítő folyamatok eredménye. Viszont az esetek 10%-a, azaz 3476 tárgy nem volt tényleges robbanóeszköz, ezek általában konzervdobozok vagy nagyobb henger alakú fémtárgyak voltak.²⁰

2019-ben összesen 1986 bejelentés érkezett feltételezett robbanótestekről az MH Tüzserész Ügyletre, ez a szám az elmúlt években ugyancsak 1800–2050²¹ bejelentés közé esett, amely átlagban napi 5 esetet jelent, ebből jól látszik, hogy évről évre hasonló mennyiségű riasztás érkezik. Ugyanakkor a bejelentések tényleges eloszlása évszakonként jelentősen változik. Márciusban és áprilisban a tavaszi munkák kezdetén érkeznek az éves esetszám 20%-a. Nyáron is magas a riasztások aránya, amely az őszi munkák befejezésével folyamatosan csökken, és értelemszerűen télen van legkevesebbszer szükség a tüzserészek beavatkozására.²²



3. ábra: Előtalált tüzérségi gránátok Gárdonynál

Forrás: az MH 1. Tüzserész és Folyamőr Ezred gyűjteménye

Megjegyzés: A tüzserészcsoport korábbi bejelentést követően 2022. augusztus 19-én Gárdony település külterületén, egy mezőgazdasági művelés alatt álló területen 10 db 76 milliméteres szovjet tüzérségi repeszlőszerrel talált, amelyet a helyszínről elszállítottak későbbi megsemmisítés céljából.

²⁰ EMBER–KOVÁCS 2020.

²¹ A szerző saját adatai az MH 1. Tüzserész és Folyamőr Ezred Tüzserész Műveleti Főnökségének nyilvántartása alapján.

²² EMBER 2020b.

A bejelentések számát nemcsak idő-, hanem területi eloszlás alapján is lehet vizsgálni. A legkevesebb robbanótest Békés, Zala, Nógrád és Tolna vármegyékben kerül elő, mivel ezek területén kevesebb ideig és kisebb hevedéssel dúltak a harcok. A legszennyezettebb Fejér vármegye, ahonnan a bejelentések 15–20%-a is érkezik. Budapesten belül a XII. és XIV. kerületekben kerül elő a legtöbb robbanótest, ugyanis ezeken a területeken zajlottak a leghosszabb ideig hevedesebb harcok.²³

A számos bejelentés kezelésében a tüzserészműveleti irányítás nagy segítségére lenne egy olyan mesterségesintelligencia-alapú felismerő szoftver, amely képes beazonosítani és kategorizálni a robbanótestek típusát, ezzel megkönnyítve a besorolás folyamatát. Napjainkban ez a legmodernebb szoftveres támogatás, amely jelen körülmények között segíteni tudná az ország területének további mentesítését, illetve a feladatok elvégzésének határfokát, továbbá biztonságosságát is növelné.

A gyalogsági löszerek sok esetben egy bejelentett helyszínen nagyobb mennyiségben kerülnek elő, mivel méretük kicsi, és ezres számban alkalmazták azokat egyszerre. Viszont van egy robbanótesttípus, amely tömeges alkalmazása miatt mindennapos feladatot ad ma is a tüzserészeknek. Ez az aknagránátok csoportja, amelynek tagjai több különböző űrméretben fellelhetők az egykori csaták helyszínein.

Az aknavető meredek röppályájú fegyver, amelynek rendeltetése a röppálya alakjából kifolyólag a fedezékekben, illetve a terephullámok mögött elhelyezkedő élőerő és technikai eszközök pusztítása, valamint harcképtelenné tétele.²⁴ Kisebb űrméretű változatait (8 cm-es átmérőig) a különböző nemzetek haderőiben általában a gyalogság használta (4. ábra), míg nagyobb űrméretű változatait a tüzérség alkalmazta.

Az első típusait még kézi szekéren húzták az alkalmazás helyszínére, ahol a kezelők szerelték azokat össze. Később kialakultak az összecukható változatai, illetve a nagyobb űrméretű eszközöket már saját gumikerekekkel látták el, így tehergépjárművel is vontathatóvá váltak. Az MH-ban az első modernnek mondható aknavetőt 1936 M néven rendszeresítették (4. ábra). 81 mm-es űrméretű, sima csövű, elöltöltő fegyver volt, amelynek króm-nikkel acélcsovét menetes csatlakozással lehetett a csőfarhoz kapcsolni. Ez a talplemezhez kapcsolódott, amely négyszögletű bádoglemezből készült, ennek feladata a lövésből származó hátrarúgást okozó energiák közvetítése volt a talajra, ezzel stabilan és elmozdulásmentesen tartva a fegyvert.²⁵ A lövegcső magasságát egy villás lábú állvánnyal lehetett szabályozni, a célzás helyét pedig ennek állításával lehetett változtatni. Ez a felépítés a napjainkban használt aknavetők legnagyobb részénél megtalálható.

²³ EMBER 2020a.

²⁴ SIPOS–RAVASZ 1997: 17.

²⁵ SIPOS–RAVASZ 1997: 17.



4. ábra: Granatwerfer 34 típusú 8 cm-es német aknavető
Forrás: LAURENCEAU [é. n.]

Az aknagránátok tetején található a gyújtószerkezet, alatta a fejrész, a hengeres rész és a farkrész. Az aknagránát legvégén található a stabilizátorszárny, amely egyrészt a gránát kilövése során azt a csőben a megfelelő pozícióban tartja, másrészt a röppályán stabilizálja az eszközt, továbbá ebben helyezkedik el az alaptöltet is. Ez a lőporból készült töltet indítja el a robbanótest mozgását a fegyver csövében.²⁶ Kezdetben a stabilizátorszárny-lapok közé helyezték el a kiegészítő lőporos zacskókat, amelyek felrobbanása a megfelelő kiegészítő impulzust adta a gránátoknak. De a nagyobb elhelyezhető mennyiség miatt a későbbiekben inkább megnövelték a stabilizátorcső²⁷ hosszát, amelyen így körben nagyobb mennyiségű lőport lehet elhelyezni. Az aknavető hatótávolságát a stabilizátorcsőre helyezett lőportasakok számával lehet módosítani. A második világháborúban alkalmazott aknavetők maximális lőtávolsága típustól függően 2–6 km²⁸ volt, ez a napjainkban használtaknál 7–9 km-re²⁹ növekedett.

Mivel mindennapos eseménynek számít az aknagránátok előtalálása, a kutatás során ennek a robbanótestcsoportnak az egyes típusait vizsgáltam, azokról készítettem fényképes adatbázist, és a mesterséges intelligenciát is ezen eszközök felismerésére programoztam, az összes létező ilyen eszköz felismerésének igénye nélkül.

²⁶ LŐDI 2010: 59.

²⁷ LŐDI 2010: 59.

²⁸ *WWII Mortars of USSR* [é. n.].

²⁹ Hirtenberger Defence Systems 2017.



5. ábra: Szombathelyen, egy kertés ház kertjében előtalált 82 mm-es szovjet aknagránátok

Forrás: az MH 1. Tüzérszázad és Folyamőr Ezred gyűjteménye

Megjegyzés: Szombathelyen egy családi ház emésztőgödrének ásása közben feltételezett robbanóttesteket találtak. A kikerkező tüzérszázad 2022. augusztus 19-én összesen 155 db O-832D típusú, 82 mm-es, szovjet gyártmányú aknagránátot szállított el a helyszínről későbbi megsemmisítés céljából.



6. ábra: 1936 M 8 cm-es aknavető, tüzelőállásban leálcázva

Forrás: HOLLENZER 1942.

Összegzés

Magyarország területén csak az elmúlt évek statisztikai mutatói alapján még közel milliós számú, földben szunnyadó robbanótest található. Ezek hatástalanítása a mindenkori tűzserész katonák feladata lesz, akik nap mint nap azon dolgoznak, hogy a magyar állampolgárok biztonságosabb környezetben élhessék mindennapjaikat. De tűzserész katonáink nemcsak hazánkban, hanem számos, háború sújtotta országban tevékenykedtek vagy jelenleg is tevékenykednek az ott lakók testi épségének megóvása érdekében. Az MI rohamosan fejlődő technológiája széles körben tudja segíteni ezeknek a szakfeladatoknak az ellátását, biztonságosabbá téve a tűzserész szakemberek munkakörülményeit és növelve a feladat-végrehajtás sebességét is. Egy ilyen támogatási feladatot láthat el a mesterségesintelligencia-alapú tűzserész-támogató információs rendszer is.

A publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-1-I-NKE-93 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Irodalomjegyzék

- 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet a tűzserészeti mentesítési feladatok ellátásáról. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99900142.kor>
- BODA József et al. (2016a): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16, 1–23. Online: www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702
- BODA József et al. (2016b): Fókusz és együttműködés. A hadtudomány kutatási feladatai. *Honvédségi Szemle*, 144(3), 3–19. Online: http://real.mtak.hu/124069/1/HSZ_2016_144_3_Boda_Jozsef.pdf
- EMBER István (2020a): A lösztermentesítés szerepe az építőiparban. *Építőanyag*, 72(2), 59–63. Online: <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.9>
- EMBER István (2020b): A robbanótestek, mint a talajban rejlő potenciális veszélyforrások. In VARGA Gabriella et al. (szerk.): *Geotechnika 2020*. Budapest: Konferencia Iroda Bt., 25–32.
- EMBER István – KOVÁCS Zoltán (2020): Drones Above EOD Operators During Their Public Duty. In BEŇOVSKÝ, Marián (szerk.): *Zborník prednášok trhacia technika 2020*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce, 90–97. Online: <http://download.sstvp.sk/Zbornik2020.pdf>
- Hirtenberger Defence Systems (2017): *120 MM System*. Online: https://hds.hirtenberger.com/wp-content/uploads/2018/02/HDS_120mm_System.pdf
- HOLLENZER Tibor karpaszományos szakaszvezető (1. haditudósító század) 1942. szeptember HM HIM Fotóarchívum gyűjteményéből.
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2021): Aknafelderítés légi eszközökkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 31(4), 5–20. Online: <https://doi.org/10.32562/mk.2021.4.1>

- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2022a): Landmine Detection with Drones. *Revista Academiei Forțelor Terestre/Land Forces Academy Review*, 27(1), 84–92. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2022-0012>
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2022b): Mini drónok lehetséges alkalmazása tüzserész műveletekben. *Haditechnika*, 56(2), 18–23.
- LAURENCEAU, Marc [é. n.]: 8 cm Granatwerfer 34. Online: www.dday-overlord.com/en/material/artillery/8-cm-granatwerfer-34
- LŐDI Antal (2010): *Katonai robbanótestek alapismerete, szerkezete*. Jegyzet.
- Magyar Honvédség 1. Tüzserész és Folyamőr Ezred* (2022). Online: <https://honvedelem.hu/alakulat/magyar-honvedseg-1-tuzseresz-es-folyamor-ezred.html>
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2022): Mesterséges intelligencia és haderő – Polgári alkalmazási lehetőségek V. rész. *Haditechnika*, 56(5), 2–7. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.55.5.01>
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2023): Mesterséges intelligencia és haderő – Katonai alkalmazási lehetőségek VII. rész. *Haditechnika*, 57(1), 2–6. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.55.6.01>
- SÍPOS Péter – RAVASZ István szerk. (1997): *Magyarország a második világháborúban. Lexikon A–Zs*. Budapest: Petit Real.
- WWII Mortars of USSR* [é. n.]. Online: <http://wio.ru/galgrnd/mortar.htm>

Szalkay Dániel¹ 

A magyar tüzserészet digitális technológiai fejlesztésének lehetősége

The Possibility of Digital Technological Developments of the Hungarian Explosive Ordnance Disposal

A 21. század számtalan új kihívást tartogat, amelyek hatással vannak a világ összes hadseregére. A kihívásokra való reagálás magába foglalja a folyamatos fejlődésre, fejlesztésre való törekvéseket, amelyek természetesen a tüzserészet tekintetében sem maradhatnak el. Elkerülhetetlenné válik, hogy időnként felülvizsgáljuk a tüzserészet helyzetét Magyarországon, és ha szükséges, akkor meghozzuk azokat a döntéseket, amelyek szavatolják azt, hogy a magyar tüzserészek mindig, mindenhol, minden körülmények között eredményesen végezzék munkájukat.

Kulcsszavak: tüzserészet, kihívások, fejlesztés, digitalizáció

The various challenges of the 21st century affect all armies of the world. Responding to challenges includes striving for continuous development. These aspirations should be present in the area of the Hungarian Explosive Ordnance Disposal (EOD) also. Periodically we have to review this area, and if it is necessary, we should make decisions which guarantee the effective and successful work of the EOD soldiers in every time, everywhere and in all circumstances.

Keywords: EOD, challenges, development, digitalization

¹ Hajóparancsnok, Magyar Honvédség 1. Tüzserész és Folyamőr Ezred hadihajós alosztálya, e-mail: szalkay.daniel@mil.hu

Bevezetés

A magyar tüzserészek számára a második világháború még korántsem ért véget, hisz az elmúlt 20 évben évente átlagosan 2400 riasztás érkezett hozzájuk.² A háború maradványai nap mint nap munkát adnak a tüzserészeknek, és még hosszú évekig kísérteni fognak. Ezek a katonai eredetű robbanótestek hatással lehetnek életünkre,³ ugyanakkor a modern világ számos új fenyegetést tartogat, legyen akár szó új katonai fejlesztésekről vagy „bűnös szándékkal/terror jelleggel kialakított robbanószerkezetekről”,⁴ és ezeket a fenyegetéseket nem lehet figyelmen kívül hagyni.

Ahhoz, hogy ezekkel a fenyegetésekkel szemben a tüzserészek eredményesen helyt tudjanak állni, elengedhetetlen, hogy minden szükséges tudás a birtokukban legyen. Ez a hétköznapi életben azt is jelenti számukra, hogy a katonai eredetű robbanótesteknek nem kizárólag a típusát és működését kell ismerniük, hanem a bennük alkalmazott robbanóanyagokat is.⁵ Hogy kiragadjak egy példát: a légibombák esetében például a konkrét típus meghatározásakor is több száz lehetőségből kell a megfelelőt kiválasztani.⁶ Azt sem szabad elfelejteni, hogy a szakembereknek a fenti tudás elengedhetetlen, nemcsak a hatástalanítás konkrét feladataihoz, de a különböző biztonsági zónák meghatározásához is.⁷ A szükséges új tudás elsajátítása azonban rendkívül időigényes folyamat, amely irreálisan hosszúvá nyújtaná a már így is hosszadalmas tüzserész-felkészítéseket.

Ennek érdekében meg kell vizsgálni azokat a lehetőségeket, amelyek elősegíthetik az új ismeretek beépítését a jelenlegi kiképzési rendszerbe, méghozzá olyan módon, hogy a biztonságos, magabiztos munkavégzés ne szenvedjen csorbát, ugyanakkor a felkészítések időtartama se növekedjen jelentősen.

A digitális technológiai fejlesztések korszakában élünk, így ahogy a legtöbb Észak-atlanti Szerződés Szervezetébe (NATO⁸) tartozó tagország hadseregében, úgy a Magyar Honvédség (MH) számos területén is zajlik a digitalizáció. Ez hazánkban a Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési program részeként valósul meg.⁹ Annak érdekében, hogy megértsük, mivel járulhat hozzá a digitalizáció a hazai tüzserészet fejlődéséhez, létfontosságú előbb megismerni a tüzserészet helyzetét Magyarországon, valamint a napjainkban jelentkező tüzserészeti kihívásokat.

Írásomban ismertetem a tüzserész-szakkiképzés rendszerét, majd górcső alá veszem a 21. században jelentkező tüzserészeti kihívásokat, és megvizsgálom, miként jelenthet segítség a digitalizáció a magyar tüzserészetben.

² EMBER 2020a: 60; 2020b: 27.

³ EMBER 2021: 32.

⁴ DARUKA 2013: 10.

⁵ DARUKA 2016: 26–44.

⁶ DARUKA 2014: 68–82.

⁷ EMBER 2020c: 73–75.

⁸ North Atlantic Treaty Organization.

⁹ PADÁNYI–FÖLDI 2018: 49–62.

Tűzserész-szakkiképzés a Magyar Honvédségben

Az MH tűzserészeinek kiképzéséről az MH idevonatkozó szabályzatai, valamint a 72/2009. (VIII. 28.) HM utasítás rendelkezik. Ezek alapján négy szintet különböztetünk meg a tűzserészek szakmai felkészültségét tekintve:¹⁰

- III. osztályú tűzserész;
- II. osztályú tűzserész;
- I. osztályú tűzserész;
- mestertűzserész.

III. osztályú tűzserész képzés

Azoknak a katonáknak, akik tűzserészpályára szeretnének lépni, az első lépcsőfok az úgynevezett tűzserész-alapfelkészítés. Az alapfelkészítés bemeneti követelménye egy egészségügyi, pszichológiai, fizikai alkalmassági vizsgálat, továbbá a robbantási foglalkozásvezetői engedély megszerzése. Az alapfelkészítésen a tűzserészjelöltek rendfokozattól és beosztástól függetlenül részesülnek a 300 kontaktórás oktatásban.¹¹ Az elsősegélyképzés mellett a számottevő ismeretanyag magába foglalja a tűzserész-szaktevékenység során betartandó, kategorikus rendszabályokat, a tűzserézmunkák során használatos eszközök kezelésének ismereteit, valamint a II. világháborútól napjainkig alkalmazott lőszer, robbanótestek felépítését, működési elvét, veszélyességi fokát, továbbá felderítésük, hatástalanításuk, megsemmisítésük különböző módjait. Az alapfelkészítésen az improvizált robbanóeszköztől (IED¹²) szóló ismereteket kisebb óraszámokban oktatják, az oktatási anyag számottevő része a hagyományos robbanótestekhez kapcsolódik. A felkészítés végén egy elméleti és egy gyakorlati részből álló, osztályba soroló vizsga van.

Ahogy arra Ember István is rámutat a tűzserész-szakkiképzésről szóló írásában, a III. osztályú fokozati szint egyfajta tanuló szint, ahol a tűzserészek folyamatos felügyelet mellett gyűjthetnek tapasztalatot, és mélyíthetik el ismereteiket.¹³

II. osztályú tűzserész képzés

II. osztályú felkészítésen többéves tapasztalattal és kimagasló teljesítménnyel rendelkező III. osztályú tűzserészek vehetnek részt. Ezen az úgynevezett haladó tűzserész-felkészítésen a bővebb ismeretanyag elsajátítására szánt óraszám meghaladja a 150 órát. A résztvevők mélyebben elmerülnek a területmentesítési, hatástalanítási és megsemmisítési eljárásokban, továbbá a Magyarország területén fellelhető lőszerrel, robbanótestekkel kapcsolatos ismeretekben, mindemellett pedig elsajátítják az idegen hadseregekben rendszeresített lőszer, robbanótestek kezeléséhez szükséges tudásanyagot. A II. osztályú felkészítésen még

¹⁰ 72/2009. (VIII. 28.) HM utasítás.

¹¹ HORVÁTH 2016: 28.

¹² Improvised Explosive Devices.

¹³ EMBER 2020c: 101.

mindig a hagyományos robbanótestekhez köthető ismeretek dominálnak, de a III. osztályú felkészítéshez képest már valamivel nagyobb hangsúlyt fektetnek az IED-jártasságokra.

A jelöltek ugyancsak egy osztályba soroló vizsga sikeres teljesítése után válhatnak II. osztályú tűzserésszé. A II. osztályú tűzserésszé válás után a tűzserészek felelősségi szintje is növekszik, ugyanakkor ezen a szinten önállóan még csak szakmai kontroll mellett, honvédségi területen tevékenykedhetnek, közszolgálati feladat során nem.¹⁴

I. osztályú tűzserész képzés

Az I. osztályú felkészítés a tűzserész-felkészítések csúcspontja, amelynek elvégzése esetén a tűzserész megszerzi a tűzserészjárőr-parancsnoki címet. Az I. osztályú felkészítésre bocsátás előfeltétele a II. osztályú tűzserészként szerzett többéves tapasztalat. A felkészítésen részt vevőket az előljárók választják ki a jelöltek tűzserészi pályájának értékelése alapján. Fontos, hogy a kiválasztottak rendelkezzenek azokkal a vezetői kompetenciákkal és terhelhetőséggel, felelősségérzettel, amelyek az I. osztályú tűzserész fokozathoz elengedhetetlenek. A felkészítés magába foglalja az I. osztályú tűzserészjelöltek bevonását a III. és II. osztályú képzésekbe, illetve az előzőekben ismertetett felkészítésekkel ellentétben itt már a tananyag közel felét az IED-ismeretek teszik ki, ezen eszközök felépítése, előállítás, felderítési, hatástalanítási, megsemmisítési eljárásai.

Az I. osztályú tűzserésszé válás részét képezi a gyakorló járőrparancsnoki felkészítés, amely során a jelöltek éles helyzetekben megtanulják tervezni, szervezni a különböző tűzserézmunkák végrehajtását, mindezt állandó, hónapokig tartó előljárói felügyelet és kiértékelés mellett.¹⁵

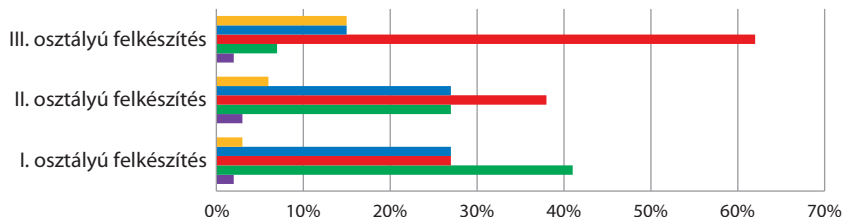
Az osztályba soroló vizsga elméleti részén a jelöltek számot adnak a tűzserészpályájuk alatt összegyűjtött teljes tudásanyagáról, majd gyakorlati vizsgát tesznek, amely során több éles helyzetben kell helytállni mint tűzserészjárőr-parancsnok. A vizsgabizottság kiértékeli a jelöltek felkészítés alatt tanúsított teljesítményét, és amennyiben úgy ítélik, az arra érdeemesek megkapják az I. osztályú tűzserész osztályos fokozatot.¹⁶

Az I. osztályú tűzserészekről megállapítható, hogy birtokában vannak minden, a hazánk területén előforduló és az idegen hadseregekben rendszeresített lőszer, robbanótestek felderítéséhez, hatástalanításához és megsemmisítéséhez szükséges tudásnak. Ezenfelül képesek biztonsággal kezelni a tűzserézmunkák alatt alkalmazott összes eszközt, maradéktalanul ismerik a betartandó biztonsági rendszabályokat és elsősegélynyújtási módokat. Önállóan tervezhetnek, szervezhetnek és vezethetnek közszolgálati tűzserézmunkákat, amelyekhez példátlan mértékű felelősség is társul.

¹⁴ EMBER 2020c: 101.

¹⁵ HORVÁTH 2016: 34–35.

¹⁶ HORVÁTH 2016: 34–35.



	I. osztályú felkészítés	II. osztályú felkészítés	III. osztályú felkészítés
Alapismeretek	3%	6%	15%
Szabályzatismeret, eljárások	27%	27%	15%
Hagyományos robbanótest-ismeret	27%	38%	62%
Improvizált robbanótest-ismeret	41%	27%	7%
Egyéb	2%	3%	2%

1. ábra: A tűzserész-szakkiképzés tárgykörökre való megoszlása

Forrás: a szerző szerkesztése HORVÁTH 2016: 28 alapján

Mestertűzserész-képzés

Jelenleg az MH nem rendelkezik mestertűzserész osztályos fokozatú tűzserésszel, ugyanis 2005 óta nem került sor mestertűzserész-felkészítésre, és az utolsó ilyen osztályos fokozattal rendelkező tűzserész is 2007-ben szolgálati nyugállományba vonult. A mestertűzserész titulus „sok elvárás és többletismeret mellett leginkább a kiemelkedő szakmai pályafutás elismerésére szolgál”.¹⁷

Az osztályos fokozati felkészítések személyre vétele után megállapítható, hogy a szintek közötti fokozatosság elve teljes mértékben érvényesül, ezzel biztosítva az ismeretanyag könnyebben történő elsajátítását és a felelősségi szintek egymástól történő elválasztását.

A tűzserészeknek minden évben kötelező részt venni az úgynevezett „megerősítő vizsgákon”, ahol megerősítik a már meglévő osztályos fokozatukat. Sikertelen megerősítő vizsga esetén az adott tűzserész visszaminősíthető, de lehetőség van pótvizsgára is.

Speciális tűzserészképzések

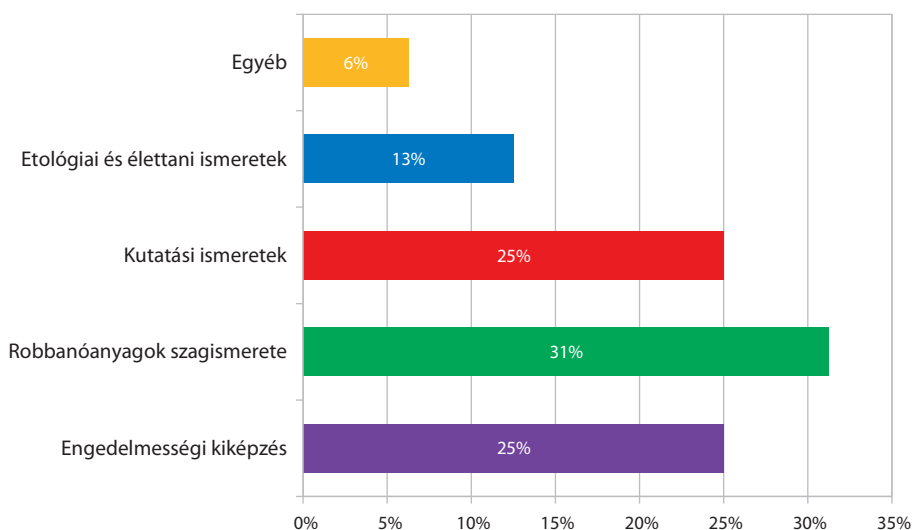
A tűzserész-szakkiképzés teljes körű áttekintéséhez elengedhetetlen röviden megvizsgálni a speciális tűzserészképzéseket. A speciális tűzserészképességek az MH missziós szerepvállalásai útján épültek be a tűzserészet vérkeringésébe.

Az MH 2010 óta önálló robbanóanyag-kereső kutyás képességgel is rendelkezik. A kutyák és a kutyavezetők kiképzéséért szintén a tűzserészezred a felelős. A kutyavezetővé válás előfeltétele a III. osztályú tűzserész osztályos fokozat. A kutyavezetők és kutyáik kiképzése

¹⁷ EMBER 2020c: 101.

messzemenően komplex folyamat, és közel 20 hetet vesz igénybe. Ez alatt az idő alatt a kutyák megtanulják mind a hagyományos, mind pedig a házilag létrehozott robbanószerkezetekhez használt robbanóanyagok szagát, azok felderítésének módját terepen, különböző járművekben és objektumokban, éjszakai és nappali körülmények között. A kutyavezetők elsajátítják a kutyavezetés fortélyait, a kutyák kereső munkájának ideg- és élettani alapjait, továbbá a kutyák gondozásához és ellátásához szükséges ismereteket.¹⁸

Ahogy az osztályos fokozati felkészítések végén, úgy a robbanóanyag-kereső kutyás kiképzés végén is vizsga van, amely során értékeli a kutyavezető és kutyája közös munkáját. Megerősítő vizsgára a kutyavezetők esetében is évente szükség van.



2. ábra: A kutyavezető-kiképzés tárgykörökre való megoszlása

Forrás: a szerző szerkesztése HORVÁTH 2016: 38 alapján

Magyarországon nem ritka, hogy tavakból, folyókból kerülnek elő a különféle, hatástalanításra, megsemmisítésre váró lőszer, robbanótestek. Ilyen esetekben a tűzserész bűvárokat rendelik ki. A tűzserész bűvárok kiképzése igen összetett folyamat, hiszen nem elég kiváló tűzserésznek lenni, a víz alatt is úgy kell tudniuk dolgozni, akár csak a szárazföldön.

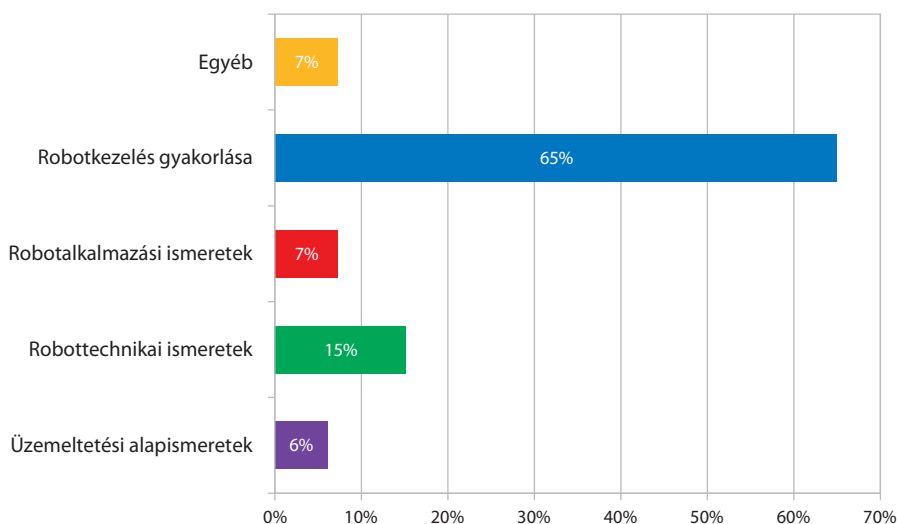
Az MH missziós szerepvállalásainak, valamint a NATO-elvárásoknak köszönhetően 2007-ben két tűzserészrobot rendszerbe állításáról született döntés. A Rheinmetall TeleMax típusú könnyűtűzserész-robotjának és a Northrop Grumman Andros F-6A típusú nehéz-tűzserész-robotjának köszönhetően a magyar tűzserészek eredményesebben, biztonságosabb módon tudtak dolgozni IED-veszélyes környezetben.¹⁹

¹⁸ HORVÁTH 2016: 38.

¹⁹ HORVÁTH 2016: 40.

A tűzserészrobot-kezelői képzés megszerzésének előfeltétele a III. osztályú tűzserész osztályos fokozat. A közel 150 órás felkészítés keretében a robotkezelő-jelöltek megismerik a robotkezelés biztonsági rendszabályait, a robotok felépítését, elsajátítják a robotok üzemeltetésének alapjait, valamint a málházási és az üzem előtti/utáni karbantartási eljárásokat. A robotkezelési gyakorlat tekintetében szintén a fokozatosság elve érvényesül. E szerint a jelöltek az egyszerű feladatokról eljutnak olyan komplex feladatok végrehajtásáig, amelyek során fedezékből, a robotot csak saját kameráinak képe alapján irányítva hatástalanítanak és semmisítenek meg különböző szerkezeteket.

Mindennemű tűzserész-felkészítéshez hasonlóan itt is elméleti és gyakorlati vizsgával zárul a felkészítés. Robotkezelők esetében háromévente van megerősítő vizsga, amelynek célja az ismeretek szinten tartása.²⁰



3. ábra: A robotkezelői kiképzés tárgykörökre való megoszlása

Forrás: a szerző szerkesztése HORVÁTH 2016: 41 alapján

Korunk kihívásai

A századforduló óta egyre több konfliktus tekintetében találkozhatunk az aszimmetrikus hadviselés kifejezéssel. Ezt a kifejezést akkor használjuk, amikor a harcoló felek eltérő katonai potenciállal rendelkeznek. Ez az eltérés megmutatkozhat akár létszámban, akár képességben is. Az aszimmetrikus konfliktusokban részt vevő gyengébb felek egyre gyakrabban folyamodnak a terrorizmushoz. „A terrorizmus az erőszak alkalmazásának, vagy az azzal való fenyegetésnek olyan stratégiája, melynek elsődleges célja félelem, zavar keltése és ennek révén meghatá-

²⁰ HORVÁTH 2016: 42.

rozott politikai, gazdasági eredmények elérése, vagy a hatalom megszerzése, megtartása.²¹ „Mindenki, mindenhol célpont, nemcsak a harcjárműben tevékenykedő lövész katona, hanem a műtőben dolgozó orvos, vagy éppen a tanácsadást végző jogász katona is.”²² Terrorcselekményekkel napjainkban a világ bármely pontján találkozhatunk, és az alkalmazott módszerek is igen sokszínűek lehetnek.²³ A legtöbb esetben az elkövetők nem szemtől szemben veszik fel a harcot, hanem megbújva, a távolból hajtják végre támadásaikat.²⁴ Az ilyen támadások során leggyakrabban alkalmazott eszközök a különféle házilag összeállított robbanószerkezetek.

A házilag összeállított robbanószerkezetek térnyeréséhez nagyban hozzájárultak azok a terrorista körökben elterjedt „szakácskönyvek”, amelyek tartalmaztak minden szükséges információt IED-k előállításához. Amennyiben az efféle szerkezetek készítője rendelkezik a kellő ismeretekkel, úgy „alkotásainak” csak a képzelete szabhat határt.²⁵ Az IED-k töltetként felhasználható bármilyen katonai vagy polgári eredetű robbanóanyag, de a legnagyobb kihívást a házi készítésű robbanóanyagok jelentik a tüzserészek számára.²⁶ Háborús területen az elsődleges alkatrészforrások azonban a nagy számban megtalálható fel nem robbant hadianyagok lehetnek. Méretük egy gyufásdobozétól egészen egy kamion méretéig terjedhet. Megkülönböztetünk statikus és mobil telepítésű IED-eket. A statikus IED-eket előre kiszemelt helyen telepítik, és akár távirányítással, akár időzítéssel is elindíthatók. A mobil IED-eket valamilyen hordozó vagy szállító eszközre telepítve juttatják célba, nemritkán a merénylő élete árán is. Megállapítható, hogy az ilyen házilag összeállított robbanószerkezetek hatástalanítása és megsemmisítése igen komplex feladat, hiszen a hagyományos robbanótestekkel ellentétben nincs két ugyanolyan IED, így a tüzserészek nem ismerik az adott IED alapanyagait, felépítését, tulajdonságait sem.

A tüzserészek számára korunk legnagyobb kihívását azok az IED-k jelentik, amelyeket készítenek biológiai, kémiai vagy vegyi elemekkel „szennyezve” hoznak létre. A NATO-szakirodalomban az ilyen IED-eket Chemical, Biological, Radiological, Nuclear²⁷ IED (CBRN-IED) elnevezéssel illetik. A CBRN-IED-k tulajdonképpen tömegpusztító fegyvereknek számítanak, „amelyek pusztító hatása mind mennyiségileg, mind minőségileg nagymértékben meghaladja a hagyományos fegyverek romboló hatását”.²⁸ Kijelenthető, hogy a CBRN-IED-k hatástalanítása és megsemmisítése a legkomplexebb tüzserészfeladatok közé tartozik, ugyanis a hagyományos robbanótestekre kidolgozott eljárások már nem felelnek meg maradéktalanul, továbbá a tüzserészek által használt védőfelszerelések CBRN-védelemmel való kiegészítése is kulcsfontosságú tényező. Ez fokozott mentális és fizikai terhelést jelent a tüzserészek számára, amelyre fel kell készíteni őket.

Az új kihívások miatt olyan ismeretekkel kell felvértezni a tüzserészeket, amelyekkel bárhol, bármikor, bármilyen körülmények között képesek eredményesen végezni a munkájukat.

²¹ HORVÁTH 2016: 91–92.

²² PAPP 2008: 40.

²³ LUKÁCS–BALOGH 2019: 85.

²⁴ KOVÁCS 2009: 91–92.

²⁵ KOVÁCS 2012: 38.

²⁶ HORVÁTH–EMBER 2021: 100.

²⁷ Vegyi, biológiai, radiológiai, nukleáris.

²⁸ HERNÁD 2009: 171.

Ez azonban rendkívül időigényes folyamat, így a már jelenleg is hosszadalmas felkészítések még hosszabbra nyúlhatnak, valamint az elsajátítandó tananyag mennyisége is jelentős mértékben megnövelhető. Erre jelenthet megoldást a tűzserészet digitális technológiai fejlesztése, amellyel az előbb említett negatív hatásokat mérsékelhetjük.

Javaslat a magyar tűzserészet digitális technológiai fejlesztésére

A hazai tűzserész-szakkiképzés ismertetése után megállapítható, hogy a tűzserészek számára a legnagyobb nehézséget az egyre csak halmozódó ismeretanyag elsajátítása okozza, ami létfontosságú a biztonságos és sikeres munkavégzéshez. Több NATO-tagállamban, köztük az Amerikai Egyesült Államokban (USA) is erre a problémára jelent megoldást, hogy különféle tűzserészeti adatbázisok segítik a tűzserészek kiképzését és mindennapi munkáját. Ezek az adatbázisok hozzájárulnak a kiképzés hatékonyabbá, korszerűbbé válásához, továbbá növelik a tűzserészek biztonságát éles feladatok végrehajtása során.

A terrorizmus globális terjedésének következtében az USA hadseregének tűzserészei a világon bárhol, bármikor bevetethetők. Ahhoz, hogy eredményesen helyt is tudjanak állni, nélkülözhetetlen számukra, hogy rendelkezzenek azokkal az ismeretekkel, amelyekkel a világon létező összes aknát, aknagránátot, tűzserégi lövedéket, légibombát, kézigránátot, puska-gránátot, sorozatvető rakétát, irányított rakétát, torpedót és gyalogsági lövedéket képesek felismerni, beazonosítani és szükség esetén hatástalanítani, megsemmisíteni. Ezenfelül még ott vannak a korábban ismertetett IED-k és CBRN-IED-k, amelyek önmagukban is közel annyi ismeretanyag elsajátítását követelik meg, mint az előbb felsorolt eszközök együttvéve.

Egyértelmű, hogy ez a tudásmennyiség meghaladja azt a mértéket, amely birtoklása elvárható lenne bármelyik tűzserésztől is, így kénytelenek voltak létrehozni egy olyan átfogó tűzserészeti adatbázist, amely kiküszöböli ezt a problémát. A tűzserészeti adatbázisokban rendelkezésre áll minden információ a fentebb felsorolt eszközökről, beleértve azok paramétereit, tulajdonságait, metszetrajzait, illetve megtalálható minden szükséges információ felderítésükhöz, beazonosításukhoz, hatástalanításukhoz és megsemmisítésükhöz is. Ezen adatbázisok bármikor elérhetőek a tűzserészek számára, így segítik őket mind a szakkiképzések során, mind pedig az éles feladat-végrehajtások alkalmával.

Az USA tűzserészei rendelkeznek olyan hordozható digitális platformokkal, amelyek segítségével bárhol, bármikor elérhetik az adott eszköz mellett állva annak beazonosításában, hatástalanításában és megsemmisítésében azonnali segítséget nyújtó tudásbázist.

Magyarországon jelentős előrelépést jelenthet a néhány éve szolgálatba állt digitális tűzserész-irányítási rendszer, amelynek ötletgazdája és kifejlesztője Kapitány Gábor hadnagy, mérnök-informatikus. Célja egy olyan felhasználóbarát, áttekinthető, egyszerűen kezelhető, az MH vérkeringésébe könnyen integrálható digitális rendszer létrehozása volt, amely hozzájárul a műveletek valós időben történő vezetéséhez, továbbá képes dokumentálni különféle tűzserészincidenseket, ezzel segítve a későbbi tapasztalatfeldolgozásokat.

Kapitány Gábor kérdéseimre adott válaszai szerint az általa megalkotott program továbbfejlesztése megnyithatja azokat a kapukat, amelyek már más NATO-tagországokban jó ideje nyitva állnak.

A programból országosan és vármegyére lebontva is kinyerhetők olyan létfontosságú információk, mint az azonosított eszközök típusai, azok darabszámai és a különböző eszközök állapota is. Ezeknek az információknak a birtokában már lehetőségünk van úgy alakítani a harmad-, másod- vagy akár az első osztályú képzéseket is, hogy azokon a gyakrabban előforduló eszközök kerüljenek előtérbe, szemben azokkal, amelyekkel jóformán nem vagy nagyon ritkán találkozhatnak a tűzszerészek.

Ezenfelül a program eleve úgy lett tervezve, hogy a későbbiekben továbbfejleszhető legyen egy olyan korszerű tűzszerészeti adatbázissá, amelyben megvan minden olyan robbanóeszközhöz kapcsolható tudásanyag, amelyekkel a honi tűzszerészeink találkozhatnak hazai vagy külföldi környezetben. Egy ilyen adatbázis hatalmas segítséget nyújthat a tűzszerész-szakki-képzések során, hiszen onnantól kezdve, hogy minden szükséges információ megtalálható egy programban, nincs szükség arra, hogy a tűzszerészek különböző könyvekből, szabályzatokból, utasításokból szedjék össze a számukra releváns információkat.

Az adatbázis létrehozása után a legvégső lépés, hogy lehetővé tegyünk a tűzszerészek számára, hogy ezt az adatbázist bárhol, bármikor, bármilyen körülmények között elérhessék. Erre jelenthet megoldást, ha a tűzszerészjárőrök felszerelését képezi egy olyan táblagép, amelyen keresztül elérhetik ezt az adatbázist. Ezek után a tűzszerészek bármilyen éles feladat végrehajtásakor segítségül hívhatják a digitális tudásbázist, amelyben megtalálhatnának minden létfontosságú adatot, beleértve az eszközök beazonosítását segítő információkat, valamint az adott eszköz paramétereit, tulajdonságait, metszetrajzait és a hatástalanításához, megsemmisítéséhez nélkülözhetetlen ismereteket is.

Felmerülhet esetlegesen, hogy egy másik NATO-tagország már kiforrott adatbázisát rendszeresítsük, ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy minden tagországnak megvannak a maga sajátosságai, így a programot a magyar szempontok szerint kellene módosítani. Amennyiben mégis egy hazai fejlesztésű adatbázis lenne preferálva, úgy azt a kezdeti lépésektől a magyar tűzszerészet igényeihez lehetne alakítani. Véleményem szerint ettől függetlenül ahhoz, hogy az adatbázis naprakész legyen, mindenképp szükségét érzem annak, hogy jól működjön az információáramlás a szövetséges országok között, hiszen több olyan eszköz is van, amelyről jelenleg nem áll rendelkezésre a szükséges mennyiségű ismeretanyag hazánkban.

Összegzés

A tűzszerészet kezdete óta elmondható, hogy mind a szakkiképzést, mind az aktuálisan alkalmazott eljárásokat mindig igyekeztek az adott korszakot jellemző tűzszerészeti kihívásokhoz igazítani, ezzel szavatolva a biztonságos és eredményes munkavégzést. Megállapítható, hogy ismét elérkeztünk egy olyan pontra, ahol már a tűzszerészetnek is egyre nehezebb lépést tartani a rohamléptekben fejlődő világgal. A folyamatosan jelentkező új kihívások és a hosszú évtizedeken át felhalmozódott tudásanyag olyan mértékű ismeretanyag feltorlódását

okozták, amelynél már elengedhetetlen, hogy olyan megoldásokat keressünk, amelyekkel segíthetjük a tűzserészeket. A cél, hogy a digitalizáció segítségével meggátoljuk, hogy az új ismeretek miatt irreálisan hosszúra nyúljanak a szakkiképzések, továbbá hogy a különböző éles szakfeladatok végrehajtása során minimalizáljuk az emberi tévedések okozta baleseteket.

Egy statisztikai adatokat rögzítő digitális adatbázis segítségével a szakkiképzés anyagait úgy állíthatjuk össze, hogy a hangsúly a gyakoribb eszközökön legyen, és az így felszabadult időt akár az IED-kkel, akár a szennyezett IED-kkel vagy más új ismeretekkel kapcsolatos kiképzésre fordíthatjuk, anélkül, hogy drasztikusan nőne a felkészítések időtartama. Emellett ha az adatbázist a tűzserészek elérhetik éles feladat-végrehajtások során is, akár egy táblagép segítségével, akkor szavatolható a biztonságosabb munkavégzés is, hiszen a helyszínen lévő szakemberek bármikor megbizonyosodhatnak adott eszközökhöz kapcsolódó tudnivalókról.

Összességében elmondható, hogy a magyar tűzserészek kiváló munkát végeznek sok-sok évtizede, így kötelességünk folyamatosan megvizsgálni minden olyan lehetőséget, amellyel segíthetjük őket. A digitális technológiai fejlesztések előrelépést jelenthetnek leterheltségük csökkentésében és a biztonságosabb munkavégzés előremozdításában is.

További kutatások témáját képezheti, hogy a magyar tűzserészet hogyan felel meg a NATO által támasztott követelményeknek, és a digitális technológiai fejlesztések milyen segítséget nyújthatnak a megfeleltetésben.

Irodalomjegyzék

- DARUKA Norbert (2013): *A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzserész feladatok ellátására*. PhD-disszertáció. Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- DARUKA Norbert (2014): Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(4), 68–82. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2298/1565>
- DARUKA Norbert (2016): Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–43. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2187/1456>
- EMBER István (2020a): A lőszermentesítés szerepe az építőiparban. *Építőanyag*, 72(2), 59–63. Online: <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.9>
- EMBER István (2020b): A robbanótestek, mint a talajban fekvő potenciális veszélyforrások. In VARGA Gabriella et al. (szerk.): *Geotechnika 2020*. Budapest: Konferencia Iroda Bt., 25–32.
- EMBER István (2020c): Lehetőségek a tűzserész-szakkiképzés fejlesztésére. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(1), 99–110. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.1.7>
- EMBER István (2020d): A tűzserész-szakkiképzés rendszerének fejlesztése felderítőtűzserész-felkészítés kialakításával. *Honvédségi Szemle*, 148(1), 66–77. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2020.1.5>
- EMBER István (2021): The Role and the Risks of Explosive Ordnance Decontamination in Hungary. *Science & Military (Veda a vojenstvo)*, 16(1), 32–42. Online: <https://doi.org/10.52651/sam.a.2021.1.32-42>
- HERNÁD Mária (2009): CBRN fenyegetettség tűzserész feladatok végrehajtásakor. *Műszaki Katonai Közlöny*, 19(1–4), 171–194. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2009_10%20CBRN%20fenyegetettsg%20tuzszersz%20fea.pdf

- HORVÁTH Csaba (2016): *A tűzszerész szakkiképzés helyzete, fejlesztésének lehetőségei a Magyar Honvédségben*. Diplomamunka. Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- HORVÁTH Tibor – EMBER István (2021): Characteristics of Homemade Explosive Materials and the Possibilities of Their Identification. *Revista Academiei Forțelor Terestre/Land Forces Academy Review*, 26(2), 100–107. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0015>
- KOVÁCS Zoltán (2009): Terrorista robbantások: a kezdetek. *Műszaki Katonai Közlöny*, 19(1–4), 91–103. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2009_05%20Kov%C3%A1cs%20Z%20terrorizmus.pdf
- KOVÁCS Zoltán (2012): Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2), 37–52. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_2_03%20IED-k%20f%C5%91bb%20t%C3%ADpusai%20-%20Kov%C3%A1cs%20Z.pdf
- LUKÁCS László – BALOGH Zsuzsanna (2019): A kritikus infrastruktúra létesítményeinek robbantásos cselekmények elleni védelméről. *Honvédségi Szemle*, 147(3), 85–102. Online: <https://honvedelem.hu/images/media/5f58be8bdc3ca187821604.pdf>
- PADÁNYI József – FÖLDI László (2018): Modernisation Within the Hungarian Defence Forces. *Sodobni vojaški izzivi/Contemporary Military Challenges*, 20(3), 49–62. Online: <https://doi.org/10.33179/BSV.99.SVI.11.CMC.20.3.3>
- PAPP Gyula (2008): *A Magyar Honvédség békefenntartó műveletekre kijelölt alegységeinek felkészítése*. PhD-disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.

Balla Tibor,¹  Padányi József² 

Műszaki kiválóságok: Schindler Szilárd vezérezredes

Engineer Geniuses: Colonel General Szilárd Schindler

Schindler Szilárd vezérezredes (1887–1943) a 20. század mindkét nagy háborújában részt vett. Műszaki tisztként harcolt az olasz hadszíntéren, majd különböző vezérkari és katonadiplomáciai beosztásokban szolgált. Harctéren szerzett elméleti és gyakorlati tapasztalatait a Ludovika Akadémia II. főcsoport, valamint a Bolyai János Honvéd Műszaki Akadémia parancsnokaként is hasznosította, tisztek százainak oktatását és nevelését irányította, akik közül sokan életüket adták a hazáért.

Kulcsszavak: hadmérnök, igazgató, Ludovika Akadémia

General Szilárd Schindler (1887–1943) fought in both World Wars of the 20th century. As a military engineer, he first fought on the Italian frontline in WW1, then served in the General Staff and in other military diplomacy positions. His theoretical and practical knowledge was utilized as Commander of the 2nd Study Group of the Ludovika Academy and the Hungarian Defence Military Engineering Academy, where he took part in the training of hundreds of officers, many of them later paying the ultimate price in service of their homeland.

Keywords: military engineer, commander, Ludovika Academy

¹ Kutatóprofesszor, Nemzeti Közszerológálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: balla.tibor@uni-nke.hu

² Egyetemi tanár, Nemzeti Közszerológálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: padanyi.jozsef@uni-nke.hu



1. ábra: Schindler Szilárd vezérezredes (1887–1943)

Forrás: <https://generals.dk/general/Schindler/Szil%C3%A1rd/Hungary.html>

Schindler életpályája

Schindler Szilárd 1887. július 24-én született a felvidéki Körömcébányán, evangélikus vallású családban. Édesapja Schindler József ügyvéd, Körömcébánya ügyésze, édesanyja pedig Brandl Balbina volt.

Nyelvismerete a korszakban is kimagasló volt, hiszen németül, franciául és olaszul tökéletesen, angolul jól, szlovákul pedig alapszinten beszélt és írt.³

1932-ben nősült meg. Felesége Simonne Marie Estelle Joffet, aki 1896. április 12-én született a franciaországi Mamersben. Gyermeekéldés nem kísérte házasságát.⁴

A reáliskola négy osztályát 1897 és 1901 között Körömcébányán végezte, ahol már negyedik osztályban megkezdtek a német és francia nyelv oktatását. Szorgalma és tehetsége már itt látszódott, hiszen évfolyamának egyik legjobb tanulója, jegyei egyenletesen kimagaslók. Érdekesség ugyanakkor, hogy a testgyakorlás nem tartozott az erősségei közé.⁵ Ezt követően, 1901-től 1904-ig a Magyar Királyi Honvéd Főreáliskolában folytatta tanulmányait Sopronban.



2. ábra: A soproni honvéd főreáliskola

Forrás: <https://keptar.oszk.hu/html/kepoldal/index.phtml?id=39877>

³ SZAKÁLY 2015: 207.

⁴ Hadtörténelmi Levéltár Budapest (HL), Honvédelmi Minisztérium (HM) 4. oszt. 1944: 8412. doboz.

⁵ Iskolai értesítők, Körömcébánya-Állami Főreáltanoda 1897–1900: 115.

A főreáliskola sikeres befejezése után, 1904–1907 között a Császári és Királyi Műszaki Katonai Akadémia hallgatója volt a Bécs melletti Mödlingben. Feljegyezték róla, hogy ő volt az első magyar hallgató, aki Sopronból ide jelentkezett.

Akadémiai tanulmányait igen jó össz eredménnyel zárta. Az akadémia kiváló képzést adott, számos magyar származású katona szerezte itt magasabb műszaki végzettségét. A teljesség igénye nélkül néhány tábornok neve: báró kövessházi Kövess Hermann (a katonai Mária Terézia-rend parancsnoki keresztjének tulajdonosa), fogarasi Tamásy Árpád (Przemysl hőse); báró Willerding Rudolf (a katonai Mária Terézia-rend lovagkeresztjének birtokosa); vitéz dálnokfalvi Bartha Károly (honvédelmi miniszter); Csongvay Károly; Sávoly János; Szederjey Elemér; Pistelka Rudolf; Zelenka Zoltán; Gerő Imre; Szent-István Béla; Lox Viktor; Kreischer Oszkár; Császár Jenő; Sólyom-Fekete Gellért; Waldherr Tivadar; vitéz Czetz Alfonz; Kováts Gyula; vitéz Kassay-Farkas László. A műszaki katonai akadémiáról az 1869-es egyesítéstől kezdve a világháborút követő nagy összeomlásig (1918-ig) több mint 300 magyar növendék került ki, tehát évente átlag 7 magyar hadnagy, vagyis a teljes állomány 10%-a. Ezek közül a tisztek közül több mint 50 érte el a tábornoki rendfokozatot.⁶



3. ábra: A Műszaki Katonai Akadémia épülete Mödlingben

Forrás: <https://tinyurl.hu/BLz6>

Katonatiszti pályafutását 1907. augusztus 18-án (amikor is a monarchia fegyveres erejében szokásos módon, I. Ferenc József születésnapján hadnaggyá avatták) kezdte meg beosztott tisztként a császári és királyi 1. (az 1908-ban bekövetkezett átszervezést követően 5. hadrendi számot kapott és a pozsonyi V. hadtest területéről kiegészült) utászászlóaljnál Kremsben.⁷ Ebben az időszakban a zászlóaljnál pezsgő szakmai élet folyt, hiszen rohamléptekkel változott a gépesítés, amit a szakmának is követni kellett. Amikor az 1900-as évek elején megjelentek a nagy betonkazamatás, páncélpulolás erődítmények, a lövegek és a járművek tömege is ezzel arányosan nőtt. Ezzel párhuzamosan megindult a hadseregek gépesítése is. Az újabb

⁶ LONCAREVIC-SYPOSS 1941: 475–487.

⁷ SZAKÁLY 2001: 301.

lövegek, a tehergépkocsik nagy súlya, a nagy tengelyterhelés arra kényszerítette a műszaki szakembereket, hogy gondolják át a vízi akadályok leküzdésének módjait és eszközeit. Ilyen előzmények után az 1897-ben Klosterneuburgban levő és a 6. utászszázalóalj keretében felállított „Pótkeret különleges hidosztagok részére” 1908-ban Kremsbe került, és az eddigi Eiffel híd helyett Herbert hiddal kezdtek kísérletezni. Ebből a pótkeretből fejlődött ki idővel a műszaki csapatok új szakmai ága, a hidépítők.⁸

Az első világháború kitörése előtti években (1911-től 1914-ig) a korábban már megszerzett műszaki ismereteinek kiegészítésére és a vezérkari pályafutás előszobájaként, a bécsi császári és királyi felsőbb műszaki tanfolyamot végezte el igen jó minősítéssel. Közben 1912. november 1-jén főhadnagyi kinevezést kapott. 1914 áprilisában beosztották a rivai császári és királyi hadmérnök-igazgatóságra. Az első világhégés kitörésétől a rivai, aztán a brixeni, a trienti, majd ismét a rivai hadmérnök-igazgatóságoknál szolgált Dél-Tirolban, a hadmérnöki törzskarba beosztott tisztként. 1915 májusától (a monarchiának küldött olasz hadüzenetet követően) 1918 novemberéig végig az első világhégés olasz hadszínterén harcolt. 1915. szeptember végéig harccsoportparancsnok volt, s közben 1915. július 1-jén századossá léptették elő. 1915. október 1-jétől a rivai császári és királyi hadmérnök-igazgatóság vezetőjeként tevékenykedett, 1918. június 1-jétől pedig a császári és királyi XXVI. hadtestnél árkászcs csoport-parancsnokként.⁹ 1918. szeptember 1-jétől 1918. november elejéig az osztrák-magyar Isonzó-hadsereg műszaki csoportjában hadmérnökkari előadóként foglalatzkodott.

1919 és 1924 között a magyar királyi Honvédelmi Minisztérium I. osztályán szervezési-alcsoport-vezetői beosztást töltött be Budapesten, 1921. szeptember 1-jétől mint vezérkari szolgálatot teljesítő őrnagy. Az 1924–1926 közötti beosztásáról, pályafutásáról nem állnak rendelkezésre források. 1925. május 1-jén vezérkari szolgálatot teljesítő alezredessé nevezték ki. 1926. január 10-től a római quirináli követségen I. osztályú követségi titkári (katonai szakelőadó) teendőket látott el, majd 1927. november 14-től ő a magyar katonai attasé. Azért esett rá a választás, mert haditechnikai ismereteit kamatoztatni akarták az egyre szaporodó hadianyag- és fegyvervásárlási ügyek lebonyolítása során. Kiemelkedő pillanat volt ez az életében, hiszen az olasz kormány volt az első, amely – a trianoni korlátok után – hozzájárult a magyar katonai attasé kinevezéséhez.¹⁰ Hivatalosan 1927. december 2-án mutatták be Mussolininek, az akkori olasz miniszterelnöknek.¹¹

1928. március 30-tól ezzel párhuzamosan Tiranában is katonai attaséi beosztást töltött be, római állomáshellyel. Közben 1928. november 1-jén vezérkari szolgálatot teljesítő ezredessé nevezték ki. 1932. június 15-től a Honvédelmi Minisztérium 1/a. osztályának osztályvezetőjeként ténykedett Budapesten. 1936. október 1-jétől a magyar királyi Honvéd Ludovika Akadémia

⁸ JACOBI 1938: 211.

⁹ SZAKÁLY 2015: 207.

¹⁰ Az olasz kormány hozzájárult, hogy katonai attasét küldjünk Rómába. Schindler Szilárd alezredes lett Magyarország quirináli katonai attaséja. *Új Nemzedék*, 1927. november 1. 2.

¹¹ Ludovika Akadémia I. – Ludovika Akadémia II. Érdekes adatok a magyar tisztképző főiskola százharminc-esztendő történetéből. *Pesti Napló*, 1938. december 22. 10.

II. főcsoport¹² parancsnokaként működött Budapesten, 1937. november 1-jétől tábornokként.¹³ 1939. január 23-tól a Magyar Királyi „Bolyai János” Honvéd Műszaki Akadémia parancsnoka.



4. ábra: A budapesti Tiszta Kaszinóban készült képen a csoport jobb szélén áll Schindler Szilárd tábornok
Forrás: Képes Pesti Hírlap, 1939. június 20.

1939. november 1-jén altábornaggyá nevezték ki beosztásában. Parancsnoki idejére esik a Honvéd Műszaki Akadémia csapatászlajának adományozása is. A korabeli sajtó erről az eseményről így tudósított:

„Ünnepélyes keretek között avatták fel vasárnap délelőtt a honvédség műszaki csapatainak tisztikara által a Bolyai János honvéd műszaki akadémia részére ajándékozott díszes selyemzászlót. Az ünnepségen megjelentek: vitéz Bartha Károly honvédelmi miniszter, Werth Henrik gyalogsági tábornok, a honvédvezérkar főnöke, vitéz Littay András altábornagy, vitéz Jány Gusztáv altábornagy, Declava Zoltán tábornok, Hász István római katolikus tábori püspök, Soltész Elemér protestáns tábori püspök, a honvédség egyes fegyvernemeinek, továbbá a főváros kiküldöttei és igen sokan mások.

Pontosan tizenegy órakor gördült az akadémia főépülete elé a kormányzó autója. Kormányzó Urunkat és hitvesét a honvédelmi miniszter és a vezérkari főnök fogadta, magasrangú

¹² A Ludovika Akadémián az 1931-es tanévtől kezdve a fegyvernemi képzéseket két külön főcsoportba szervezve folytatták. A Ludovika Akadémia I. főcsoportjában a gyalogos-, lovas- és tüzérsztképzés folyt, míg a műszaki csapatok, híradók, vonatsapathoz tartozók, folyamőrök képzése a Ludovika Akadémia addigi műszaki csoportjából létrejövő Ludovika Akadémia II. főcsoportjában zajlott. Egészen 1940-ig itt zajlott a páncélos tisztek képzése is. Az intézményt az egykori budapesti Császári és Királyi Gyalogsági Hadapródiskola Hűvösvölgyben található épületében helyezték el.

¹³ SZAKÁLY 2001: 301.

katonatisztek társaságában. A főméltóságú pár kíséretében volt vitéz Keresztes-Fischer Lajos tüzérségi tábornok, főhadsegéd, Ambrózy Gyula államtitkár és Koós Miklós ezredes, első szárnysegéd. A kormányzó ellépett az akadémia zászlóaljának arcéle előtt, majd helyet foglalt a dísztribünön.

A honvédség műszaki csapatainak legidősebb törzstisztje, Csiby ezredes lelkes beszéd kíséretében adta át a zászlót, amelyet az akadémia egyik tisztje és egy akadémikus vett át. Utána bíbor párnán vitték a kormányzó hitveséhez, a zászlóanyához az első szalagot, hogy azt a lobogóra felkösse. Az adományozó tisztikar szalagját Csiby ezredes, az akadémia szalagját pedig Schindler Szilárd altábornagy kötötte föl. Ezután Hász István és Soltész Elemér táborigazgatók mondtak avatóbeszédet, majd a zászlószegek beverésére került a sor. Végezetül Schindler Szilárd altábornagy köszöntö meg azt a kitüntetést, amely az akadémiát érte, hogy a zászlóavatáson megjelent a kormányzó és a zászlóanyai tisztet hitvese vállalta. Az iskolaparancsnok beszéde után az akadémikusok fölesküdték a zászlóra. Az ünnepség díszmenettel ért véget.¹⁴

1940. november 1-jétől kezdve a magyar királyi Honvédelmi Minisztérium I. csoportfőnöki beosztásában ténykedett. 1941. március 1-jétől 1942. november 1-jéig a Honvédelmi Minisztérium Földi Főcsoportfőnöke volt. Közben 1941. november 1-jén vezérezredesi kinevezést kapott. Elöljárói szakmai teljesítményét 1927 és 1941 között végig kiválóra értékelték. 1943. február 1-jén érdemei elismerése mellett nyugállományba helyezték.¹⁵ Azután Budapesten, a II. kerület Pasaréti út 1. 1/3. lakásában élt. 1943. november 25-én májelégtelenség és szívgyengeség következtében hunyt el Budapesten.¹⁶ 1943. november 29-én helyezték örök nyugalomra a budapesti Farkasréti temetőben. Sírja az 56. (VK6.) parcella 1. sorának 9. sírhelyén található.



5. ábra: Schindler Szilárd vezérezredes sírköve

Forrás: a szerzők felvétele

¹⁴ A kormányzó jelenlétében avatták fel a honvéd műszaki akadémia zászlóját. *Új Magyarország*, 1940. május 7. 4.

¹⁵ SZAKÁLY 2015: 207–208.

¹⁶ HL HM 4. oszt. 1944: 8412. doboz.

Haláláról így számolt be a korabeli sajtó:

„Schindler, mint mérnöki törzskari tiszt kezdette katonai szolgálatát, majd résztvett az első világháborúban, amelynek folyamán számos hadikitüntetést szerzett. Az összeomlás után katonai attasé volt Rómában, majd mint vezérkari tiszt, a honvédelmi minisztérium különböző osztályának, csoportjainak volt vezetője. Négy esztendőn át a Honvéd Műszaki Akadémia élén állott, mint parancsnok. Legutóbb a honvédelmi minisztérium földi főcsoportját vezette.”¹⁷

Szakmai kiválóságát és érdemeit számos osztrák–magyar, magyar és külföldi kitüntetés adományozásával is elismerték. 1908. december 2-án a Katonai Jubileumi Keresztet, majd a Bronz Katonai Érdemérmét hadiszalagon, kardokkal, az Ezüst Katonai Érdemérmét hadiszalagon, kardokkal, a Katonai Érdemkereszt III. osztályát hadidíszítménnyel és kardokkal (két ízben), a Károly Csapatkeresztet, a Tiszti Katonai Szolgálati Jel II/A osztályát, 1930. március 1-jén a Magyar Érdemkereszt III. osztályát, 1932-ben a Háborús Emlékérmét kardokkal és sisakkal, 1936-ban a Kormányzói Dicsérő Elismerés Magyar Koronás Bronzérmét vörös-fehér szegélyes smaragdzöld szalagon, a Magyar Érdemrend középkeresztjét, 1940-ben az Erdélyi Emlékérmét, 1941. augusztus 12-én a Magyar Érdemrend középkeresztjéhez a csillagot, 1942. augusztus 18-án a Tiszti Katonai Szolgálati Jel I/A osztályát,¹⁸ 1943. július 1-jén a Magyar Érdemrend nagykeresztjét kapta.

A külföldi kitüntetések közül 1928. február 15-től birtokolta az Olasz Korona Rend parancsnoki keresztjét, 1931. július 11-től az albán Szkanderbég Rend nagytiszti keresztjét, az 1930-as évektől pedig az Osztrák Háborús Emlékérmét kardokkal.¹⁹

Beosztásaiban számtalan esetben vett részt olyan társadalmi és politikai eseményen, amelyek az újságok címlapjára emelték. Ebben nyelvtudása is szerepet játszott, sok esetben képviselte a honvédelmi minisztert olasz küldöttségek érkezésekor. Búcsúztatott olasz repülőköteléket Mátyásföldön 1925-ben, köszöntött bolgár királyi szimfonikus zenekart 1942-ben, képviselte a Honvédelmi Minisztériumot az Országos Testnevelési Tanácsban²⁰ vagy a Ludovika Akadémia napján.²¹

Római katonai attasé szolgálatának idejére esik a korszak egyik – magyar szempontból – fájdalmas repülési epizódja is. 1932. május 21-én Endresz György és Bitai Gyula repülőgépe lezuhant a római Littorio repülőtéren. Endresz György a korszak egyik leghíresebb magyar pilótája volt, aki a „Justice for Hungary” névre keresztelt repülőgépével, 1931-ben átrepülte az óceánt. Schindler – aki a repülőtéren várta a gépet – az elsők között ért a lezuhant és kiegészett gép roncsaihoz, ott szembesülve a két repülő halálával. Ahogy a korabeli sajtó írta:

¹⁷ Meghalt Schindler Szilárd ny. vezérezredes. *Függetlenség*, 1943. november 28. 9.

¹⁸ HL Tiszti anyakönyvi lapok 1890/2107.

¹⁹ SZAKÁLY 2015: 208.

²⁰ ZUBER 1936: 11.

²¹ Ludovikás Levente.

„Körülbelül három óra lehetett, amikor megjelent az égbolton a magyar gépmadár méltóság- teljesen repülő piros teste. A gép igen alacsonyan repült és amint a közönség látni vélte, már készülődött a leszálláshoz. E pillanatban a Justice for Hungary hirtelen éles fordulatot tett. Szemtanúk állítása szerint a gépnek ez a megfordulása nagyon éles szögben történt; a gép oldalt billent, nagy sebességgel lefelé zuhant s egy szempillantás alatt eltűnt a nézők szeme elől a repülőtér melletti domboldal mögött. Emberek tömegei kapaszkodtak fel a domboldalra, ahova ekkor már megérkezett Italo Balbo olasz légügyi miniszter is Wodianer Andor követségi tanácsos és Schindler Szilárd ezredes, katonái attasé kíséretében. A repülőgép-vázán kívül akkor már minden alkatrészt felemésztettek a lángok. A gép identifikálása körülbelül negyedórát vett igénybe, Wodianer Andor követségi tanácsos ezt telefonon azonnal közölte a mátyásföldi repülőtér parancsnokságával, ahol megállapították, hogy nincs kétség aziránt, hogy a szerencsétlenség a Justice for Hungaryt érte. A repülőtér orvoskapitánya hősiesség bátorsággal és odaadással látott hozzá néhány emberével a holttestek kiszabadításának rendkívül nehéz és veszélyes munkájához. Nagy fáradtsággal mintegy háromnegyedóra munka után sikerült a vörösen izzó vasdarabok és üszkösödő roncsok közül kiemelni a tragikus véget ért pilóták holttestét.”²²

Befejezésül álljanak itt azok a gondolatok, amelyeket a hallgatóknak szánt a Leventekör megalakulásakor:

„[...] el tudom képzelni azt is, hogy a mai tűzérés helyett villamos hullámok révén távolból kormányozható és vezethető lövedékeket (bombákat) fognak alkalmazni, amelyek a találati valószínűségeket a mai egynéhány %-ról 80-90%-ra emelik s ezáltal a harci viszonyokat lényegesen megváltoztatják. A földön és vízen egyaránt használható harckocsik, kisebb, nagyobb egységek repülőgépen való szállításával talán a ma oly nehéz folyamatkelesek is lényegesen megváltozhatnak.

De azt hiszem, hogy teljesen megvilágítom, ha ismétlem azt az igazságot, hogy a haladásért, a fejlődésért való küzdelem azért kötelessége minden komoly magyar katonának, mert kétségtelen dolog, hogy a nemzetek állandó harcában a jobban felkészültnek nagyobb kilátásai vannak a végső győzelemre, ami számunkra nem lehet más, mint Hazánk, nemzetünk boldogulása, eredeti nagyságában való visszaállítása és felvirágoztatása. Ennek a szent és örökké fennálló célnak az eléréséért kell küzdenünk minden erőnkkel, képességünkkel.”²³

Irodalomjegyzék

A kormányzó jelenlétében avatták fel a honvéd műszaki akadémia zászlaját. *Új Magyarország*, 1940. május 7.

Az első jelentés Justice for Hungary lezuhanásáról. *Magyarország*, 1932. május 22.

²² Az első jelentés Justice for Hungary lezuhanásáról. *Magyarország*, 1932. május 22. 4–5.

²³ Schindler Szilárd tábornok, a m. kir. honvéd Ludovika Akadémia II. Főcsoport parancsnokának megnyitó beszéde a Leventekör 1937. évi alakuló közgyűlésén. Online: <https://tinyurl.hu/Oold y>

- Az olasz kormány hozzájárult, hogy katonai attasét küldjünk Rómába. Schindler Szilárd alezredes lett Magyarország kvirináli katonai attaséja. *Új Nemzedék*, 1927. november 1.
- Hadtörténelmi Levéltár Budapest, Tiszti anyakönyvi lapok 1890/2107.
- Hadtörténelmi Levéltár Budapest, Honvédelmi Minisztérium 4. osztály 1944. 8412. doboz.
- Iskolai értesítők, Körmöcbánya-Állami Főreáltanoda 1897–1900.
- JACOBI Ágost szerk. (1938): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest: Közlekedési Nyomda Kft.
- Képes Pesti Hírlap*, 1939. június 20.
- LONCAREVIC-SYPOSS Nándor (1931): A régi hadsereg legrégebb katonaiskolája. *Magyar Katonai Szemle*, 3. Magyarorság képes melléklete. 1931. június 21. 2.
- Ludovika Akadémia I. – Ludovika Akadémia II. Érdekes adatok a magyar tisztképző főiskola százharminc-esztendőös történetéből. *Pesti Napló*, 1938. december 22.
- Ludovikás Levente*. Online: <https://tinyurl.hu/0old>
- Meghalt Schindler Szilárd ny. vezérezredes. *Függetlenség*, 1943. november 28.
- SZAKÁLY Sándor (2001): *A magyar katonai felső vezetés 1938–1945. Lexikon és Adattár*. Budapest: Ister.
- SZAKÁLY Sándor (2015): *A 2. vkf. osztály. Tanulmányok a magyar katonai hírszerzés és kémelhárítás történetéből 1918–1945*. Budapest: Magyar Napló – VERITAS Történetkutató Intézet.
- ZUBER Ferenc szerk. (1937): *Magyar sport almanach 1936*. Budapest.
<https://generals.dk/general/Schindler/Szil%C3%A1rd/Hungary.html>
<https://keptar.oszk.hu/html/kepoldal/index.phtml?id=39877>

Lévai Zsolt¹ 

A fővonalis vasúti Tisza-hidak helyettesíthetőségének kérdései

The Questions of the Substitutability of the Main-Line Railway Bridges on the River Tisza

Magyarország nemzeti ellenállóképességének kialakításába a vonatkozó jogszabályok szerint a védelmi célú felkészítés feladatai is beletartoznak. A védelmi célú felkészítés megteremti a lehetőséget, hogy a felkészítésbe bevont rendszerek a jelentkező zavarokra megfelelően tudjanak reagálni. E reagálóképesség elsősorban a működőképesség megtartására irányul, ami a közlekedési rendszereknél kiemelt fontosságú, azok nemzetgazdaságra gyakorolt hatásai miatt. A közlekedési rendszerek, így a vasúti közlekedési alágazat, védelmi célú felkészítésének egyik feladata a kritikusinfrastruktúra-elemek meghatározása és helyettesíthetőségük megoldása. A cikk a vasúti árufuvarozás és ezáltal a katonai szállítási feladatok lebonyolításában jelentős szerepet játszó kelet–nyugati útvonalak tiszai átkelőinek vonali helyettesítési kérdéseit vizsgálja.

Kulcsszavak: vasúti közlekedés, katonai logisztika, védelmi célú felkészítés, helyettesítés, nagyfolyami vasúti hidak, V0 vasútvonal

The development of Hungary's national resilience also includes defence preparedness tasks under the relevant legislation. Preparedness for defence creates the capability for the systems involved in preparedness to respond adequately to disruptions. This response capability is primarily aimed at maintaining operational capability, which is a priority for transport systems because of their impact on the national economy. Preparing transport systems, including the rail transport sub-sector, for defence is one of the matter of identifying critical infrastructure elements and resolving their substitutability. This article examines the substitutability of the main-line railway bridges on the river Tisza of the east-west corridor which is likely to play a significant role in the transport of goods by rail and thus in the military transport tasks.

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: levai.zsolt@kti.hu

Keywords: *railway traffic, military logistics, preparedness for defence, substitution, railway bridges on the main rivers, VO railway line*

Bevezetés

Magyarország közlekedési rendszerének tekintetében a kelet–nyugati irányú tranzitforgalom döntő jelentőséggel bír. Nincs ez másként vasúti közlekedésben sem, a TEN–T-folyosók² magyarországi vasúti szakaszai is ilyen irányúak. A fő szállítási útvonal a Záhony–Nyíregyháza–Püspökladány–Szolnok–Budapest–Győr–Hegyeshalom–Rajka-vasútvonal, amelybe becsatlakoznak a dél–keleti irányból érkező (Nagyvárad–)Biharkeresztes–Püspökladány és (Arad–)Lőkösháza–Szolnok-vasútvonalak. Ezt az útvonalat egészíti ki a Nyíregyháza–Miskolc–Hatvan–Budapest-vonal, amely paramétereit tekintve megegyezik a Nyíregyháza–Szolnok–Budapest-vonallal.

Mindkét vasútvonal keresztezi a Tiszát, amely vasúti átkelők az útvonal egészét tekintve kiemelt jelentőséggel bírnak. Bármelyik híd sérülése jelentős fennakadásokat képes okozni a vasúti közlekedésben, amit tetézhét mindkét híd egyidejű, célzott rombolása.³

A magyar vasúthálózat további neuralgikus pontja a dunai átkelés. A cikk témájából adódóan most csak megemlítem ezt a problémát, kiegészítve azzal, hogy a közlekedéspolitikát ezt felismerve döntött egy Budapestet elkerülő, dedikáltan teherforgalmi vasútvonal építésének előkészületeiről.⁴ A kialakítandó, VO-ra keresztelt vasútvonal elsősorban az áru fuvarozási lehetőségeken javíthat, ugyanakkor, miután a katonai vasúti szállítási-mozgatási feladatok is szinte kizárólag a polgári vasúti hálózaton bonyolódnak, javulhatnak a katonai szállítások feltételei is.

A vasúti szállítási móddal kapcsolatban a NATO Szállítási és Közlekedési Doktrínája kiemeli, hogy az kifejezetten előnyös a nehéz haditechnika szállítására, ezért szükséges a megfelelő kapacitások (pálya, járművek, személyzet) rendelkezésre állása.⁵ A szövetségi vasúti szállítások elsősorban a Befogadó Nemzeti Támogatás (BNT) keretein belül valósulnak meg. A BNT egyik nagy feladatcsoportja a logisztikai támogatás megszervezése és a szolgáltatások biztosítása, aminek sikeressége a közlekedési (és azon belül a vasúti) hálózat elemeinek igénybevehetőségén múlik. Ennek feltétele a rendszer működőképes állapotban tartása, ezért a vasúti közlekedés katonai szerepe a BNT-feladatok növekedésével egyre erősödik. Az újonnan megépítendő VO vasútvonal által biztosított kapacitástöbblet következtében a BNT keretében végzendő RSOM⁶-feladatok vasúti lehetőségei javulhatnak.

A VO vasútvonal a fentiek miatt jelentős nemzetgazdasági és katonai szereppel bírhat, és mint ilyet, a vasúti kritikainfrastruktúra-hálózat új elemeként szükséges vizsgálni, hogy milyen védelmi célú intézkedések foganatosíthatók a pálya működőképességének megőrzése

² TEN–T: Trans European Network – Transport.

³ HORVÁTH–TÓTH 2019: 93–104.

⁴ 2056/2020 (XII. 30.) Korm. határozat.

⁵ AJP-4.4 2013.

⁶ Reception, Staging, Onward Movement – Fogadás, Állomásoztatás, Előre mozgatás műveletei.

érdekében. A cikk témájához a V0 vasútvonal keleti kezdőpontja szorosan kapcsolódik, ugyanis ez tovább erősíti Szolnok állomás és a hozzá vezető, két folyami hidat is tartalmazó Szolnok–Szajol-állomásköz szerepét.

A fentiek alapján a Tisza-hidakat tartalmazó állomásközoeket a jogszabályban meghatározott nemzeti kritériumok szerint a vasúti létfontosságú rendszerlemek közé sorolhatjuk, ezért védelmükkel és védelmi célú felkészítésükkel kiemelten kell foglalkozni. A védelmi célú felkészítés része a helyettesíthetőségi kérdések megválaszolása is.

Ennek érdekében jelen tanulmányban vizsgálom a Tisza-hidakat tartalmazó vasúti szakaszok helyettesíthetőségét, valamint a tervezett V0 vasútvonal szolnoki kezdőponthoz keleti irányból vezető Szolnok–Szajol-állomásköz kiesésének hatását a vasútvonal igénybevehetőségére. Vizsgálataim megállapításai alapján javaslatokat teszek olyan vasúti infrastrukturális és védelmi beruházásokra, amelyek segítségével a vasúti forgalom a Tisza-hidak kiesésekor is fenntartható, valamint a V0 vasútvonal elérhetősége a Tisza- vagy Zagyva-híd kiesése után is megmarad.

A V0 vasútvonal szerepe és tervezett nyomvonala

A tényleges helyettesíthetőségi vizsgálatok előtt szükségesnek tartom a V0 vasútvonal szerepét és jelentőségét tisztázni. A tervezett vonal alapvetően Budapest vasúti elkerülhetőségét szolgáló, a fővárost délről elkerülő vasúti pálya. A kiépítés paramétereit tekintve kétvágányú, villamosított, 120–160 km/h sebességű, 225 kN tengelyterhelésű, 740 m hosszú vonatok közlekedésére alkalmas vonalról beszélhetünk.⁷ A vonal megépítésének terve már régóta szerepel a közlekedéstervezők asztalán. Ennek oka elsődlegesen, hogy a Bevezetésben részletezett kelet–nyugati vasúti forgalom levezetésére csak Budapesten áll rendelkezésre megfelelő paraméterekkel rendelkező dunai átkelő, jelentős forgalmat róva a fővárosra, amit tovább tetéz a városban található központi rendező pályaudvar is (Ferencváros). Éppen ezért a V0 vasútvonal kialakításának célja, hogy a tranzitvasúti teherforgalom ne haladjon keresztül a fővároson, hanem attól távolabb, a sűrű személyvonati forgalmat lebonyolító elővárosi vasútvonalak érintése nélkül tegye lehetővé a kelet–nyugati irányú áruforgalom lebonyolítását.

További szerepe, hogy a vasúti elegyrendezési tevékenység elkerülhessen Budapestről, és a vonal mentén működjön, ahol lehetőség van további logisztikai bázisok építésére is. A vonal fővárost elkerülő vonalvezetése lehetőséget ad a vasúti veszélyesanyag-szállítások lebonyolítására is. Ezekon kívül a kialakítás céljaként fogalmazható meg, hogy:

- csökkentse a főváros zaj- és levegőszennyezését, valamint környezeti terhelését;
- előtérbe kerülhessen a városi vasúti személyszállítás a déli összekötő vasúti hídon;
- gyorsítsa a vasúti áruforgalom sebességét a hosszabb budapesti tartózkodások elkerülésével.

⁷ Lásd: www.fomterv.hu/hu/node/248

A nyomvonal meghatározása fenti igények szerint történt, figyelembe véve, hogy ahol lehet, barnamezős beruházként történjen meg a kialakítás.⁸ További fontos szempont volt a Duna-híd helyének megfelelő kiválasztása, illetve a környezetvédelmi szempontok figyelembevétele. A vasútvonal megfelelő összekötő vágányok kiépítésével megteremti a vasúti kapcsolatot mind Záhony (Távol-Kelet), mind Lökösháza (Távol-Kelet – Balkán), mind pedig Kelebia (Távol-Kelet – Pireusz) irányából a közvetlen nyugati vonalakhoz Sopron, Hegyeshalom és Rajka felé, éppen ezért a vonal TEN-T-törzshálózatba integrálása szükséges, ezzel is elősegítve Magyarország vasúti áru fuvarozási átjárhatóságát.

A tervezett vonal katonai szerepéről elmondható, hogy a NATO környezetvédelmi törekvéseiből⁹ adódó vasúti többletszállítások és a BNT-feladatokból fakadó szállítási igények várható növekedése is szükségessé teheti a dél-nyugat (Olaszország) – dél-kelet (Románia) irányú vasúti összeköttetés fejlesztését, amely útvonalnak szintúgy része a V0 vasútvonal.

A V0 nyomvonalasávját a Szolnok–Kecskemét–Székesfehérvár–Győr-útvonalon határozták meg (1. ábra).



1. ábra: A V0 vasútvonal tervezett nyomvonalasávja
Forrás: Innovációs és Technológiai Minisztérium

A vasútvonalak helyettesíthetőségének általános kérdései

A vasúti közlekedési ágazat folyamatos működőképességének fenntartása társadalmi és gazdasági érdek, amely meghatározza a védelmi és biztonsági tevékenységek kereteit is normál állapotban és különleges jogrendi helyzetekben egyaránt. A különleges jogrendi helyzetekre való felkészítés 2022. november 1-jétől a védelmi felkészítés integrált rendszerében valósítható meg, amely a vasúti közlekedést is magába foglalja mint a nemzeti ellenálló képesség egyik meghatározó elemét.¹⁰ Az újonnan hatályos jogszabály a benne felsorolt szervezetek

⁸ TÓTH-LÉVAI 2021: 233–256.

⁹ Lásd: www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_185174.htm

¹⁰ HORVÁTH 2022.

részére kötelezővé teszi az ehhez szükséges intézkedések megtételét.¹¹ A közlekedési rendszer felkészítése a katonai logisztikai támogatási rendszer részeként értelmezett közlekedési támogatási rendszer felkészítésének keretében történik. A felkészítést különleges jogrendi időszakon kívül kell végrehajtani annak érdekében, hogy különleges jogrendben a rendszer képes legyen a szükséges feladatok maradéktalan ellátására. A felkészítés folyamata többek között az infrastruktúra védelmi felkészítését is magában foglalja. A védelmi célú felkészítés katonai feladatait a Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína (Doktrína) határozza meg.¹² Cikkem szempontjából a Doktrínában felsorolt szakfeladatok közül a legfontosabb a várható közlekedési (mozgatási-szállítási) igények figyelembevételével a közlekedési hálózat fenntartására és a szükséges kapacitások biztosítására irányuló feladatcsoport. Ehhez a Doktrína az alábbi követelményeket fogalmazza meg:

- tartsa fenn a közlekedési rendszerek, ágazatok működőképességét, állítsa helyre a rombolásokat, háborús sérüléseket;
- változatlan hatékonysággal elégítse ki az ország, a nemzetgazdaság közlekedési szükségleteit.

A Doktrína a technikai oltalmazás feladatákként határozza meg a közlekedési infrastruktúra működőképességének megőrzését.

A kritikus infrastruktúrák védelme felől közelítve a kérdést, az Európai Unió 2005-ben adta ki Zöld Könyvét a kritikus infrastruktúrák védelmének európai programjáról. A dokumentum három alappillérrre támaszkodik:¹³

- megelőzés,
- felkészülés,
- ellenálló képesség.

A közlekedési rendszerek védelmének tekintetében a megelőzés fázisa a gyenge pontok beazonosítását, a felkészülés fázisa a védelmi célú felkészítést, az ellenálló képesség kialakításának fázisa pedig a pótlást, a helyreállítást, illetve a sebezhető pontok számának minimalizálását jelenti.

Ezen a ponton ér össze a védelmi célú felkészítés és a pótlás, vagyis a helyettesíthetőség kérdése.

A vasúti helyettesíthetőség meghatározásakor célszerű vizsgálni az egyes vasútvonalak fogalmának átterelhetőségét más vonalakra, vagyis az egymással redundáns vonalakat. A redundanciát meghatározó gráfelméleti modell alapkoncepcióját Tóth Bence dolgozta ki és adta közre.¹⁴ A modell szerint bizonyos állomások jelentik a gráf csúcsait, míg a nyílt vonal (állomásközök) és a többi állomás a gráf éleit. A modell alapján meghatározható egy

¹¹ 2021. évi XCIII. törvény.

¹² *Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína* 2005.

¹³ Európai Bizottság 2005.

¹⁴ TÓTH 2017: 52–66.

él kiesésekor a lehetséges kerülőutak hálózata. A helyettesítő útvonalak kiválasztásánál két szempont játszik szerepet:¹⁵

- a kerülőút hatása a menetidőre;
- a kerülőút hatása a menetvonalhosszra.

Mindkét módszer tartalmazza a kerülő útirányok kapacitásvizsgálatát abból a szempontból, hogy a terelni kívánt forgalom a helyettesítő útvonalon leközlekedtethető-e. Amennyiben nem, szükségessé válhat a vasúti forgalom más alágazatra terelése, végső esetben korlátozása.

A helyettesíthetőség kérdése tehát elsősorban olyan vonalak sérülésekor jöhet szóba, ahol a sérült elem helyreállítása hosszabb időt vehet igénybe, és a javítás vagy a provizórium beépítésének befejezéséig pótlásra, esetleg terelésre van szükség, ami az esetek döntő többségében megnöveli az eljutási időt, vagyis a vonatok nem az előre meghirdetett menetrend szerint közlekednek. Az így keletkező késés mindenképpen a szolgáltatási színvonal csökkenését eredményezi. Ilyenek lehetnek az olyan pályák, amelyek magukba foglalnak kiemelt jelentőségű műtárgyat, nagyvárosi vonalszakaszokat. A Szolnok–Szajol-állomásköz két folyami hidat is tartalmaz, így a helyettesíthetőség vizsgálata jogosan merülhet fel.

A Szolnok–Szajol-állomásköz helyettesíthetősége

A déli összekötő vasúti híd mellett a kelet–nyugati irányú vasúti forgalom másik neuralgikus pontja a két folyóhidat is tartalmazó Szolnok–Szajol-állomásköz. Ebbe beletartozik a két állomás és az azokat összekötő nyílt vonal. Az állomásköz a Budapest–Debrecen–Záhony vasúti fővonalon fekszik, jelentősége abban is áll, hogy Szolnoknál csatlakozik hozzá a tervek szerint a VO vasútvonal, illetve Szolnok maga is jelentős vasúti csomópont, valamint hogy Szajol állomáson ágazik el a legjelentősebb dél–keleti irányú 120-as számú vasútvonal Békéscsaba–Arad–Bukarest–Constanca felé. Látható tehát, hogy az állomásköz vasúti forgalma és ezáltal vasútüzemi szerepe kiemelten nagy.

A helyettesíthetőség kérdésében az állomásköz helyzete jobb, mint a déli összekötő vasúti hidat tartalmazó Ferencváros – Budapest–Kelenföld-állomásközé. Ez annak köszönhető, hogy a Tiszán több vasúti átkelő épült, mint a Dunán, ugyanakkor ezek nem egyformán alkalmasak a közlekedésre. Ezen túlmenően Nyíregyháza irányából Budapestre két, közel párhuzamos vasútvonal vezet, ez pedig a pótlás szempontjából előnyös. Igaz ugyanakkor, hogy a vonatok forgalmát már Nyíregyházán el kell terelni, ez pedig többetkilométerek felhasználása nélkül csak Záhony felől lehetséges. Ebben az esetben a 100-as és 80-as számú Záhony – Nyíregyháza Északi Kitérő – Szerencs – Miskolc – Hatvan vasúti útvonalon lehetséges a pótlás. Hatvantól a 82-es számú vonalon továbbhaladva elérhető lehet a VO vasútvonal, ehhez azonban további beruházások szükségesek, amelyekre a következő fejezetben tesztek javaslatot. Az útvonal a Tiszát a Tokaj–Rakamaz-állomásközben keresztezi, aminek az a hátránya, hogy csak egy-

¹⁵ TÓTH 2018: 118–132.

vágányú, vagyis kapacitása megközelítően fele a kétvágányú Szolnok–Szajol-állomásköznök. Miután mindkét vonal villamosított, a vonatok vontatójármű-csere nélkül közlekedhetnek.

Románia felől azonban ez a helyettesítő útvonal nem reális alternatíva a hosszú kerülés miatt. Délkeleti szomszédunkhoz alapvetően az alábbi két vasútvonalon közlekedik a vonatok többsége:

- Budapest–Szolnok–Püspökladány–Biharkeresztes–Nagyvárad–Brassó (100, 101-es számú magyarországi vasútvonalak);
- Budapest–Szolnok–Békéscsaba–Lőkösháza–Arad–Bukarest–Constanca (120-as számú magyarországi vasútvonal).

Mindkét útirány használja a Szolnok–Szajol-állomásközt, mégis érdemes külön megvizsgálni őket.

A biharkeresztesi határátkelőhöz vezető 101-es számú vasútvonal egyvágányú, villamosítása 2022-ben folyamatban van. Fekvése miatt a Budapest–Hatvan–Füzesabony–Debrecen kerülő útirány használata a legkedvezőbb. A jó állapotban lévő, egyvágányú, 80 km/h sebességgel járható, 21 tonna tengelyterhelésű,¹⁶ 108-as számú Debrecen–Füzesabony-vasútvonal képes lehet a helyettesítésre. A biharkeresztesi kilépő vonatok Debrecenből két irányban közlekedhetnek tovább:

1. menetirányváltás után Püspökladány–Biharkeresztes felé;
2. Nyírábrány kilépéssel a román hálózaton térnek vissza az eredeti útirányhoz.

Egy vontatójármű alkalmazásakor az 1. megoldás két irányváltással jár, egyszer Debrecenben, másodszor Püspökladányban. Ennek jelentős időszükséglete kiküszöbölhető, ha a dízel vontatójármű a vonaton marad, és a szerelvény másik végére kapcsoljuk a Debrecen–Püspökladány között közlekedő villamos vontatójárművet. Ekkor Püspökladányban elegendő a villamos mozdonyt lekapcsolni, és a vonat dízelvontatással közlekedhet tovább Biharkeresztesre. A Püspökladány–Biharkeresztes-vonal közelgő villamosítása azonban változtathat a helyzeten, ugyanakkor a példa is bizonyítja, hogy az erőforrások hatékony felhasználásával növelhető a vasúti hálózat ellenálló képessége.

A második esetben nincs szükség irányváltásra, a vonat a dízelmozdonyral végig közlekedik Nyírábrányig, ugyanakkor szükséges a társvasúttal történő egyeztetés a vonat fogadásáról és romániai közlekedéséről, ami többletadminisztrációt és -időfelhasználást eredményez.

A Szajol–Békéscsaba–Lőkösháza-vonal tekintetében az optimális kerülő útirány meghatározása már bonyolultabb. Elviekben a 108-as számú vasútvonal ebben az esetben használható kerülőút, és Szajol állomás előtt a megépült deltavágány segítségével egyből rá lehet kanyarodni a 120-as számú vasútvonalra, ugyanakkor a vonal alacsonyabb kapacitása a lőkösházi kilépő vonatok számára nem ideális.

A 108-as számú vonal alacsony kapacitása miatt további kerülő útirányok vizsgálata javasolt. Szászi Gábor cikkében¹⁷ a Tisza-híd kiesésekor a Kisújszállás–Kál–Kápolna-mellékvonalat

¹⁶ MÁV Rt. *Műszaki Táblázatok II. (Pályaadat táblázatok)*.

¹⁷ Szászi 2013: 167–190.

vizsgálja helyettesítő útvonalként. Ezt a kerülő útvonalat egy, a Magyar Mérnöki Kamara Közlekedési tagozatának megrendelésére készült tanulmány is javasolja.¹⁸ A javasolt vonalnak azonban az engedélyezett sebessége alacsonyabb a Debrecen–Füzesabony-vonalénál, így átbocsátóképessége még kisebb. A tanulmány szerzői és Szászi Gábor is megállapítja, hogy a Kísújszállás–Kál–Kápolna-mellékvonal önmagában nem képes a Szolnok–Szajol-állomásköz forgalmát átvenni, és alternatív javaslatot csak Szászi Gábor fogalmaz meg a Budapest–Cegléd–Szegeď–Békéscsaba útvonalon. Az útvonal hátránya, hogy nagy forgalmú és egyvágányú vasútvonalakon vezet, így ezeken a vonalakon nem áll rendelkezésre elegendő kapacitás a forgalom levezetésére. Ugyanakkor a Románia felé történő kilépés az eredeti határállomáson valósul meg, ezért a társvasút nem kényszerül kerülő útirányok alkalmazására.

A V0 vonal elérhetősége a helyettesítő vonalak használatával

A V0 nyomvonal az 1. ábra alapján keleten Szolnoknál kezdődik. A vasúti teherforgalom számára tehát a Szolnok–Szajol-állomásköz használhatatlanságakor célszerű Szolnoktól délre fekvő tiszai átkelők vizsgálata. Ilyen lehetséges vasúti Tisza-hidak:

- Lakitelek–Tiszaug;
- Csongrád–Szentés;
- Algyő–Hódmezővásárhely.

A 100-as számú vasútvonal felől a helyettesítő útvonal a Törökszentmiklós – szajoli delta – Tiszatenyő – Kunszentmárton – Lakitelek – Kecskemét vonalszakaszokból áll össze, amelynek Tiszatenyő–Kecskemét-szakasza nem villamosított. A Tisza-híd a Kunszentmárton–Lakitelek-állomásközben fekszik. A híd a 100-as számú vonalról a szajoli deltavágány használatával jelenleg csak kunszentmártoni irányváltással érhető el. A vonal szűk keresztmetszete az egyvágányú, állomástávolságú közlekedésre berendezett, 28,7 km hosszú, 60 km/h sebességgel járható Kunszentmárton–Lakitelek-állomásköz. A személyvonatok a két állomás közötti távolságot 4 megállással 52 perc alatt teszik meg, ami 50 km/h vonali sebességnek felel meg. Az engedélyezett maximális vonathossz 300 m. A megadott paraméterekkel a 2022-es menetrendben közlekedő napi 5 személyvonat mellett az UIC 406 döntvény¹⁹ szerint számolva napi 11 tehervonat tud leközlekedni, vagyis irányonként 5-6 vonat. Ebbe bele kell érteni a 100-as vonali (Záhonynál és Biharkeresztesnél kilépő), valamint a 120-as vonali (Lőkősházánál kilépő) vonatokat. Belátható, hogy a helyettesítő vonal kapacitása elégtelen a Szolnok–Szajol-állomásköz kiesésekor. A tehervonatok menetideje csökkenthető, ha a jelenleg forgalomból kizárt Tiszaföldvári elágazás – Csépai elágazás összekötő vonalat újra forgalomba helyezik. Az újbóli használat feltétele, hogy a Tiszaföldvári elágazás vonatjelentő őrhelyként működjön, ugyanis ilyen irányú tehervonati közlekedés alkalmával a foglalt állomásköz hossza a Tiszaföldvár–Lakitelek-távolsággal egyenlő, ami 14 km-el hosszabb a Kunszentmárton–Lakitelek-állomás-

¹⁸ FELLER–HÍDVÉGI–KÖLLER 2010.

¹⁹ Union International des Chemins de fer 2013.

köz hosszánál, összesen 42,7 km. Belátható, hogy még a Tiszaföldvár – Tiszaföldvári elágazás szakaszon 80 km/h sebességgel történő közlekedés esetén is körülbelül 70 perces menetidő adódik a tehervonatok részére Tiszaföldvár–Lakitelek között, aminek következtében csak napi 9 tehervonat közlekedtethető le az állomásközben.

A Tiszaföldvár–Lakitelek-vonalszakasz elégtelen kapacitása miatt célszerűnek látszik a forgalom kettébontása a 100-as és a 120-as számú vonalak szerint.

A 100-as számú vonal vonatai részére a kerülő útirány továbbra is a 80-as számú vasútvonal a Nyíregyháza–Miskolc–Hatvan- viszonylaton. Kérdés azonban, hogy a vonatokat innen a 82-es számú vonalon vezessük Szolnok-elágazáson keresztül a V0 vasútvonalra, vagy megtartva a régi útirányt a vonatok Ferencvároson és Tatabányán keresztül érik el Győrt. A 82-es számú vasútvonal használata ellen szól a jelentős kerülő mind kilométerben, mind időben, illetve a vonal alacsonyabb kapacitása, ugyanakkor Budapest tehermentesítése csak így érhető el. Fontos tisztában lenni azzal is, hogy a déli összekötő vasúti híd személyvonati kihasználtsága lehetővé teszi-e a terelt tehervonatok átbocsátását. Korábbi cikkemben²⁰ vizsgáltam a Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia által javasolt új hálózati elemek helyettesíthetőségét, és megállapítottam, hogy a déli összekötő vasúti híd átbocsátóképessége a tartalék kapacitások és a menetrendi tartalékok jelentős csökkentése mellett elegendő a tervezett Duna-alagútban haladó személyvonatok közlekedésére, így a jóval kevesebb számú kelet–nyugati irányú tehervonat számára is. Természetesen adminisztratív eszközökkel elérhető, hogy a tehervonatok Hatvan után Szolnok irányába haladjanak tovább, és ott csatlakozzanak a V0 vonalra.

A 120-as számú vonalon közlekedő vonatok esetében két további tiszai átkelő jöhet számításba. A csongrádi Tisza-híd igénybevételével a vonatok a Békéscsaba–Orosháza–Szentés–Kiskunfélegyháza–Kecskemét–V0-útvonalon közlekedhetnek. A 2. ábra mutatja a szolnoki Tisza-híd kiesésekor a 120-as számú vonal felől a csongrádi Tisza-hídon keltett forgalmat abban az esetben, ha a V0 vasútvonal rendelkezésre áll. Az ábrából kiolvasható, hogy az Arad felől érkező tehervonatok számára ez az irány reális helyettesítő útvonal lehet, ugyanakkor az érintett mellékvonalak átbocsátóképessége szintén nagyon alacsony.

²⁰ LÉVAI 2022: 342–354.



2. ábra: A menetvonalak eloszlása Délkelet-Magyarország felől a Szolnok–Szajol Tisza-híd kiesésekor

Forrás: TÓTH–LÉVAI közlésre befogadva

A második lehetőség az algyői Tisza-híd használata. Ebben az esetben a tehervonatok Orosháza után tovább folytatják útjukat Szegedre, ahol Szeged Rendező pályaudvaron irányt váltva haladhatnak tovább Kecskemét és a V0 vonal irányába. Az útirány hátránya, hogy jelentősen hosszabb a Szentés–Csongrád-útvonalnál, továbbá a Hódmezővásárhely–Szeged között közlekedő vasútvillamosok is ezt a pályát használják, jelentősen lecsökkentve a rendelkezésre álló szabad kapacitást. További hátrányként jelentkezik a szegedi menetirányváltás is, ugyanakkor a debreceni technológia itt is alkalmazható. Ez az útvonal a helyettesítés szempontjából nem jelent reális alternatívát.

A Tokaj–Rakamaz-állomásköz helyettesíthetősége

A Tokaj–Rakamaz-állomásköz a Nyíregyházát Miskolccal összekötő vasútvonalon fekszik, a szakasz villamosított, egyvágányú és 100 km/h sebességre alkalmas.²¹ Az útvonal hátránya a már említett alacsonyabb kapacitás, amely a Szolnok–Szajol-állomásköz kiesésekor nem teszi lehetővé teljes értékű kerülő útirányként történő használatát. Ha azonban a tokaji Tisza-hidat tartalmazó állomásköz esik ki, a Nyíregyháza–Szolnok–Budapest-útirány megfelelő kapacitással rendelkezik a terelt vonatok leközeledtetésére. További lehetőség a 108-as számú vonal használata, de a jelzett problémákkal ilyenkor is számolni kell, ugyanakkor az érintett vonatok száma kevesebb.

²¹ MÁV Rt. Műszaki Táblázatok II. (Pályaadat táblázatok).

A Tiszát keresztező további mellékvonalak vizsgálata azok alacsony kapacitása miatt szükségtelen, a Tokaj–Rakamaz-állomásköz helyettesítését a két említett útvonal felhasználásával kell megoldani (3. ábra).



3. ábra: A Tokaj–Rakamaz-állomásköz helyettesíthetősége
Forrás: KTI-adatbázis alapján a szerző szerkesztése

Javaslatok megfogalmazása

Ebben a fejezetben olyan vasútiinfrastruktúra-beruházásokra teszek javaslatokat, amelyek elősegíthetik, hogy a Szolnok–Szajol-állomásköz zavarakor a délkeletről érkező vonatok eljuthassanak Szolnokra, és ezáltal használhassák a V0 vasútvonalat. A Tokaj–Rakamaz-állomásköz kiesésekor a legfontosabb a 108-as számú vasútvonal működőképességének biztosítása.

Ilyen esetekben természetesen nem pár órás zavartatásról van szó, ugyanis ilyen mértékű lezáráskor nem éri meg a többórás kerülőutak megtétele, hanem érdemesebb a pálya felszabadulására várni. Ebben a tekintetben nagy felelőssége van az üzemirányító szervezetnek, hogy a vasútállomások számára megfelelő mennyiségű és minőségű információt szolgáltatson a forgalom újbóli megindításával kapcsolatban. A vonatok közlekedésével kapcsolatban már az is jelentős előrelépés, ha legalább az egyik vágányon lehet közlekedni.

Amennyiben a pálya hosszabb ideig (napokon át) zárva marad, szükséges a kerülő utak használata. A helyettesítő útvonalak elemzése alapján több esetben szükségessé válik irányváltás, a megfelelő összekötő vágányok hiánya miatt. Ezért javaslataim egyik része ezekre a deltavágányokra irányul. Ezek csak pár km hosszú vonalak, így beruházási költségeik nem jelentősek. Kiépítésük ugyanakkor azért is javasolható, mert alkalmazásukkal az üzemeltetési és közlekedtetési költségek csökkenthetők (például az irányváltásoknál felmerülő tolatási mozgások elmaradásával).

A javaslatok másik csoportja a kerülő útirányok kapacitásnövelését célozza. A vizsgálatok eredményeként kiderült, hogy főleg a Szolnoktól délre eső Tisza-hidakat tartalmazó vonal-

szakaszok átbocsátóképessége rendkívül alacsony, azokon terelt forgalmat közlekedtetni nem lehet. Éppen ezért teszek javaslatokat a kapacitások bővítésére. Ezek természetesen nemcsak a vasúti árufuvarozás számára előnyösek, hanem ezáltal fejleszteni lehet a térség regionális személyforgalmát is.

Vágányok építésére vonatkozó javaslatok

Összekötővágány építése Szolnok térségében, amely közvetlen kapcsolatot teremt a 82-es számú Hatvan–Szolnok-vasútvonal és a V0 vonal között

A vonal kialakításának célja, hogy a 80 és 82-es számú vonalakra terelt vonatok Szolnok csomópont érintése nélkül átjárhassanak a V0 vasútvonalra, így elkerülhető a szolnoki irányváltás és az állomás berendezéseinek foglalása. A vágány kialakítása körülbelül 30–60 perc menetidő-megtakarítást eredményez. Véleményem szerint a vágány megépítése mindenképpen szükséges.

Deltavágány kialakítása Püspökladánynál

Az összekötővágány közvetlen kapcsolatot teremt a 100-as és 101-es számú vonalak között Debrecen felől, vagyis elmarad a püspökladányi irányváltás. A deltavágány villamosítása szükséges, így a Debrecenből érkező villamos mozdonyok vontatta vonatok az állomás érintése nélkül kanyarodhatnak rá a biharkeresztesi vonalra. Az elérhető menetidő-megtakarítás ebben az esetben is 30–60 perc.

Deltavágány kialakítása a 108-as és 100-as számú vonalak között

Az összekötővágány kialakítása szintén a biharkeresztesi kilépő vonatok számára kínálna kedvező eljutási lehetőséget, ugyanakkor megépítése további megfontolást igényel. Miután a 108-as számú vonal nem villamosított, nem teljesen egyértelmű a dízelmozdonyok továbbközlekedése Püspökladány felé. Amennyiben vonatatójárművet kell cserélni, arra Debrecen a legalkalmasabb állomás. A mozdonycsere ideje rövidebb lehet, mert a villamos mozdonyok az irányváltás miatt a szerelvény másik végére kell rájárnia, így nem kell megvárni, míg a dízelmozdony lejár a vonat elejéről.

Deltavágány építése Tiszatenyőnél

A 120-as számú vonalon Arad–Lőkösháza felől érkező tehervonatoknak a tiszauagi híd eléréséhez Tiszatenyő állomáson irányváltásra van szükségük, a deltavágány ezt hivatott kiváltani. Ebben az esetben is felmerül, hogy a villamos mozdony vontatta vonatok dízelüzemű pályán való

közlekedéséhez vontatójármű-cserére van szükség, ami kedvezőbb lehet Tiszatenyőn, mint Mezőtúron vagy Békéscsabán. Tiszatenyőn is alkalmazható a debreceni tolatási technológia a vonat végére járó dízelmozdonnyal, így a deltavágány létesítése megfontolandó. Személyszállítási igények nem indokolják az összekötővágány kiépítését.

A tiszaföldvári deltavágány újbóli üzembe helyezése

A 130-as számú Szajol–Makó- és a 146-os számú Kunszentmárton–Kiskunfélegyháza-vasútvonal között teremtett kapcsolatot ez az egykori deltavágány, azonban az ipari termelés visszaszorulása miatt a vágány teljesen elvesztette jelentőségét. A V0 vasútvonal megépítésével azonban ismét előtérbe kerülhet a közvetlen kapcsolat kialakítása, mert így lehetővé válik a Szajol–Tiszatenyő–Tiszaföldvár–Lakitelek–Kecskemét-útvonalon a Szolnok–Szajol-álműköz kikerülése. A vonalon található tiszauzi vasúti híd érdekessége, hogy azt a honvédség műszaki katonái építették újra a második világháborút követően, 1945–47 között.²²

Javaslatok a vonalak átbocsátóképességének javítására a tehervonati közlekedés lebonyolíthatósága érdekében

Szükségvonat-jelentőőri szolgálat bevezetési feltételeinek megteremtése az egyes állomások között

A forgalom mára megszűnt a nagyvasúton (még egyes HÉV-vonalakon alkalmazzák), ugyanakkor a mai távközlési és infokommunikációs lehetőségek mellett a szolgálat bevezetésének különösebb akadálya nincs. Hátránya, hogy helyhez kötött jelzők hiányában a vonatforgalmat kézi jelzésekkel kell szabályozni, ami lelassítja a vonatforgalmat az alkalmazható legfeljebb 15 km/h sebesség miatt. Kétségtelen előnye viszont, hogy a szükségvonat-jelentőőrök számától függően többszörözheti az egyes, hosszú állomások közötti átbocsátóképességét.

Gátér megálló-rakodóhely benépesítése

A 147-es számú Szentés–Kiskunfélegyháza-vasútvonal Csongrád–Kiskunfélegyháza-állomások közötti kapacitásnövelése szempontjából a személyzet nélküli Gátér megálló-rakodóhely benépesítése kézenfekvő megoldás lehet. A megálló-rakodóhelyen a forgalmi szolgálat végzésének feltételei adottak, a kétvágányos szolgálati hely állomásként vagy forgalmi kitérőként működhet, vonattalálkozásokat lebonyolíthat.

Városföld–Kecskemét-állomásköz kétvágányúsítása

A menetrendalapú infrastruktúra-fejlesztés a 140-es számú Cegléd–Szeged-vasútvonal menetrendjének kialakításakor csak a Városföld–Kiskunfélegyháza-szakaszon tette szükségessé

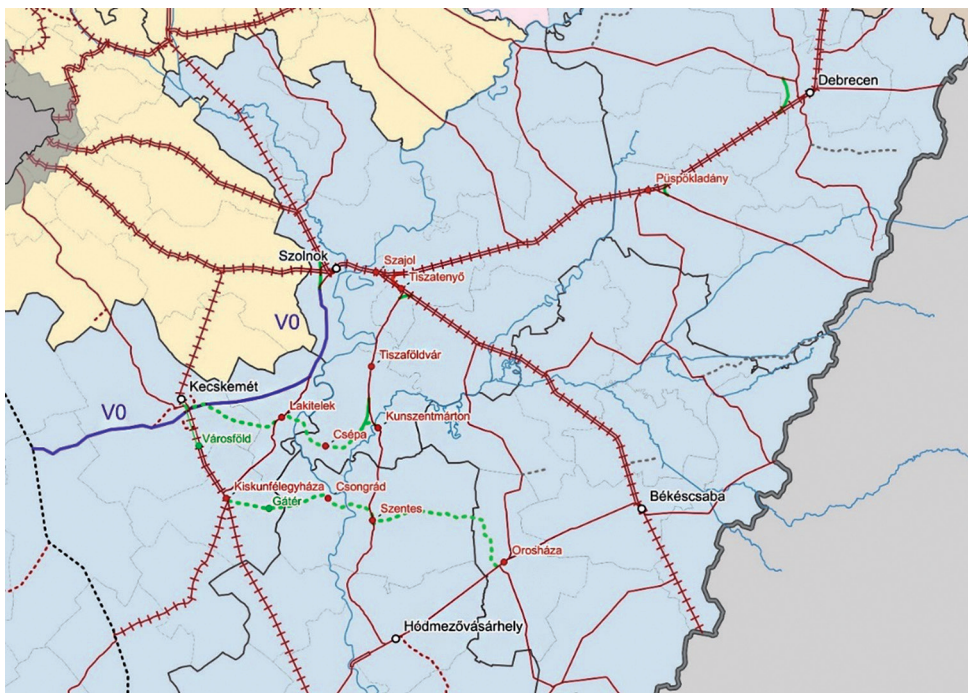
²² Lásd: <https://kmdi.uni-nke.hu/hirek/2022/07/07/egy-ujjaepulo-haza-koszonete-a-muszaki-katonaknak>

második vágány építését, azonban a terelések miatt szükségessé válhat a második vágány kiépítése Városföld és Kecskemét között is. Ezt a beruházást is fontolóra kell venni abból a szempontból, hogy a ritkán előforduló terelések miatt felmerülő kapacitásszűkületet fel kell-e oldani egy, a nap 24 órájában rendelkezésre álló, ugyanakkor nem használt infrastruktúrával.

*Az Orosháza–Kiskunfélegyháza- és a Kunszentmárton–Kecskemét-vonalakon a sebesség fel-
emelése 80 km/h-ra*

Az alacsony sebesség mindkét vonalon nagyon lecsökkenti az átbocsátóképességet, amelyet megnövelhet a pályasebesség emelése. Ebben az esetben azonban ennek nemcsak terelések alkalmával, hanem a regionális személyforgalomban is hasznát lehet venni a gyorsabb személyvonatokkal elérhető menetidő-csökkentés révén. Ez a régió lakói számára az externális költségek csökkenését eredményezi, ami a nemzetgazdaságban érezheti hatását.

A 4. ábra összefoglalóan mutatja a fejlesztési javaslatokat. Az ábrán piros színnel jelöltem a ma is üzemelő vonalakat, kékkel a tervezett V0 vasútvonalat, zölddel pedig a javaslatokat.



4. ábra: A V0 vasútvonal használhatóságához kapcsolódó vasútiinfrastruktúra-fejlesztési javaslatok
Forrás: KTI-adatbázis felhasználásával a szerző szerkesztése

Összegzés

A vasúti hálózatok mint vonalas infrastruktúrák többek között biztosítják az ország védelmi képességét. A közlekedési hálózatok fejlettsége meghatározza az elérhető katonai mobilitás színvonalát. Egy jól működő közlekedési rendszer képes kielégíteni a haderő szállítási-mozgatási igényeit. Ahhoz azonban, hogy ez megteremthető legyen, biztosítani kell a rendszerek működőképességét, ugyanis egyes elemek kiesése rendkívüli hátrányokkal járhat a szállításokra vonatkozólag. A működőképesség biztosításának részeként meghatározott ellenálló képesség növelése többek között a rendszerek megfelelő szintű védelmi felkészítésével lehetséges.

Ebben a cikkben a vasúti közlekedési alágazat védelmi célú felkészítésének egyik részterületével, a helyettesíthetőség kérdésével foglalkoztam. Vizsgálatom a magyarországi vasúthálózat Tisza-hidakat tartalmazó szakaszainak és egy új infrastruktúra-elem, a V0 vasútvonal használatához kapcsolódó lehetséges problémákra kereste a választ: a kelet–nyugati forgalom legkritikusabb állomásközeinek, a Szolnok–Szajol és a Tokaj–Rakamaz vasúti szakaszok pótlásának megoldására. A probléma fontosságát tovább emeli, hogy a Szolnok–Szajol-állomásköz kiesése hatással van a V0 vasútvonal igénybevehetőségére.

A vizsgálat fontos eleme volt a vasúthálózati elemek helyettesíthetőségének földrajzi elemzése. Az egyes helyettesítő vasútvonalak paramétereinek és átbecsátóképességeinek vizsgálatával határoztam meg a lehetséges kerülő útirányokat. A helyettesítő vonalak meghatározása alapján a cikk második részében javaslatokat tettem a kerülő útirányokon infrastruktúra-fejlesztéssel elérhető menetidő-csökkenés és kapacitásnövelés lehetőségeire. Javaslataimmal a térség földrajzi viszonyait figyelembe véve a vasúti forgalom – még ha kisebb kapacitással is – fenntartható, így a gazdasági és a katonai logisztikai feladatok elláthatók.

Álláspontom szerint az egész országra kiterjedő, hasonlóan fenntartott vasúti közlekedéssel hazánk ellenálló képessége továbbra is megfelelő mértékű marad, ami a jövő hadviselése szempontjából kiemelt jelentőségű.

Irodalomjegyzék

- AJP-4.4 (2013): *Allied Joint Movement and Transportation Doctrine (Edition B Version 1)*. NATO Standardization Agency.
- Európai Bizottság (2005): *Zöld Könyv a létfontosságú infrastruktúrák védelmére vonatkozó európai programról COM (2005) 576 végleges*. Brüsszel. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0576>
- FELLER Tibor – HÍDVÉGI Gábor – KÖLLER László (2010): *A nemzetgazdaság és a nemzetbiztonság által igényelt „kritikus infrastruktúra” hálózatok komplex szemléletű vizsgálata*. Budapest: Magyar Mérnöki Kamara Közlekedési Tagozat.
- HORVÁTH Attila (2022): A közlekedési és logisztikai rendszer védelmi felkészítésének szabályozási és szervezeti aspektusai. *Védelmi-biztonsági Szabályozási és Kormányzástani Műhelytanulmányok*, 35. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Védelmi-biztonsági Szabályozási és Kormányzástani Kutatóműhely.
- HORVÁTH Attila – TÓTH Bence (2019): A magyarországi vasúthálózat támadásokkal szembeni ellenállósága. *Hadtudomány*, 29, 93–104. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2019.29.E.93>

- LÉVAI Zsolt (2022): A Budapesti Agglomerációs Vasúti Stratégia által javasolt új budapesti vasúthálózat helyettesíthetőségének vizsgálata. In HORVÁTH Gábor – HORVÁTH Balázs (szerk.): *XX. European Transport Congress / XII. International Conference on Transport Sciences, Győr: After pandemic – before autonomous transport*. Győr: Közlekedéstudományi Egyesület (KTE), 342–354.
- Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína (2005). Budapest: Magyar Honvédség Közlekedési Főnökség.
- MÁV Rt. *Műszaki Táblázatok II. (Pályaadat-táblázatok)*
- SZÁSZI Gábor (2013): A vasút, mint kritikus infrastruktúra. In HORVÁTH Attila – BÁNYÁSZ Péter (szerk.): *Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből – Kiemelten a közlekedési alrendszer*. Tanulmánykötet. Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság, 167–190.
- TÓTH Bence (2017): Állomások és állomásközök zavarának gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton. *Hadmérnök*, 12(4), 52–66. Online: www.hadmernok.hu/174_06_toth.pdf
- TÓTH Bence (2018): Menetidő- és menetvonalhossz növekedés gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton állomások és állomásközök zavara esetén. *Hadmérnök*, 13(1), 118–132. Online: http://hadmernok.hu/181_09_toth.pdf
- TÓTH Bence – LÉVAI Zsolt (2021): Budapest vasúti elkerülhetőségének barnamezős alternatívái. In FÖLDI László (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I*. Budapest: Dialóg Campus, 233–256.
- TÓTH, Bence – LÉVAI, Zsolt [Közlésre befogadva]: Quantitive Analysis of the Possible Sites of a New Danube Birdge to Bypass Budapest on Rail – Part 2. *Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*.
- Union International des Chemins de fer (2013): *Capacity (UIC Code R 406)*. Paris, France.

Jogi források

2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról
2056/2020 (XII. 30.) Korm. határozat a „VO” Budapestet délről elkerülő teherforgalmi vasútvonal előkészítéséről

Internetes források

www.fomterv.hu/hu/node/248

www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_185174.htm

<http://kmdi.uni-nke.hu/hirek/2022/07/07/egy-ujjaepulo-haza-koszonete-a-muszaki-katonaknak>

Király Lajos,¹  Bodnár László² 

Halogénezett szénhidrogének toxikus és tűzveszélyei ipari alkalmazás során

Toxicity and Fire Hazards of Halogenated Hydrocarbons during Industrial Application

A klórozott szénhidrogének megjelenése az élő környezetben – legyen az levegőben vagy vízben – jelentős figyelmet kapott az elmúlt években. Keletkezésük és a környezetbe való kikerülésük számos tényezőre vezethető vissza. Elsődlegesen mint ipari technológiai anyagok jelennek meg, de az elégetésük következtében is már jelentős környezetkárosító hatásuk van. A cikk célja felhívni a figyelmet a klórozott szénhidrogének veszélyeire és megvizsgálni néhány lehetőséget azok kiváltására. A szerzők vizsgálják továbbá azt, hogy egyes klórmentes segédanyagok használata milyen előnyökkel járna, hasonlóan az elektromos kábelek esetéhez.

Kulcsszavak: klórozott szénhidrogének, pirolízis, oxidáció, szerves oldószerek

The appearance of chlorinated hydrocarbons in the environment (air, water) has received considerable attention in recent years. Their emergence and release into the environment can be attributed to a number of factors. Their primary use is as industrial process materials, but they also have a significant environmental impact when burned, even in incinerators. The aim of the article is to raise awareness of the dangers of chlorinated hydrocarbons and to take stock of some of the options for replacing them. The authors also examine the benefits of using some chlorine-free auxiliary materials, similar to the case of electric cables (halogen free).

Keywords: chlorinated hydrocarbons, pyrolysis, oxidation, organic solvents, toxic combustion products

¹ Toray Industries Hungary Kft.; doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: lajos.kiraly.n5@mail.toray

² Tanársegéd, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Rendészettudományi Kar Katasztrófavédelmi Intézet, e-mail: bodnar.laszlo@uni-nke.hu

Bevezetés

A klórozott szénhidrogének megjelenése és azok káros hatásai, mint többek között az ózonlyuk a levegőben, már több évtizede ismertek. Keletkezésük egyértelműen az emberi tevékenységekre vezethető vissza. Elsődlegesen az iparban jelennek meg mint technológiai anyag, azonban az elégetésük – akár égetőművekben – során is már jelentős környezetkárosító hatások lépnek fel. Mára kimutathatóvá váltak az ismert vagy feltételezett mérgező/rákkeltő klórozott szénhidrogének és klóroxi-szénszarmazékok mind a levegőben, mind pedig az élő vizekben. Külön szakirodalom foglalkozik a hulladék- és erőforrás-visszanyerő égetőkből származó pirolízismaradványokkal.³ Számos tanulmányt végeztek már a klórozott szénhidrogének magas hőmérsékletű oxidációjával kapcsolatban is, ahol modellezték az égetőkben végbemenő lehetséges folyamatokat. A cikk célja felhívni a figyelmet a klórozott szénhidrogének veszélyeire és arra, hogy a kémiában vannak lehetőségek klórmentes segédanyagok használatára is. A megoldás az elektromos kábelek területén tulajdonképpen mindennaposnak tekinthető.⁴ A gyógyszergyártásból származó halogénezett szénhidrogén-kibocsátást sem szabad elhanyagolni. A halogénezett szénhidrogének teljesen mesterséges vegyületek, amelyek a természetben meg sem találhatók. Toxikusak, hiszen nagyon rezisztensek a környezetben és az élő szervezetekben, valamint affinitásuk van a magas zsírtartalmú szövetekhez, beleértve az idegrendszert is.

Egyes halogénezett szénhidrogének a természetben is előfordulnak, de csak az alkotó atomokat (vagyis szén, hidrogén és halogén) tartalmazó biomassza elégetése során fellépő halogénezési reakciók során szintetizálódnak. Ezek a szintézisek gyakran, de alacsony arányban előfordulnak erdőtüzek során is.⁵ A halogénezett szénhidrogéneket széles körben használják kémiai intermediereként, oldószerként és növényvédő szerként. Ennek eredményeként az emberek a környezetükön és a munkahelyükön keresztül is ki lehetnek téve ezeknek a vegyi anyagoknak.⁶

Halogénezett szénhidrogének és származékaik csoportjai

A kis szénatomszámú halogénezett szénhidrogének között is alig találunk gáz halmazállapotút, sőt a jodoform már közönséges körülmények között is szilárd anyag (színe is eltér a többitől):

- aciklikus szénhidrogének telített klórozott származékai;
- aciklikus szénhidrogének telítetlen klórozott származékai;
- aciklikus szénhidrogének telített fluorozott származékai;
- aciklikus szénhidrogének telítetlen fluorozott származékai;
- aciklikus szénhidrogének brómozott vagy jódzott származékai;

³ KERÉKES–GYÖNGYÖSSY–ELEK 2017: 24–36.

⁴ KERÉKES–GYÖNGYÖSSY–ELEK 2017: 24–36; KERÉKES–GYÖNGYÖSSY 2017: 76–79.

⁵ BODNÁR–DEBRECENI 2020: 301–318; BODNÁR–RESTÁS 2018: 995–1001.

⁶ BAEK, S. O. ET AL. 1991: 279–300.

- aciklikus szénhidrogének két vagy több különböző halogént tartalmazó halogén származékai;
- ciklán-, ciklén- vagy ciklo-terpén szénhidrogének halogén származékai;
- aromás szénhidrogének halogén származékai.

Ezen csoportokon belül a ciklikus szénhidrogének telített klórozott származékaival találkozunk leginkább mint kiemelt felhasználású és előfordulású anyagokkal. A halogénezett szénhidrogének közül a metán klórszármazékai, a monoklórometán (metil-klorid), a diklórometán (CH₂Cl₂ vagy metilén-klorid), a triklórometán (kloroform) és a tetraklórometán (szén-tetra-klorid), továbbá a tetraklóretilén (C₂Cl₄) fontos szerepet játszanak mindaz ipari, mind pedig a gazdasági és a környezetvédelmi szempontokban. Ezek a termékek megtalálhatók széles körben alkalmazható, nemcsak fontos kémiai intermediereként, hanem oldószerként is.

A halogénezett szénhidrogéneknél már elterjedt módon használják a hagyományos, triviális neveket. A szisztematikus elnevezésnél a halogénatomot a szénhidrogénekhez hasonlóan szubsztituensként kezeljük. A közös bennük, hogy mind folyadékok és mind szerves oldószerek.

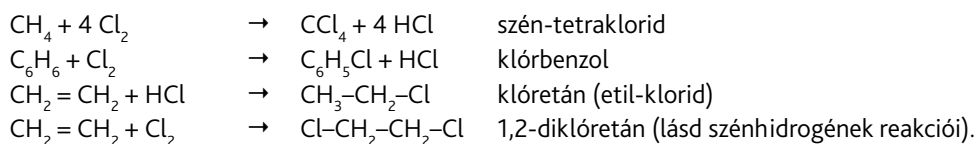
1. táblázat: Gyakori halogénezett szénhidrogének nevezéktana

	Szisztematikus név	Triviális, egyéb név	Felhasználás jelentősége
CHCl ₃	triklórometán	kloroform	oldószer, régen altatás
CCl ₄	tetraklórometán	szén-tetra-klorid	oldószer
CF ₂ Cl ₂	difluor-diklórometán	freon-12	aeroszolok hajtógáza
CH ₂ =CHCl	klóretén	vinil-klorid	PVC-alapanyag
CHI ₃	trijódometán	jodoform	
CF ₂ =CF ₂	tetrafluoretén	tetrafluoretilén	vegytisztítás

Forrás: a szerző szerkesztése

Előállításuk és fizikai tulajdonságaik

A halogéntartalmú szénhidrogéneket a megfelelő szénhidrogénből származtatják úgy, hogy annak egy vagy több hidrogénatomját a megfelelő halogénnel helyettesítik, telített szénhidrogének esetén szubsztitúciós reakcióval. A halogénezett szénhidrogének előállítása nem feltétlenül egyezik meg származtatásukkal. A szén-tetra-klorid vagy a klórbenzol valóban előállítható szubsztitúciós reakcióval is:



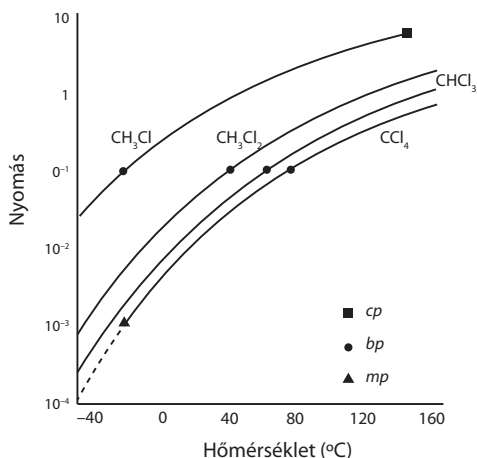
Elsőként az erőteljes párolgási hajlamot (1. ábra) és a molekulák apoláris tulajdonságát kell kiemelni, amelyek felelősek azért, hogy ezek kiváló szerves oldószerek. A halogénezett szénhidrogénekben a szén-halogén kötés nagyobb mértékű polaritása nem befolyásolja jelentősen

a vegyületek fizikai tulajdonságait. Olvadás- és forráspontjuk sokkal magasabb az azonos szénatomszámú szénhidrogénekénél, de ezt jelentősen nagyobb moláris tömegükkel, így a molekulák közt kialakuló erősebb kohéziós kölcsönhatással is megmagyarázhatjuk.

- Vízben nem, szerves oldószerekben jól oldódó vegyületek. Egyben elmondható, hogy apoláris anyagoknak jó oldószerei (példa a jód oldódása szén-tetrakloridban). Vízrel még az elvileg dipólusos molekulájú vegyületek (például a kloroform) sem elegyednek. A sok halogént tartalmazók pedig a víznél nagyobb sűrűségűek. Az apoláris anyagokat, például a jódot – lila színnel – jól oldják. Egymással, illetve más apoláris oldószerral is kitűnően elegyednek.
- Sűrűségük gyakran nagyobb, mint a víz sűrűsége. Például a CCl_4 sűrűsége $1,59 \text{ g/cm}^3$.
- Színtelen anyagok. Olvadás- és forráspontjuk lényegesen nagyobb az azonos szénatomszámú szénhidrogénekénél, például a metán (CH_4) olvadáspontja -183°C , a klórometáné (CH_3Cl) -98°C .

Kiemelt toxikus vegyület a diklórometán (DCM) is. A DCM színtelen, illékony folyadék, amely rendkívül hatékony oldószer is egyben. Apoláris molekula lévén elsődleges felhasználása ipari oldószerként történik. A DCM-alapú festéktávolítók különösen hatékonyan távolítják el a nagyon tartós bevonatokat is – beleértve az ólmozott festéket –, gyorsan, az aljzat károsítása nélkül.

Veszélyek: a DCM könnyen elpárolog (1. ábra),⁷ ami magas gőzkoncentrációt eredményezhet, különösen zárt térben vagy korlátozott szellőzés esetén. A DCM gőzének belélegzése kábító hatásokat válthat ki, beleértve az álmoságot, a fejfájást, a szédülést, magas koncentráció esetén pedig akár eszméletvesztés és halál is bekövetkezhet. Arra is van bizonyíték, hogy a DCM rákot okozhat.



1. ábra: Halogénezett szénhidrogének p-T tenziós görbéi

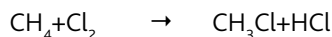
Forrás: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Chlorinated Hydrocarbons fejezet 5., 1. ábra

⁷ Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 2000.

Kémiai és égési tulajdonságok

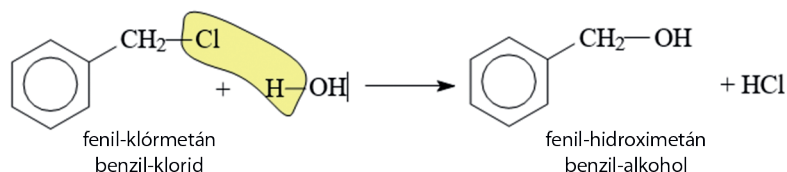
A halogénezett oldószereket széles körben használják, mivel alapvetően *nem gyúlékonyak* és nem jelentenek tűz- és robbanásveszélyt.⁸ Azonban ha az égés halogénezett oldószergőzőket tartalmazó atmoszférában történik, a gőzök lebomlanak és reakcióba léphetnek a levegővel, így rendkívül mérgező gázok keletkezhetnek.⁹ A halogénezett acetilénvegyületek (kettős kötést tartalmazó) instabilak, ezért robbanóanyagként kell kezelni őket. Az alacsony molekulatömegű halogén-alkánok nagyon gyúlékonyak, és egyes fémekkel reakcióba lépve veszélyes termékeket képezhetnek. Ezenkívül peroxidálhatók és hevesen polimerizálódhatnak. A halogéntartalom csökkenti a vegyület éghetőségét. A nagyobb halogéntartalmú vegyületek éghetetlenek (legfeljebb hő hatására elemeikre bomlanak, például a jodoform vagy szén-tetraklorid), a kisebb halogéntartalmú anyagok tökéletes égése során szén-dioxid mellett hidrogén-halogenid vagy elemi halogén szabadul fel. Egyes halogénezett szénhidrogéneket oltóanyagként használnak, illetve használtak (H 1301). A halogénezett szénhidrogének tökéletlen égése igen veszélyes lehet. Például a felszabaduló klór a tökéletlen égés közben keletkező szén-monoxiddal veszélyes foszgénné (COCl₂) alakulhat, amely az első világháborúban használt harci gáz volt.

Ahogyan az előbbieknél említettük, a halogénatom okozta polaritás jelentősen nem befolyásolja a vegyület fizikai sajátságait. A kémiai sajátságok túlnyomó többsége viszont a poláris kötésekkel van kapcsolatban. A halogénezett szénhidrogéneknél erős bázis, lúg és erős hevítés hatására olyan reakció is végbemehet, amelynek során lehasad a halogénatom és a halogénatomot kötő szénatommal szomszédos szénatomról egy hidrogénatom. A halogénezett szénhidrogének jellemző reakciója a szubsztitúció, azaz a könnyű halogénfelvétel. Ez az alapja az előállításuknak is.



A halogénatom minőségétől és helyzetétől függően lúgokkal (hidroxidionnal) vagy vízzel reakcióba lépve alkohollá alakulhat. A halogénezett szénhidrogének hidrolízise a vízzel való érintkezés miatt fontos. Ezek alapján a reakciójuk is több fokozatú lehet.¹⁰

Fokozott reakcióképeségű vegyületek már vízzel forralva is hidrolizálnak:



2. ábra: A halogénezett szénhidrogének hidrolízise a vízzel való érintkezés során

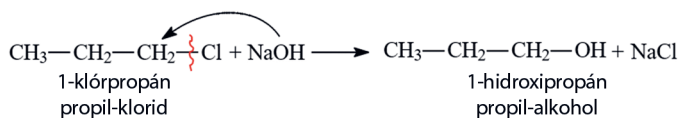
Forrás: a szerző szerkesztése

⁸ ÉRCES–RÁCZ 2021: 335–346.

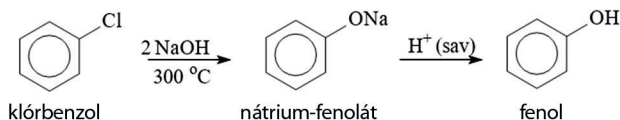
⁹ Miért rosszak a halogénezett szénhidrogének? Lásd: <https://gobertpartners.com/why-are-halogenated-hydrocarbons-bad>

¹⁰ KOVÁCS–HALMOS 1985.

Normális reakcióképességű vegyületek híg lúg hatására hidrolizálnak:



Csökkenett reakcióképességű vegyületek csak magas hőmérsékleten, tömény lúggal hidrolizálhatók:



3. ábra: A halogénezett szénhidrogének hidrolizálása lúggal

Forrás: a szerző szerkesztése

Környeztkárosító hatások

Manapság szinte áttekinthetetlenül sokféle műanyagot használunk. Műanyag van a ruháinkban, a bútorainkban, a műszaki cikkeinkben, műanyaggal festjük, tapétázzuk falainkat, és műanyaggal csomagolunk. A fahulladékok nagy része különböző gyanta- és lakkmaradványok mellett faanyagvédő anyagokat – biocidokat – is tartalmazhat, amelyekből a nem tökéletes égés során szintén egészségkárosító anyagok szabadulnak fel. A műanyag zacskók, eldobható műanyag palackok képezik a háztartási hulladék legnagyobb részét. A műanyagok hosszú idő alatt bomlanak le a természetben. Ha elégetjük őket, szennyezik a környezetet, és károsíthatják az egészségünket, rákkeltő, bőr- és szemirritációt okozó, a légző- és immunrendszert, valamint a vérképző szerveket súlyosan károsító vegyületek szabadulnak fel.¹¹

Az égetés mint környezetszennyező folyamat

Az égetés során általában szén-monoxid, szén-dioxid, hidrogén-klorid, hidrogén-fluorid és számos egyéb irritáló, maró hatású, valamint rákkeltő szerves anyag keletkezik. A dioxin- és a furánszármazékok, valamint a füsttel szétszóródó fémek (például a kadmium, cink, arzén, higany, nikkel, ólom, króm) az égés során keletkező porral leülepednek a talajra, a növényekre és a tápláléklánc révén bejutnak az emberi szervezetbe. PVC (műanyag flakonok, háztartási, gyógyszerészeti, kozmetikai termékek, gyerekjátékok stb.) égetése során szén-monoxid, vinil-klorid, dioxinok, klórozott furánok és sósavgáz képződésével kell számolnunk.¹²

¹¹ Az illegális hulladékégetés humán- és környezet-egészségügyi kockázatai.

¹² BARKÁCS et al. 2012.

Poliuretán égetésekor sárga füstfelhők jönnek létre, amelyek hidrogén-cianidot és foszfént, mérgező anyagot tartalmaznak. Fehérített papír (pizzásdobozok, mélyhűtött ételek dobozai) égetésekor halogénezett szénhidrogének jutnak a légkörbe, és ezek a vegyületek leukémiát okozhatnak.¹³

Papír és karton égetésekor a feliratok toxikusfém-tartalma szennyezi a környezeti levegőt. Régi farostlemez-hulladékok elégetése során arzén- és krómkibocsátással kell számolni.

Szabályozatlan égetések következtében keletkező toxikus vegyületek

A hulladékok égetésekor egyrészt számolhatunk az anyagi összetételből eredő károsanyag-kibocsátással, másrészt azonban figyelembe kell venni az alacsony égetési hőmérsékletnél keletkező, illetve felszabaduló káros melléktermékek jelenlétét is. A háztartásokban, illetve udvaron, nyílt térben leggyakrabban elégetett anyagok a következők:

- műanyag italcsomagolás és egyéb műanyag hulladék;
- textilipari hulladékok;
- import bálás használt ruha (ezt segélyezési céllal gyakran kapják meg szegény családok);
- műgyantát, műanyagot, festéket tartalmazó farostlemez, rétegelt lemez, bútor és nyílászáró;
- gumia broncs;
- kábelek;
- kerti hulladékok;
- papírhulladékok.

Égés során leggyakrabban keletkező klórtartalmú szerves toxikus vegyületek

Az illékony szerves vegyületek (VOC) a poliklórozottbifenil-származékok (PCB), dioxinok, furánok, ftalátok, ketonok, aldehidek, szerves savak, alkének és egyéb szerves vegyületek keletkezhetnek az égetés során.

A poliklórozottbifenil-származékok (PCB) egészségkárosító hatása

A PCB-k olyan kémiai vegyületek, amelyekben a klóratomok részben vagy teljesen átveszik a hidrogénatomok helyét a bifenilmolekulán, amely egyszeres kötéssel összekapcsolt két benzolmolekulából áll. Jelenlétükre elsősorban transzformátorokból származó hulladék olajokban, illetve hulladékkondenzátorokban számíthatunk.¹⁴ A PCB-k toxikussága, illetve bomlása a klóratomok számától és helyétől függ. A PCB-vegyületekről ismeretes, hogy toxikusak, mutagének és mérgezők a reprodukcióra nézve. Az EPA, IARC és DHHS (az USA egészségügyi minisztériuma) szerint a PCB-k besorolása állatokban bizonyítottan, emberben valószínűleg rákkeltő. A PCB-kitettség bőr- és szemváltozásokat, menstruációs zavarokat, az immun-

¹³ BENKÓ 2012.

¹⁴ Polychlorinated Biphenyl.

reakciók csökkenését, valamint májkárosodást okoz. A terhes nők PCB-kitettsége fejlődési rendellenességeket, különösen idegrendszeri károsodásokat okozhat a születendő gyermeknél.¹⁵

A *vinil-klorid* a természetben nem fordul elő, színtelen, enyhén édeskés szagú, narkotikus hatású, gyúlékony gáz. A WHO-, az IARC- és az EU-besorolások szerint is 1-es kategóriájú, bizonyítottan emberi rákkeltő anyag, és az US EPA besorolása alapján is emberekben bizonyítottan rákkeltő vegyület. Akut toxicitása kicsi, belélegezve azonban narkotikus hatású, szédülést, fejfájást, eszméletvesztést okoz. Patkányoknál, egereknél és hörcsögöknél a kísérletek során görcsöket, légzési elégtelenséget, illetve a tüdő, vese kóros elváltozásait, májdaganatot tapasztaltak, a magas szintű expozíció hosszú távon a herék és a szívizom degenerációját eredményezte.

Dioxinok és furánok egészségkárosító hatása

A dioxinok elnevezés közel 210 vegyületet foglal magába. E vegyületek hasonló kémiai felépítésűek, változó számú klóratomot és aromás gyűrűt tartalmaznak. A dioxinvegyületek jellemzően a klórozott szénhidrogének égése során keletkeznek.¹⁶ Emellett azonban minimális mennyiségű klór jelenlétében is szintetizálódnak különböző szénhidrogének tökéletlen égésénél. Az egészségre gyakorolt hatását illetően az egyik legveszélyesebb vegyületcsoport, mivel a dioxinok perzisztensek a környezetben és felhalmozódnak az emberi szervezetben is.

Ózonbontó hatás

Korábban a halogénezett szénhidrogéneket (CFC) tették felelőssé az éghajlatváltozásért, és nem a szén-dioxidot, állítja a Waterloo Egyetem egyik kutatója egy sokat támadott cikkében.¹⁷ A klór-fluór-karbon vegyületekről évtizedek óta tudott, hogy fontos szerepet játszanak a sztratoszférikus ózon csökkenésében, ám egy mély statisztikai elemzésen alapuló tanulmány azt állítja, hogy ezek a vegyületek a főszereplői az éghajlatváltozásnak is, nem pedig a szén-dioxid. „A hagyományos gondolkodás szerint az éghajlatváltozást nem a CFC-gázok, hanem más, az ember által kibocsátott vegyületek okozzák. Az ipari forradalomig visszanyúló elemzésünk eredménye azonban azt mutatja, hogy ez a vélekedés helytelen” – nyilatkozta Lu Qing-Bin, a Waterloo Egyetem fizika-, kémia- és asztronómiaprofesszora. „A tények azt mutatják, hogy a CFC-k és a kozmikus sugárzás együttesen tehetők felelőssé mind az ózonréteg vékonyodásáért, mind a globális felmelegedésért.”¹⁸

A halogénezett szénhidrogének gyártásának és használatának betiltása azonban számos gazdasági, társadalmi kérdést vetett fel, hiszen ezeket az anyagokat használták többek között hűtőközegként, aeroszolban hajtógázként, szilárd csomagolóhabok gyártásánál és oldószerként is. Ezek kiváltására fejlesztették ki az úgynevezett részben klórozott-fluorozott szénhidro-

¹⁵ Polychlorinated Biphenyl.

¹⁶ THOMPSON-ANTHONY 2009: 115–156.

¹⁷ LU 2013; MÜLLER-GROOSS 2014.

¹⁸ REID-YAP-BLOXAM 2008: 19–29.

géneket, más néven hidrogénezett vagy lágy freonokat (HCFC-k). A freonokhoz hasonlóan ezeket is szénhidrogénekből állítják elő, azzal a különbséggel, hogy míg a freonok minden hidrogénatomját klór- vagy fluoratómmal helyettesítik, a HCFC-k molekuláiban a halogének mellett hidrogén is marad. A HCFC-k nagy mennyiségben egészségkárosító hatásúak, jelenlegi koncentrációjukban azonban semmilyen veszélyt nem jelentenek. A részben klórozott-fluorozott szénhidrogének elsődleges felhasználási területe a habosítás.

Bár a HCFC-k a freonoknál kevesebb klórt tartalmaznak, nem teljesen veszélytelenek a sztratoszferikus ózonra. Az egyes anyagok ózonkárosító hatásának összehasonlítására vezették be az úgynevezett ozone depleting potential (ODP-) értéket, amely a CFC-11-hez viszonyított ózontartási képességet mutatja meg. A CFC-11 ODP-értéke ennek megfelelően 1, és a többi halogénezett szénhidrogén ózonkárosító képessége is ekörül mozog, ODP-jük 0,6–1 között változik. A HCFC-k ózontartási potenciálja ezzel szemben 0,01–0,1 közötti értékeket vesz fel, tehát lényegesen kisebb mértékben károsítják az ózonréteget a freonoknál.

A teljesen halogénezett szénhidrogének használata azért is volt kiemelten veszélyes, mert ezek a vegyületek – természetes nyelő hóján – lassan távoznak el a légkörből, tartózkodási idejük 50 év (CFC-11) és 1700 év (CFC-115) között változik (2. táblázat).

2. táblázat: CFC- és HCFC-vegyületek becsült légköri tartózkodási ideje és a GWP-értékük (globális felmelegedési potenciál)

Vegyület	Becsült tartózkodási idő	Globális felmelegedési potenciál		
	(év)	20 év	100 év	500 év
CFC-11	50	5000	4000	1400
CFC-12	102	7900	8500	4200
CFC-113	85	5000	5000	2300
CFC-114	300	6900	9300	8300
CFC-115	1700	6200	9300	13 000
HCFC-22	13,3	4300	1500	520
HCFC-123	1,4	300	93	29
HCFC-124	5,9	1500	480	150
HCFC-141b	9,4	1800	630	200
HCFC-142b	19,5	4200	2000	630
HCFC-225ca	2,5	550	170	52
HCFC-225cb	6,6	1700	530	170
CF ₃ BR	110	n. a.	5800	3200
CCl ₄	50	n. a.	1300	460
Metán	12,2±3	56	21	6,5

Forrás: GELENCSÉR–MOLNÁR–IMRE [é. n.]

A részben klórozott-fluorozott szénhidrogének légköri tartózkodási ideje ennél jóval rövidebb, általában néhány év, legfeljebb 15–20 év, ezért kisebb a valószínűsége, hogy feljutnak a sztratoszférába, és károsítják az ózonréteget. Ennek ellenére a HCFC-k nem jelentenek igazi megoldást, csak átmeneti helyettesítőkként jöhetnek szóba. További problémát jelent, hogy a HCFC-k – elődjeikhez hasonlóan – erős üvegházgázok.¹⁹

¹⁹ SOLYMOSI–KÖRMENDI 2010: 138–155.

A részleges fluorozott szénhidrogéneket (HFC) az 1990-es évek óta egyre nagyobb mennyiségben használják halonhelyettesítő gázokként, és fokozatosan átveszik majd a HCFC-k szerepét. Nevük az angol hydrofluorocarbon szó rövidítéséből származik, mert ezeket a vegyületeket hidrogén, fluor és szén alkotja, és a szénatomok száma nem haladja meg a hatot. A freonokkal és HCFC-ekkel ellentétben nem tartalmaznak klórt, így ózonkárosító hatásuk nincs. A HFC-k leggyakrabban metánból, etánból, propánból és butánból készülnek úgy, hogy a molekula egy vagy több hidrogénatomját fluorra cserélik. Bár a HFC-k kifejlesztésével sikerült megoldani a sztratoszferikus ózon fogyásának problémáját, egyre szélesebb körű elterjedésük azzal a veszéllyel jár, hogy újabb hosszú tartózkodási idejű, erős üvegházgázok kerülnek a légkörbe. Ma már a HFC-k is felkerültek a kiotói jegyzőkönyv által előírt listára, amely tartalmazza a korlátozás alá eső üvegházgázokat.²⁰

Lehetőségek a klórtartalmú szénhidrogének kiváltására, a fejlesztések iránya

A klórozott szénhidrogének (CHC), például a perklór-etilén (PER), a triklór-etilén (TRI) és a metilén-klorid (MC) kiváltására oldószerként kémiaileg számba vehetők a nem halogénezett szénhidrogének (HC) is, mint például az izoparafin és a módosított alkoholok. A szénhidrogéneket és a módosított alkoholokat a kémiai összetételük különbözteti meg, amely meghatározza a poláris és nem poláris tulajdonságukat.

Egy oldószer polaritása a legfontosabb tulajdonság, amely a felhasználás körét adja. A nem poláris HC-tisztítószeres elsődleges alkalmazása a zsírtalanítás, köszönhetően jó állati, növényi és ásványi olaj- és zsíroltó hatásuknak. A módosított alkoholok ugyanakkor általában jobb zsíroltó képességekkel rendelkeznek, mint a tiszta szénhidrogének. A módosítottalkohol-alapú tisztítószeres – amelyek liofil és hidrofil tulajdonságokat mutatnak – megfelelőek olyan bonyolult alkalmazásoknál, mint a tekercselt alkatrészek, a szinterezett fém és nagy pontosságú, kis alkatrészek tisztítása.

A szénhidrogének és a módosított alkoholok erősen illékony és éghető anyagok. Ezeket rendszerint lobbanáspontjuk fölötti hőmérsékletű ipari alkalmazásokban használják, ezért megfelelő tűz- és robbanásvédelmi rendszertechnológia szükséges. A nem éghető klórozott szénhidrogének nagyon jó zsírolók, minimális a felületi feszültségük és kémiaileg igen stabilak. Rendszerint hatékonyan távolítják el a nem poláris olajokat és enyhén poláris zsírokat a bonyolult alakú alkatrészekről, korrózió, oxidáció, elszíneződés, égés, homályosodás vagy egyéb felületi rongálás nélkül.

A CHC-k alkalmazása előnyös, ha a tisztítandó alkatrészekkel együtt kritikus olajok (például klórozott és erősen kénes olajok) kerülnek a tisztítóközegbe. Ahol a szárítás is lényeges, ott a klórozott szénhidrogének előnyösebbek a HC-nál és a módosított alkoholoknál az alacsony párolgási sebességüknek köszönhetően. Gyorsabban és teljesebben száradnak, ezért a kritikus

²⁰ GELENCSÉR–MOLNÁR–IMRE [é. n.].

száradási tulajdonságaiknak köszönhetően inkább ezekre esik a választás például összetett geometriával, valamint kapillárisokkal rendelkező alkatrészeknél.²¹

Összegzés

A széles körű szakirodalom áttekintését követően megállapítjuk, hogy a vegyészeti szakterület naprakészen foglalkozik a halogénezett és kiemelten a klórozott szénhidrogének toxikus hatásaival. A szakma egységes abban, hogy ha mint ipari hulladékot semmisítjük meg, akkor az zárt égetőműben történjen. Ezzel a kérdéskörrel részletesebben nemzetközi szinten külön disszertáció is foglalkozik,²² kifejezetten ebből a célból, hogy milyen termikus folyamatok mennek végbe különböző hőmérsékleteken és atmoszférákban. Ezzel javaslatot lehet tenni, hogy milyen hulladékot milyen optimális paraméterek mellett lehet kezelni. A másik irány a módosított alkoholok bevezetése a feldolgozóiparba. Harmadrészt nagy felelősség hárul a környezetvédelmi hatóságokra, amelyek a toxikusság határértékét szabják meg.

Irodalomjegyzék

- Az illegális hulladékégetés humán- és környezet-egészségügyi kockázatai. Online: [www.antsz.hu/data/cms36282/Tajekoztato_illegalis_hull_egetesrol_OKI_20120326_\(3\).doc?](http://www.antsz.hu/data/cms36282/Tajekoztato_illegalis_hull_egetesrol_OKI_20120326_(3).doc?)
- BAEK, S. O. et al. (1991): A Review of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Fate and Behaviour. *Water, Air, & Soil Pollution*, 60, 279–300. Online: <https://doi.org/10.1007/BF00282628>
- BARKÁCS Katalin et al. (2012): *Környeztkémia*. Budapest: Typotex.
- BENKÓ Lászlóné (2012): Tájékoztató. Az illegális hulladékégetés humán- és környezet-egészségügyi kockázatai. Online: www.tokodaltaro.hu/index.php/hirek-aktualitasok/96-hulladekegetes
- BODNÁR László – DEBRECENI Péter (2020): Erdő- és vegetációtüzek kialakulásának térbeli és időbeli változásai Magyarországon. In FÖLDI László – HEGEDŰS Hajnalka (szerk.): *Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok*. Budapest: Dialóg Campus, 301–318. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/15313>
- BODNÁR László – RESTÁS Ágoston (2018): Examination of the Forest Fires Detection: The Relationship Between the Fire and the Detection. In DOMINGOS, Viegas (szerk.): *Advances in Forest Fire Research*. Universidade de Coimbra, 995–1001. Online: https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_109
- CHIANG, Hong-Ming (1995): *Dichloromethane Pyrolysis and Oxidation: Formation of Chlorinated Aromatic Precursors to PCDD/F*. Online: <http://archives.njit.edu/vol01/etd/1990s/1995/njit-etd1995-015/njit-etd1995-015.pdf>
- ÉRCES Gergő – RÁCZ Sándor (2021): Spatial Fundamentals of the Protection Against Fire Spread Relationship Between the Risk Unit and the Fire Section in Hungary. *Védelem Tudomány*, 6(3), 335–346. Online: www.vedelemtudomany.hu/articles/VI/3/25-erces-racz.pdf
- GELENCSÉR András – MOLNÁR Ágnes – IMRE Kornélia [é. n.]: Az éghajlatváltozás okai és következményei. Online: <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/ff/02-eghajlat/Eghajlat.xhtml>

²¹ SCHULZ 2019.

²² CHIANG 1995.

- KEREKES Zsuzsanna – GYÖNGYÖSSY Éva (2017): Elektromos kábelek tűzvédelmi minősítésének kérdései. In RESTÁS Ágoston – URBÁN Anett – BODNÁR László (szerk.): *Tűzoltó Szakmai Nap 2017*. Budapest: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, 76–79.
- KEREKES Zsuzsanna – GYÖNGYÖSSY Éva – ELEK Barbara (2017): Tűzálló kábelek műanyag burkolatának új és hagyományos vizsgálati módszereinek összehasonlító elemzése. *Védelem Tudomány*, 2(3), 24–36. Online: <https://vedelemtudomany.hu/articles/02-kerekes-gyongyossy-elek.pdf>
- KOVÁCS Kálmán – HALMOS Miklós (1985): *A szerves kémia alapjai*. Budapest: Tankönyvkiadó Vállalat.
- LU, Qing-Bin (2013): Cosmic-Ray-Driven Reaction and Greenhouse Effect of Halogenated Molecules: Culprits for Atmospheric Ozone Depletion and Global Climate Change. *International Journal of Modern Physics*, 3. Online: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1210.6844>
- Miért rosszak a halogénezett szénhidrogének? Online: <https://gobertpartners.com/why-are-halogenated-hydrocarbons-bad>
- MÜLLER, Rolf – GROOSS, Jens-Uwe (2014): Comment on 'Cosmic-Ray-Driven Reaction and Greenhouse Effect of Halogenated Molecules: Culprits for Atmospheric Ozone Depletion and Global Climate Change' by Rolf Müller and Jens-Uwe Grooß. *International Journal of Modern Physics*, 15. Online: <https://doi.org/10.1142/S0217979214820013>
- Polychlorinated Biphenyl. Online: www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0939.htm
- REID, N. – YAP, D. – BLOXAM, R. (2008): The Potential Role of Background Ozone on Current and Emerging Air Issues: An Overview. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1. 19–29. Online: <https://doi.org/10.1007/s11869-008-0005-z>
- SCHULZ, Doris (2019): Parts2clean Supporting Program: Information, Innovation and Expertise. Felület. hu, 2019. július 23. Online: www.felulet.hu/surfacenews/parts2clean-supporting-program-information-innovation-and-expertise-20190723
- SOLYMOSI József – KÖRMENDI Krisztina (2010): Az energiapolitika megválasztásának környezetbiztonsági szempontjai a villamosenergia termelés vonatkozásában. *Hadmérnök*, 5(2), 138–155.
- THOMPSON, Jeremy – ANTHONY, Honor (2009): The Health Effects of Waste Incinerators. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*, 15(2–3), 115–156. Online: <https://doi.org/10.1080/13590840600554685>
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (2000). 40. Wiley-VCH.

Papp Csenge,¹  Kersák József² 

A közúti balesetek felszámolásának logisztikai problémái

The Logistics Challenges of Damage Eliminations in Case of Road Accidents

A közúti balesetek felszámolása során, főleg az elhúzódó kárfelszámolásoknál, összetett logisztikai feladatokat kell végrehajtani, amelyeknek a sikeres kárelhárításban kiemelkedő jelentőségük van. A baleset-elhárítás után a tényleges beavatkozási tevékenység és annak logisztikája befejeződik, viszont kiegészítő logisztikai feladatok továbbra is vannak, ugyanis a tűzoltóegységek által felhasznált üzem- és segédanyagok pótlásában/feltöltésében, valamint a helyszín helyreállításában is kiemelt helyen áll ez a tevékenység. Ezekkel a direkt és utólogisztikai folyamatokkal a jelenleg elérhető szakirodalom keveset foglalkozik. Írásunkban áttekintjük a közúti balesetek felszámolásával kapcsolatos logisztikai folyamatokat. Célkitűzésünk rámutatni a szervezett logisztikai folyamatok fejlesztési lehetőségeire.

Kulcsszavak: közúti baleset, kárfelszámolás, logisztikai folyamatok, direkt és utólogisztika

During the recovery of road accident, especially in case of extended damage elimination, complex logistics activities has to be fulfilled, that have outstanding significance in successful damage control. After accident prevention, the logistics of real first responder activities ends, however there are auxiliary logistic tasks, since in the replacement/refill of fuel- and other accessories used by up firefighting units, also in the recovery of the accident area, it has a crucial role. Current literature does not deal with the processes of direct and post-logistics. In this publication an overview of the processes in connection with the logistics of accident damage elimination is conducted, aiming to reveal the development possibilities of organized logistics processes.

Keywords: road accident, damage elimination, logistic processes, direct and post-logistics

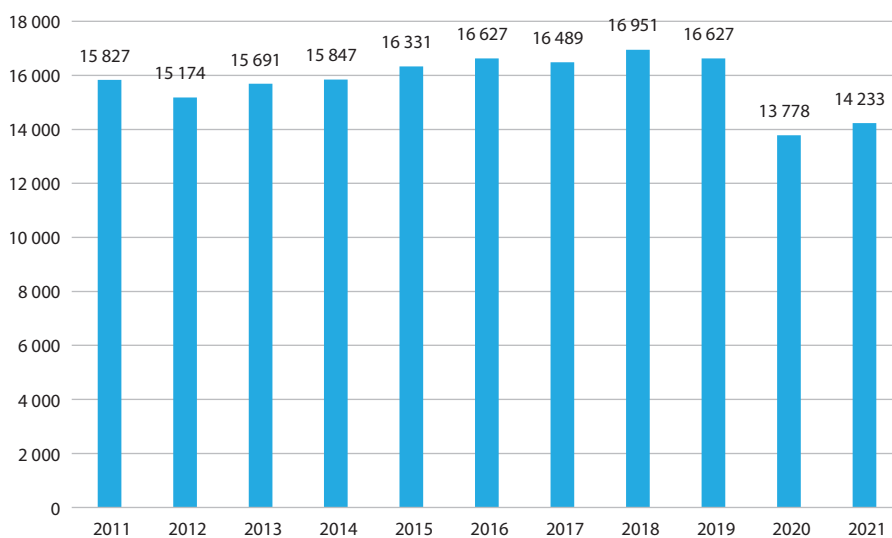
¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: pappcsenge1996@gmail.com

² Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: jozsef.kersak@gmail.com

Bevezetés

Magyarországon a gépjárművek száma az utóbbi években nagymértékben megnövekedett, ami a közúti balesetek számának emelkedését eredményezte. Az 1. ábra az utóbbi tíz évben bekövetkezett balesetek számát mutatja. 2011-től kezdve folyamatos emelkedés figyelhető meg, 2020-ban és 2021-ben azonban ez a szám 13 778-ra esett vissza. Ennek valószínűsíthető oka a Covid-19³ vírussal megfertőződők számának visszaszorítása érdekében hozott intézkedésekre vezethető vissza.

2021-ben már növekedett a közúti balesetek száma 2020-hoz képest, ám nem érte el az előző éves átlagokat, ebben az évben is érezhető volt még a vírus okozta változás a közlekedési szokásokat illetően. A KSH alapján kiadott tájékoztatóban olvasható a következő: „2022 I. negyedévében, a 22%-kal megnövekedett forgalomban, a járvány által leginkább sújtott előző év azonos időszakánál 13%-kal több, 2793 személysérüléses közúti közlekedési baleset történt.” Tehát a tapasztalatok alapján arra következtethetünk, hogy a közúti balesetek száma várhatóan növekvő tendenciát mutat a további években is. Ez szintén a vírus terjedésének megfékezése érdekében hozott intézkedések eredménye lehet. A kormány által kiadott rendelet meghosszabbította a járművek műszaki érvényességét, ami a nem megfelelő műszaki állapotú járművek közúti forgalomban való részvételét jelentette, ez pedig hozzájárulhat a lehetségesen bekövetkező balesetek számának növekedéséhez.

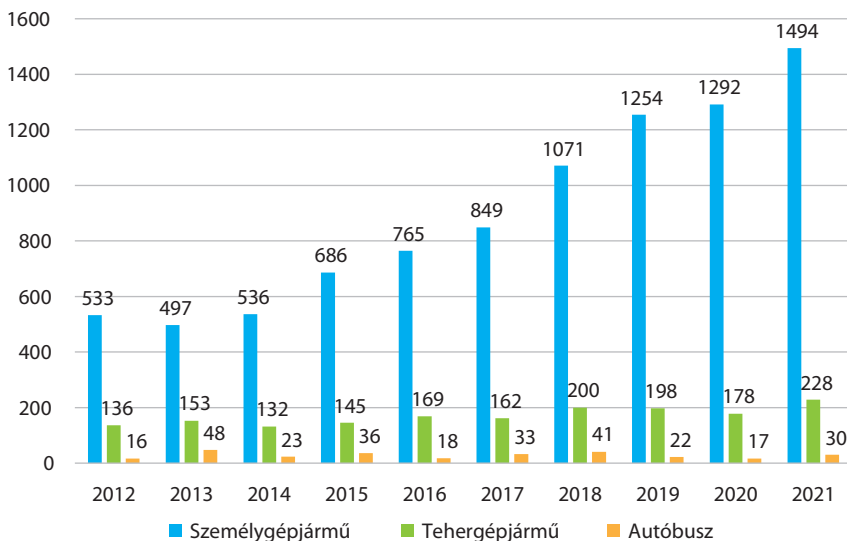


1. ábra: A közúti balesetek számának alakulása 2011–2021 között

Forrás: a szerzők szerkesztése a KSH adatai alapján

³ Az új koronavírus által okozott betegség neve.

A 2. ábrán megfigyelhetjük, miként alakult a közúti közlekedésben részt vevő három fő jármű-kategória, a személy-, tehergépjármű és autóbusz közúti baleseteinek száma, amelyek műszaki mentést igényeltek.



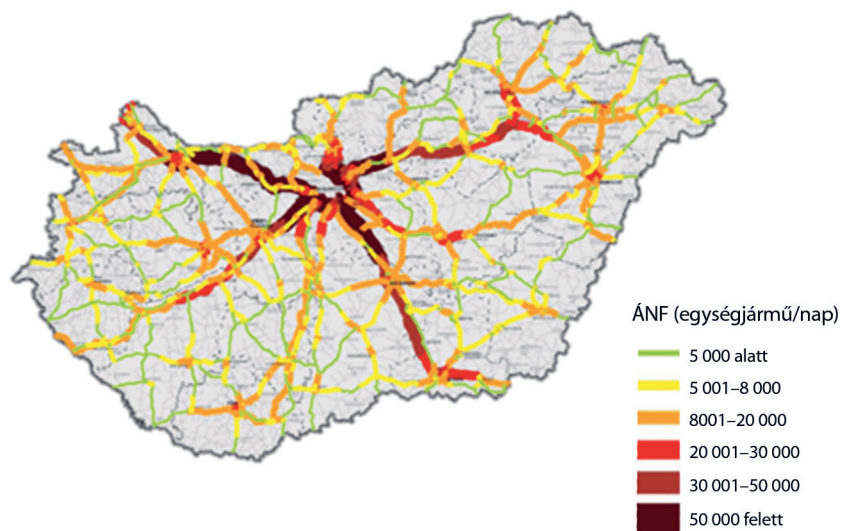
2. ábra: A műszaki mentések száma 2012–2021 között

Forrás: a szerzők szerkesztése a KAP-KÜIR adatai alapján

A műszaki mentések száma egyre növekvő tendenciát mutat az elmúlt évekre tekintve, és a mobilitás térhódítása miatt ez várhatóan tovább növekszik majd. Ehhez a tendenciához az is hozzájárult, hogy a közúti infrastruktúra fejlesztése nem követte a forgalomnövekedést. A balesetek következményeinek felszámolását Magyarországon elsősorban a hivatásos tűzoltóegységek végzik, azonban különleges esetekben (veszélyes anyagok, tömeges baleset) a Magyar Honvédség erői és különleges eszközei is részt vesznek a munkálatokban. Ezekben az esetekben elhúzódó kárfelszámolásra kell felkészülni, ugyanis a Magyar Honvédség erőinek és eszközeinek a kárhelyszínre vonulása hosszabb időt vesz igénybe, mint a működési területileg illetékes hivatásos tűzoltóegységeké.⁴ A veszélyes anyagok szállításával kapcsolatos káresetek felszámolása pedig további speciális eszközök alkalmazását igényli, ami szintén logisztikai nehézségeket eredményezhet.⁵ A káreset helyszínének megközelítését nehezíti hazánk sugaras közúthálózata (3. ábra), ami miatt a kiemelt utakon, autópályákon megnövekedett forgalommal kell számolni. Ez alapesetben is problémát jelent, útzár alkalmával pedig a megközelítést és a beavatkozás megkezdését tovább nehezíti. A 3. ábrán jól látszik, hogy a hazai jelentős fő- és gyorsforgalmi utak milyen forgalmi terheléssel bírnak.

⁴ KUTI 2019.

⁵ HORVÁTH et al. 2013: 30–35.



3. ábra: Magyarország jelentős fő- és gyorsforgalmi úthálózatának forgalma

Forrás: Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2021.

Az esetleges közúti baleset helyszínének megközelítési nehézségei azonnal logisztikai problémákat is eredményeznek, ugyanis az erők és eszközök helyszínre juttatása, valamint szükség esetén a kiegészítő felszerelések/üzemanyagok pótlása szintén késedelmesen tud megvalósulni. A továbbiakban a közúti balesetek felszámolásához kapcsolódó direkt és utólogisztikai feladatok végrehajtásának körülményeit vizsgáljuk.⁶

A logisztika szerepe a közúti balesetek felszámolásában

A közúti baleseteken legtöbb esetben a személy-, tehergépjárművekkel és autóbusszokkal történt baleseteket értjük. A műszaki mentést elsősorban a hivatásos tűzoltóegységek végzik. A logisztika a teljes kárfelszámolási folyamat során fontos szerepet játszik, ezért azt a teljes folyamatra vetítve kell vizsgálni. A direkt logisztikai tevékenységek a kárfelszámolás során már a baleset bekövetkezése után közvetlenül leadott vészjelzés alkalmával megkezdődnek. A mentés során a logisztikai tevékenységeket a mentési szükségek határozzák meg.

A balesetet bejelentő személy az alapvető kérdések megválaszolásával információt ad a diszpécsernek. Ezek a kérdések a mentendő személyekre, a baleset körülményeire (időjárás, forgalmi viszonyok) és a jármű(vek)re vonatkoznak. Választ kell adni a jármű(vek) típusának, hajtóanyagának, szállítmányának kérdésére. Az információkat a diszpécser továbbítja az illetékes vármegyei Művelőirányítási Központba, ahol a káresemény felszámolásához szükséges erők és eszközök riasztásáról döntenek. A művelőirányítók munkáját erő-eszköz

⁶ HORVÁTH et al. 2013.

számítási programok könnyítik.⁷ A központból a riasztás a területileg illetékes tűzoltóbázisra kerül átírányításra. Innen a baleset súlyosságától függően a szükséges számú raj 2 percen belül reagálva elindul a mentési területre. Ezzel egyidejűleg értesíteni kell a közreműködő szervezeteket, úgymint az Országos Mentőszolgálatot és a rendőrséget. A beavatkozás során elsődleges az életveszély elhárítása, az élet- és vagyonsbiztonság érdekében végrehajtott feladatok elvégzése a 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet szerint.

Minden esetben szükséges és elengedhetetlen lehet a mentőszolgálat és a rendőrség munkája. A helyszín biztosítása a rendőrség, a sérültek ellátása a mentők feladata. A továbbiakban csak a tűzoltóság műszaki mentéskor végzett logisztikai tevékenységét vizsgáljuk. A vonulás ideje pontosan nem definiálható, átlagosan 60 km/h sebességgel számolhatunk, ám a kiérkezés ideje függ az adott forgalmi szituációtól, a környezeti és időjárási tényezőktől. A vonulást a megkülönböztető fény- és hangjelzések egyidejű használatával, a legrövidebb időn belül és legelőnyösebb útvonalon, a közlekedésrendészeti szabályok betartása mellett kell végrehajtani. Ez az idő tehát pár perctől akár 30-40 percig is tarthat. A kiérkezés után a mentés a szervezetek közös erővel megkezdődik.⁸

A riasztott egységek vonulásával megkezdődik a felderítés, amely a beavatkozás egészét végigkíséri, a helyzet változását követi, az új veszélyekre reagálva. Célja a hatékony és biztonságos beavatkozáshoz szükséges információk begyűjtése, amelyek megléte nélkül tilos a beavatkozást megkezdeni. Ebben a szakaszban kell megállapítani, hogy szükséges-e a személyi mentés, van-e valamilyen veszélyes anyag, milyen intézkedések szükségesek a beavatkozáshoz, a veszélyelhárításhoz, szükséges-e a riasztási fokozat emelése, további erők és eszközök helyszínre riasztása, ami további logisztikai feladatokat generál.

A mentésvezetőnek figyelemmel kell kísérnie, hogy a műveleti környezet védelme érdekében szükséges-e további intézkedés.⁹ Fel kell mérni a kárhelyszínen (a további riasztott egységek megérkezéséig) a jelenleg bevetett erők feladatait, és szükség szerint eseti koncentrációt is lehet alkalmazni. Ha indokolt, akkor a Magyar Honvédség eszközeinek bevetésére is sor kerülhet, felderítő járművek, búvárfelszerelés, robbanóanyagok, átkelő gépek, túlélőképességet növelő eszközök, műszaki támogató felszerelések formájában. Ezen erők és eszközök odaszervezése is összetett logisztikai feladat. Fontos azt is kiemelni, hogy nem elég a kialakult helyzetben az eszközök megléte, az alkalmazáshoz szükséges szakmai tudás is elengedhetetlen.¹⁰

Veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetek során katasztrófa-helyzet is kialakulhat, amelynek kezelése, főleg elhúzódó kárfelszámolás során, összetett logisztikai biztosítást követel meg. Hazánkban a hatályos katasztrófavédelmi törvény¹¹ is külön kitér a logisztikai feladatokra katasztrófa-helyzet esetén, meghatározza, hogy milyen direkt és háttérfeladatokat kell ellátni a folyamatos kárfelszámolás támogatásához.

⁷ HAJDU–KUTI 2018.

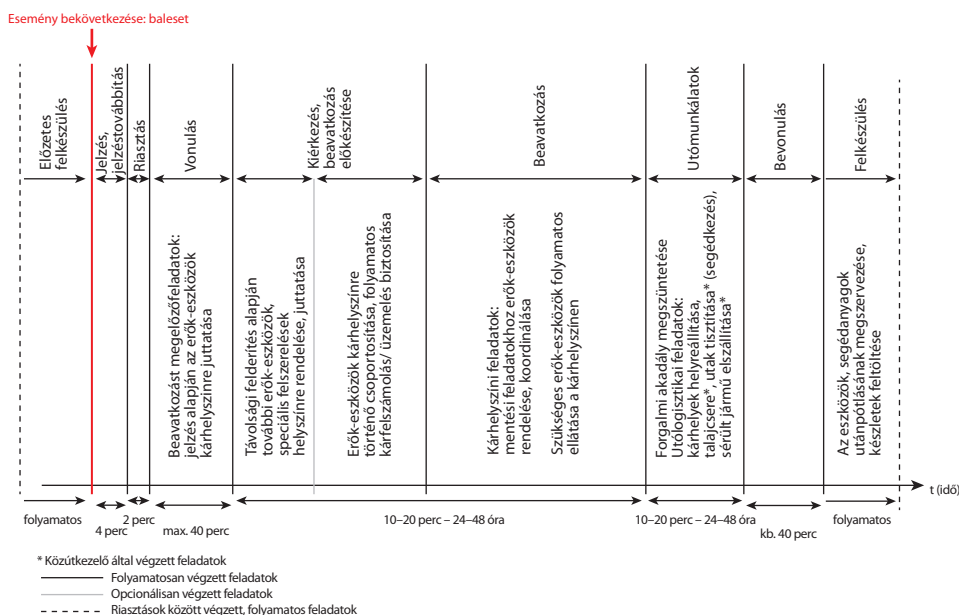
⁸ RESTÁS 2003.

⁹ TÖRÖK 2009.

¹⁰ LACZIK 2014.

¹¹ 2011. évi CXXVIII. törvény.

A logisztikai tevékenység irányítását és koordinálását a katasztrófavédelmi szervezetek végzik. A BM OKF¹² Gazdasági Ellátó Központ (GEK) feladatkörébe tartozik a különféle katasztrófhelyzetek logisztikai biztosítása. A GEK fővárosi központi raktárbázisán történik a különféle speciális eszközök és segédanyagok készletezése és raktározása, például védőruhák, áramfejlesztők, reflektorok, fáklyák, sátrak, mentesítő eszközök és anyagok, egyéb kéziszerszámok, amelyek katasztrófhelyzetekben szükségesek lehetnek a kárfelszámoláshoz. A fentiekben részletezett anyagok központi raktárbázisról az esemény helyszínére történő kiszállításához a GEK jelentős szállítási kapacitással is rendelkezik. Különféle teherautók, konténerszállítók, utánfutók, munkagépek, csónakszállítók és speciális körülmények között bevethető gépjárművek állnak rendelkezésre.¹³



4. ábra: Közlekedési balesetek logisztikai feladatai

Forrás: a szerzők szerkesztése

A veszély elhárítása és a műszaki mentés után az utómunkálatok végrehajtása következik, amelyekhez egyéb utólogisztikai tevékenységek tartoznak. Az utómunkálatok a kár felszámolása utáni azon tevékenységek, amelyek a helyszínen és közvetlen környezetében a további kárnövekedés megakadályozására, további balesetek és egyéb veszélyek elhárítására irányulnak. Ilyen feladatok lehetnek például a baleset helyszínénél az útvonal megtisztítása, helyreállítása, a sérült létesítmények, közművek feltárása, kárterület őrzése. Utólogisztikai

¹² Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság.

¹³ GÖRBE 2019.

feladat még az egység visszarendelése, a bázison pedig az elhasznált üzem- és segédanyagok pótlása/feltöltése.

További feladat az elhasznált, sérült eszközök számbavétele, azok szükséges pótlása, javítása vagy kiegészítése. Ennek ellenőrzése kulcsfontosságú, hiszen a tűzoltóegység mindenkor készenléti állapotban, hiánytalanul kell hogy rendelkezésre álljon egy következő beavatkozáskor.¹⁴ Az eddigi elemzésekből megállapítható, hogy a logisztikai feladatok a közúti balesetek felszámolásának minden lépéséhez kapcsolódnak, amit a 4. ábra időrendi sorrendben szemléltet.

Logisztikai rendszer fejlesztési lehetőségei

A közlekedési balesetek száma hazánk útjain sajnos növekvő tendenciát mutat, ami a jövőre nézve is várható, ezért a kárfelszámolást végző szervezeteknek fokozott hatékonyságra kell törekedniük. A folyamatokat végigkísérik a logisztikai feladatok, amelyek szerepe a tevékenység során kiemelkedő. Az eddigi kárfelszámolások tapasztalatai ugyanakkor rávilágítottak a gyenge pontokra is. Az eddigi balesetek tanulmányozása, a tapasztalatok feldolgozása segítséget nyújt a felkészüléshez, a logisztika pedig segít optimalizálni a folyamatokat már elméleti síkon is. Szükségesnek tartjuk a katasztrófavédelmi logisztikai ellátórendszer folyamatos fejlesztését is, ami a hatékony kárfelszámolás kulcsa. Eddigi tapasztalataink szerint a társszervek logisztikai rendszere is fejlesztésre szorul, a Magyar Honvédség kivételével ugyanis nincsenek felkészülve az elhúzódó kárfelszámolási munkálatok tekintetében sem műszaki, sem humán logisztikai területen. A problémák nagy része a támogatási feladatok végrehajtásában jelentkezik, és a megfelelő központi koordináció és az együttműködés hiányosságára, valamint a nem megfelelő információ cseréjére vezethető vissza.¹⁵

Nagyon sok baleset az utak rossz állapota miatt következik be, amelyek karbantartása, javítása a közútkezelő szervezetek feladata. Az ország közúthálózata nem elégíti ki az Európai Unió által támasztott minőségi követelményeket. Az utak burkolata elöregedett, a teherbírásuk sem megfelelő. A műszaki állapot sincs kielégítő színvonalon, továbbá a közúti-vasúti keresztezések többsége korszerűtlen, és túlnyomó részük veszélyes is. A forgalom biztonsága mélyen az európai átlag alatt van. A közúton bekövetkező balesetek jelentős része jogi értelemben a közlekedők hibáira vezethető vissza, de a hibák hátterében az úthálózat korszerűtlensége is állhat.¹⁶

Az egyes balesetek során szintén bekövetkezhetnek úthibák, amelyek kijavítása ugyancsak a közútkezelők feladata. Sok esetben tapasztaljuk, hogy az úthibák kijavítása hosszú idő eltelével sem történik meg, ami logisztikai problémákra is visszavezethető. Fontosnak tartjuk felhívni a figyelmet arra, hogy a helyreállítás szakaszában is javítani szükséges a logisztikai folyamatokat. Kiemelt feladat a forgalomváltozás figyelemmel kísérése, ugyanis a hirtelen forgalomműködés az egyes útszakaszokon a balesetek számának növekedését eredményezheti.

¹⁴ LACZIK 2014.

¹⁵ SZABÓ-TÓTH 2010; PAPP 2017.

¹⁶ VERES 2001; SZALÁNCZI-ORBÁN 2019.

A hatékony kárfelszámolás érdekében segítséget nyújthat bizonyos speciális eszközök ideiglenes átcsoportosítása a tűzoltóbázisok között, továbbá a logisztikai folyamatok átszervezése, egyes folyamatlemek optimalizálása is.

Összegzés

Írásunkban bemutattuk a közúti balesetek felszámolásával kapcsolatos logisztikai folyamatokat, feltárva a problémákat, amelyek javítására fejlesztési lehetőségeket foglalmaztunk meg. A közúti balesetek hatékony felszámolásához komplex logisztikai tevékenység-lánc működtetése szükséges. A folyamatok, különösen katasztrófa-helyzetekben, bonyolultak lehetnek, összehangolásuk, optimalizálásuk a különböző mentést végző szervezetekkel való kooperáció nélkülözhetetlen része.

A kárfelszámoláshoz szükséges erők és eszközök folyamatos logisztikai támogatása a munkálatok sikerességét befolyásolja. Adódnak olyan balesetek, amelyeknél a katasztrófavédelem tűzoltóegységeinek rendszeresített eszközei nem elegendők a kárfelszámoláshoz, ilyenkor például a társszervek segítségével nélkülözhetetlen, ami újabb szervezési/logisztikai feladatokat von magával. A kárfelszámolás utáni utómunkálatok és helyreállítási feladatok végzése és lebonyolítása már utólogisztikai feladat, jelentősége a további balesetek megelőzésének szempontjából sem elhanyagolható.

Rávilágítottunk a logisztikai utómunkálatok fontosságára, kiemelve a fejlesztési lehetőségeket. A téma aktuális, ezért a kérdéskörrel a jövőben is részletesen kell foglalkozni. Összegezve elmondható, hogy megfelelő szervezéssel, továbbá a logisztikai folyamatok optimalizálásával, a feladatok koordinálásával a beavatkozások hatékonysága növelhető, a ráfordított idő pedig csökkenthető.

Irodalomjegyzék

- GÖRBE Polina (2019): Árvízi védekezést lezáró logisztikai műveletek elemzése. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(2), 83–94. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.2.7>
- HAJDU, Csaba – KUTI, Rajmund (2018): Designing Complex Technical Rescues with a Proprietary Application (Computer Program). *Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*, 17(1), 45–52. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2018.1.5>
- HORVÁTH Attila et al. szerk. (2013): *Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből: Kiemelten a közlekedési alrendszer*. Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság.
- HORVÁTH, Galina – KUTI, Rajmund (2017): Задачи руководителя аварийно-спасательных работ по ликвидации аварий при перевозке опасных веществ автотранспортом. *Pozhary I Chrezvychajnye Situacii, Predotvrashenie Likvidacia*, (1), 30–35. Online: <https://doi.org/10.25257/FE.2017.1.30-34>
- KUTI Rajmund (2019): *Alkalmazott műszaki mentések és technikák*. Győr: Palatia.
- LACZIK Balázs (2014): A speciális műszaki technikai eszközök fogalma, lehetséges csoportosítása, a katasztrófák elleni védekezés szempontjából III. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(4), 43–50.

- PAPP Bendegúz (2017): Az állami szintű katasztrófavédelem elemzési szempontjai nemzetközi környezetben. *Védelem Tudomány*, 2(1), 263–284.
- RESTÁS Ágoston (2003): A tűzoltóság tevékenységének logisztikai alapjai. *Katonai Logisztika*, 11(4), 147–158.
- SZABÓ Sándor – TÓTH Rudolf (2010): A 2010. tavaszi borsod megyei árvízi védekezés logisztikai támogatásának hiányosságai, okai, javaslatok azok jövőbeni kiküszöbölésére. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20(1–4). 21–37. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2847/2104>
- SZALÁNCZI-ORBÁN Virág (2019): Magyarország és az Európai Unió közlekedési hálózatának fejlesztése és annak logisztikai hatása. *Külgügyi Műhely*, (1), 7–19. Online: <https://doi.org/10.36817/KM.2019.1.1>
- TÖRÖK Bálint Zoltán (2009): Veszélyes anyagok közúti szállítási balesetei során a tűzoltóság beavatkozásának taktikai és technikai fejlesztési lehetőségei. PhD-disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/12148>
- VERES Lajos (2001): Közlekedésföldrajzi sajátosságok a magyar régiókban. In RAKONCZAI János (szerk.): *Földrajzi kutatások 2001. A Magyar Földrajzi Konferencia Abstract kötete*. Szeged: Szegedi Tudományegyetem TTK, 21–27.

Jogi forrás

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról

Vízi Dávid Béla¹ 

A hazai belvízrendezés fejlődésének lehetséges irányai

Possible Ways to Improve Inland Excess Water Management

A belvizet mint igen komplex hidrometeorológiai jelenséget a hazai vízgazdálkodás sajátjának tekinthetjük. A belvízi elöntések kialakulását számos természetes és antropogén tényező befolyásolja, amelyekhez elengedhetetlen a területi sajátosságok figyelembevételével alkalmazkodni a hatékony vízkárelhárítás végrehajtása érdekében. A cikkben átfogó képet kapunk a belvízi elöntések kialakulását befolyásoló tényezőkről. A hazai belvízrendezés hosszú múltra tekint vissza. Az elmúlt 80 év alatt egy rendkívül összetett belvízelvezető hálózat épült ki a síkvidéki területeken. Ezen rendszerek rekonstrukciója mára elengedhetlenné vált, emellett fenntartásuk is komoly kihívás elé állítja a hazai szakembereket. A szerző ismerteti a belvízrendezés alapvető műszaki megoldásait. A cikk kiemelt figyelmet fordít a hazai belvízrendezés stratégiai irányvonalainak fejlődésére. A belvízrendezést szorosan össze kell kötni az integrált vízgazdálkodás szemléletével. A jövőben nem elegendő a többletvíz elvezetésének elvét követni, összetettebb, fenntarthatóbb vízgazdálkodást kell teremteni.

Kulcsszavak: belvízrendezés, vízkár, vízgazdálkodás, belvízi elöntés, stratégia

Inland excess water is a complex hydrometeorological phenomenon, which is a specific territory of the Hungarian water management. Many natural and anthropogenic factors influence the formation of inland excess water. It is essential to adapt to the specificities of an area in order to implement effective water damage control. The article provides a comprehensive picture of the factors influencing the formation of inland excess water. Domestic inland water management has a long history in Hungary. Over the past 80 years, an extremely complex inland drainage network has been built on lowland areas. Reconstruction of these systems has now become essential, and their maintenance also poses a serious challenge to the professionals. The author describes the

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: vizi.david.bela@kotivizig.hu

basic technical solutions of inland excess water management. The article pays special attention to the development of the strategic directions of domestic inland excess water management. Inland excess water management must be closely linked to the approach of integrated water management. In the future, it is not enough to follow the principle of draining excess water, more complex, more sustainable water management must be created.

Keywords: *inland excess water management, water damage, water management, inland excess water, strategy*

Bevezetés

A belvíz elleni védekezést a magyar vízgazdálkodás sajátosságának tekinthetjük, hiszen a veszélyeztetettség területi arányát tekintve hazánk egyedi helyzetben van. Az alföldi területek egy-egy méter magasabb vízszinttel szembe fordított elhelyezéssel elvégzett ármentesítése új vízgazdálkodási helyzetet teremtett. Az árvédelmi gátak 19. századi megépítését követően a belvizek elleni védekezés rövid időn belül ugyanolyan fontos kérdéssé vált, mint maga az árvízvédelem. Az ármentesített területek talajtani, domborzati és hidrológiai adottságai jó alapot teremtenek a belvíz képződéséhez.

Wolfram Mauser és Roswitha Stolz kutatásai alapján egyre gyakrabban hullik majd nagy mennyiségű csapadék rövid idő alatt a Duna vízgyűjtőjén, ami az árvizek, illetve a belvízi elöntések valószínűségét növeli.² A klímaváltozás hatására a csapadék egyenlőtlenebb időbeli eloszlása tovább növelheti a vízkárok kialakulásának kockázatát. A jövőben fontos lesz a hazai vízgazdálkodásnak alkalmazkodni az új körülményekhez, ami új szemléletmódot is kíván.

Ennek fényében Magyarország Nemzeti Vízstratégiája szerint „[a] vizek okozta károk megelőzése kerül előtérbe a mai védekezés helyett, az emberi élet védelme és a nemzeti vagyon kockázathoz igazított mértékű megóvása, a vízgazdálkodási rendszerek és a területhasználati módok összehangolt átalakítása úgy, hogy a víz káros bősége a vízhiány mérséklésére legyen fordítható”.³ E meghatározás alapján a korábban alkalmazott módszertant – miszerint a víztöbbletet a területéről rövid idő alatt el kell vezetni – idővel felválthatja a fenntartható vízgazdálkodás, azaz a többletvíz lehetőségeihez mérten legnagyobb hányadának a helyben tartása. Ez a vízkárelhárításban is új szemléletmódot jelent.

Az Európai Unió a 2007/60/EK irányelvben hazánknak is előírta az árvíz-kockázatok értékelését és kezelését.⁴ Ennek egy részeként valósult meg a belvíz-veszély-térképezés is hazánkban. A belvíz-veszélyeztetettség meghatározása különböző paraméterek figyelembevételével történik. A hat fő befolyásoló tényezőnek a hidrometeorológiai, domborzati, talajtani, földtani, vízháztartási és területhasználati adottságokat tekinthetjük.⁵ Ezen paramétereket besorolhatjuk területspecifikus adottságok, valamint ember által befolyásolható tényezők közé.

² MAUSER–STOLZ 2018.

³ OVF 2017.

⁴ 2007/60/EK irányelv.

⁵ NAIK 2015.

Halász László és Földi László a környezetbiztonságot az alábbiak szerint határozza meg:

„a környezeti elemek védettségi állapotának mértékét fejezi ki az emberi tevékenységek, az ember által működtetett műszaki, technológiai folyamatokkal, rendszerekkel szemben, ugyanakkor azt az állapotot jelképezi, amikor a természet, a környezet sem közvetlenül, sem pedig az emberi tevékenységeken keresztül nem veszélyezteti sem az embert, sem pedig annak természetes és mesterséges környezetét”.⁶

A környezetbiztonság részének tekinthető a környezetvédelem, a katasztrófa-, vízrajzi, meteorológiai, közegészség- és járványügyi helyzet, illetve a védekező, megelőző rendszerek megléte és állapota.⁷

A meghatározás alapján a belvíz is hordoz magában környezetbiztonsági kockázatot. Magyarország vízföldrajzi helyzetéből adódóan a vizek károkozásának igen magas a valószínűsége. A magasabb vízgyűjtőkön lehullott nagy mennyiségű csapadék, illetve hóolvadás árvizek kialakulásához vezethet, míg a hazai lefolyástalan területeken a víztöbbletek belvízi előntések kialakulásához vezethetnek. Mennyiségi oldalról a legnagyobb veszélyt a tartósan fennálló előntések a mezőgazdaságra jelentik.⁸

A belvízrendezés hazánkban hosszú múltra tekint vissza. Az elmúlt 80 év alatt összetett vízelvezető hálózat épült ki a síkvidéki területeken, amelyek fenntartása komoly kihívás elé állítja a vízügyet. Ennek megvalósítása érdekében a belvízvédelem folyamatos fejlődésére, szemléletformálására van szükség. Az integrált vízgazdálkodás részeként szorosan kapcsolódnia kell a vízkészlet-gazdálkodás, illetve az aszálykezelés módszertanaihoz.

A belvízirodalom az elmúlt években megcsappant, jelen cikkkel betekintést kívánok adni a belvízvédekezés jelenkori lehetőségeibe és fejlesztési irányába. Ehhez egy szűkebb, magas belvízkockázatú területet is bemutatok, rávilágítva ezzel a jelenség kezelésének a fontosságára.

Belvíz kialakulásában szerepet játszó tényezők

A belvizek kialakulását és tartósságát természeti, illetve emberi tényezők egyaránt befolyásolják. Ki kell azonban emelni, hogy az egyes tényezőket nem szabad külön-külön vizsgálni, sok esetben egymás kölcsönhatásában képesek a belvíz képződéséhez megfelelő körülményeket megteremteni. A meghatározó természeti tényezők közé tartoznak a domborzati, éghajlati, talajtani, illetve hidrológiai tényezők. Az antropogén tényezők közé sorolhatjuk a terület-használat módját, valamint vízrendezési rendszereket, amelyek a természetes tényezőkben is komoly változásokat tudnak okozni.⁹ A továbbiakban a belvízi előntéseket befolyásoló tényezőket mutatom be.

⁶ HALÁSZ–FÖLDI 2014: 16.

⁷ HALÁSZ–FÖLDI 2014.

⁸ VÍZI 2019.

⁹ BÁRDOS–MUHORAY 2012.

A vízgyűjtő terület *domborzati* viszonyai jelentős mértékben hatással vannak a belvíz-képződésre. Belvízi elöntések a mélyen fekvő, lefolyástalan területeken tudnak legnagyobb eséllyel kialakulni.

A *talajtani* tényezők közül döntően képes befolyásolni a belvízképződést a talaj kötöttsége. A kötött talajok vízbefogadó képessége alacsonyabb, így belvízrendezési szempontból előnytelennek tekinthetők a laza, nagy hézagterfoggal rendelkező talajtípusokkal szemben. A másik fontos paraméter a talajréteg vastagsága, hiszen a sekély termőréteggel rendelkező talajok alacsonyabb víztároló kapacitással rendelkeznek.

A meteorológiai paraméterek közül elsősorban a *csapadék* mennyisége, térbeli és időbeli eloszlása képes a belvízi elöntés kialakulását befolyásolni. Egy csapadékosabb időszak során először a talaj vízbefogadó képessége csökken, ekkor fokozatosan telítődik a talaj. Belvízi elöntés az ezt követő csapadékból tud kialakulni, hiszen a talaj víztároló kapacitása kimerült. Ennek megfelelően megkülönböztetünk „belvíz-előkészítő”, illetve „-kiváltó” csapadékot. Ha a csapadék intenzitása nagyobb, mint a talaj vízvezető képessége, szintén keletkezhet belvíz.

A *léghőmérséklet* kihatással van a csapadék halmazállapotára, a hó felhalmozódására, illetve olvadására, valamint a talaj vízbefogadó képességére is. Alacsony léghőmérsékletnél a párolgás minimális, illetve a talajfagy lényegesen csökkenti a vízbefogadó képességet. A léghőmérséklet meghatározó jelentőségének is betudható, hogy nyáron csak kivételesen nagy csapadékok okoznak belvizeket.

A *talajvízviszonyok* komoly hatással vannak a talaj vízbefogadó képességére, ezen keresztül pedig a belvízképződés folyamatára. A talajvíz pedig szoros kapcsolatban van a domborzati, talajtani és hidrometeorológiai tényezőkkel. A talajok telítődése, a vízbefogadó képességük kimerülése gyakorta úgy jelentkezik, hogy a talajvíz szintje és a fölötté lévő kapilláris zóna egyre feljebb kerül, és mintegy „összeér” a felülről fokozatosan átnedvesedő réteggel. Bizonyos emberi tevékenységek is csökkenthetik a talajvíz vízbefogadó képességét (például szivárgó vizek).

A *területhasználat* változása is képes növelni a belvízi elöntés kockázatát. Belvízrendezési szempontból az erdő a legideálisabb művelési mód, mivel jelentős a belvízcsökkentő hatása. A munkagépek által okozott talajtömörödés, a monokulturális növénytermesztés, illetve az öntözés csökkenti a talaj vízbefogadó képességét. Pozitív hatása van viszont a mélyszántásnak, mélylazításnak és a kémiai talajjavításnak. A terület beépítettsége, illetve a burkolt felületek magas aránya a lefolyási viszonyokat is befolyásolja.

A *vízrendezési tevékenység*, mint például a tereprendezés, csatornaépítés, talajcsövezés, szivattyúzás a természetes állapotot módosítja azáltal, hogy lényegesen befolyásolja a víz összegyűlését és lefolyását. Az adott vízgyűjtő terület társadalmi-gazdasági fejlettsége is befolyásolja a belvízrendezést, hiszen magasabb fejlettség esetén több a védendő érték. A tározók, öntözőcsatornák és minden olyan vízrendezési létesítmény, amely által víz juthat a talajba, megváltoztatják a terület természetes vízháztartását. Például a szikkasztott szennyvizek növelik a talaj nedvességekészletét, csökkentik tárolókapacitását.¹⁰

¹⁰ FORGÓNÉ 2000.

A belvíz mint hazai sajátosság

Belvízjárta területnek nevezzük a belvíz által gyakran elöntött területeket, ahol a domborzati és talajviszonyok miatt a belvízi elöntésre még viszonylag kisebb csapadék előfordulása esetén is számítani kell. A térinformatikai módszerek ugrásszerű fejlődésével egyre nagyobb pontossággal felmérhető az elöntött területek kiterjedése.¹¹ A műholdfelvételek képeinek feldolgozása, valamint a drónok használata hatalmas előrelépést jelent a hagyományos területi bejárásokhoz képest. Az egyre nagyobb felbontású digitális terepmodellek használatával már a belvíztömeg is számíthatóvá válik.¹²

Az ármentesítő munkáknak köszönhetően jelentős mértékben változtak a lefolyási viszonyok a Tisza-völgy mélyebben fekvő területein. Gyorsan világossá vált, hogy belvízelvezető rendszerek kiépítésére van szükség. A 19. század végén elkezdődött hazánk belvízvédelmi rendszerének folyamatos kiépítése. A valaha tapasztalt legnagyobb elöntést 1942-ben jegyezték fel, amikor országos szinten 600 ezer hektár közeli volt az elöntött területek nagysága. Az évszázad második felében a belvízelvezető rendszerek kiépítettségének a növekedésével a maximális belvízes elöntések 50-100 ezer hektárra mérséklődtek. 1999-ben azonban a legnagyobb elöntés megközelítette az 500 ezer hektárt. A 2000-es években már nem kellett évtizedeknek eltelnie az újabb jelentős belvízi elöntések kialakulásához. Országos szinten 2010–2011-ben a maximális elöntések 400 ezer hektár körüliek voltak.¹³

A belvíz károkat okozhat a természetes és az épített környezetben egyaránt. Közvetlen belvízkárról akkor beszélünk, ha az elöntés kárt okoz épületekben, berendezésekben, illetve az infrastruktúrában. Továbbá idesoroljuk még a mezőgazdasági termelés csökkenését, minőségének a romlását is. A közvetett belvízkár alatt a talajszerkezet romlását, tápanyagkészletének módosulását, illetve a talaj mikrobiológiai aktivitásának csökkenését értjük.

A belvíz a mezőgazdaságban képes elsősorban súlyos károkat okozni. A legnagyobb problémát a termésmennyiség csökkenése, a termés minőségének a romlása jelenti, de a tenyészidő módosulása is okozhat közvetve károkat. A talajszerkezet, illetve minőségének romlása csökkentheti a talaj termékenységét.¹⁴ A károkozás mértékét nagyban befolyásolja a mezőgazdaságban az is, hogy mikor éri a területet a belvízi elöntés. A téli, kora tavaszi időszak során az alacsony hőmérsékletnek köszönhetően a növények ellenállóbbak az elöntésekkel szemben. A másik pozitív tényező, hogy ebben az időszakban a vízelvezetési idő akár 7–8 nap is lehet, szemben a nyári 3–5 nappal.

A belvízi elöntések károkozását nehéz számszerűsíteni. Legkönnyebben a közvetlen vízborítottság okozta károk értékét lehet meghatározni. Az országosan 200–300 ezer hektár fölötti elöntések közvetlen kárértéke 20 milliárd Ft környékén lehet.¹⁵ A közvetett károk számszerűsítése nehezen megvalósítható. Segítségével azonban a döntéshozók pontosabb képet kaphatnának a problémáról.

¹¹ BÍRÓ et al. 2000.

¹² LÉNÁRT–TAMÁS–BÍRÓ 1997.

¹³ Vízi 2019.

¹⁴ BÍRÓ 2016.

¹⁵ SOMLYÓDY 2011.

Az elöntött terület termékenységét akár évekre is visszavethetik a tartós belvív okozta káros hatások. Ilyenek például az eliszapolódás, kilúgozódás, a talaj mikrobiológiai aktivitásának a csökkenése. A vízborítás általi talajszerkezet-romlás közvetlenül növeli az aszályérzékenységet, azaz a belvív által veszélyeztetett területeket a vízgazdálkodás másik szélsősége is súlyosabb mértékben érinti. A hazai agrárágazat teljesítőképességét tehát súlyos mértékben képes csökkenteni a belvízi elöntés.¹⁶

A síkvidéki területeken az épített környezetre is veszélyt jelent a belvízi elöntés. A belvív hatására a talajszerkezet romlik, ami az érintett ingatlan, építmény süllyedéséhez is vezethet. Ilyen módon a belvízi elöntés károkat okozhat az infrastruktúrában. Sok esetben tapasztalható, hogy egy vasúti töltés vagy egy közút egy elöntött területen halad át. A talaj süllyedése hosszú távon az infrastruktúra károsodásához vezet. A belterületi elöntések károsító hatása azonban nagyban függ a település vízelvezető rendszerének állapotától. Az ingatlanokban építménykárt okozhat a belvív, ami szélsőséges esetben társadalmi problémákhoz vezethet. A belterületi elöntések esetében fontos megjegyezni azonban, hogy a megnövekedett talajvíz miatt az elöntések szennyeződhetnek akár szennyvízakkából, szennyvíztisztítókból vagy trágyatárolókból származó anyagokkal, ami már környezet-egészségügyi, illetve járványügyi kockázatot jelent.

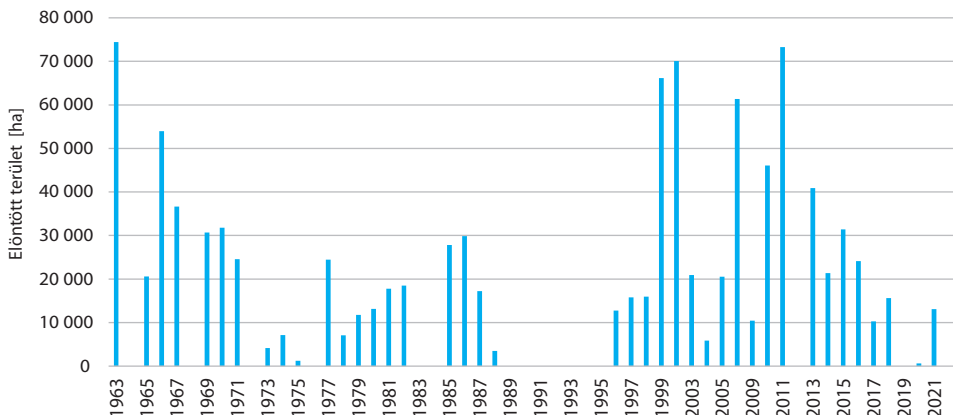
Belvízi elöntések a Közép-Tisza vidékén

A Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖTIVIZIG) működési területe szinte teljes egészében az Alföld síkvidéki területén helyezkedik el. Jász-Nagykun-Szolnok vármegye túlnyomó részét érinti, Pest és Heves vármegye déli területét, illetve Bács-Kiskun vármegye északkeleti körzetét. A síkvidéki jellegből adódóan a vízgazdálkodási létesítmények fajlagos sűrűsége duplája az országosnak. Az állami tulajdonú belvízcsatornák hossza 3486 km, míg a szivattyútelepek száma 105 db.¹⁷

A KÖTIVIZIG működési területének teljes egésze belvív által veszélyeztetett. Az 1. ábra szemlélteti a maximális elöntéseket 1963-tól egészen 2022-ig a vízügyi igazgatóság kezelése alatt álló régióban. A belvízi felmérések kezdete óta a legjelentősebb kiterjedésű elöntést 1963-ban mérték 74 416 hektár kiterjedéssel, amely az igazgatóság működési területének közel 12%-a. Az ezt követő 35 évben ehhez hasonló rendkívüli belvízi helyzet nem alakult ki. 1999 és 2011 között azonban többször is kialakultak jelentős elöntések. 1999-ben 66 150 hektár, 2000-ben 70 100 hektár, míg 2006-ban 61 350 hektár volt a legnagyobb kiterjedésű elöntés. 2011-ben a maximális elöntés 73 300 hektár volt, amely az országos elöntés 18%-át tette ki. Az elmúlt 10 évben azonban jelentős kiterjedésű és tartósságú elöntés nem volt a területen.

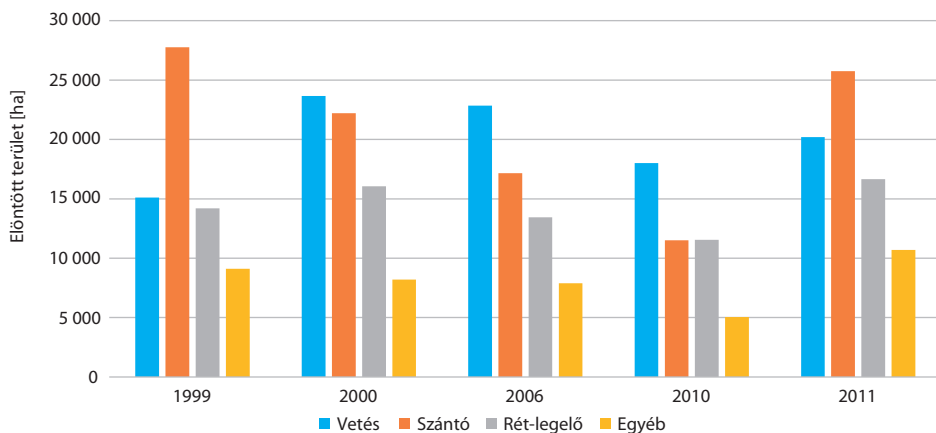
¹⁶ BÍRÓ 2017.

¹⁷ LACZI 2018.



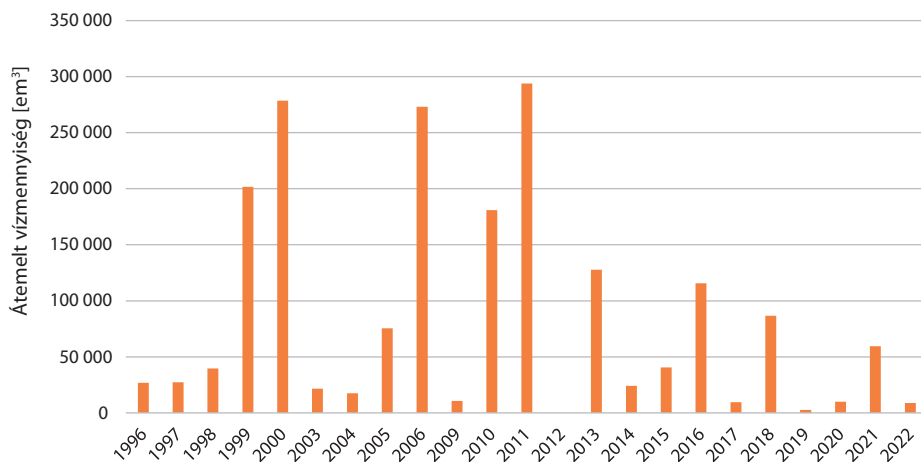
1. ábra: Maximális elöntések a KÖTIVIZIG működési területén
 Forrás: a szerző szerkesztése

A maximális elöntések nagysága mellett szükséges megvizsgálni azt is, hogy milyen művelési ágba tartozó területeket és milyen mértékben érintett a belvíz. Ehhez az elmúlt 20 év 5, legnagyobb elöntést eredményező évét vettem figyelembe (2. ábra). A három fő művelési ág, amelyet elöntés érint, a vetés, szántó és legelő. Az elöntést befolyásoló tényezőknél ismertettem, hogy a terület növényborítottsága komoly hatással van a belvíz kialakulására. Ennek megfelelően a legnagyobb elöntések a vetés-, illetve szántóművelésbe tartozó területeken fordulnak elő mind az 5 év maximális elöntése esetében. A nagyobb növényborítottsággal rendelkező területek aránya minimális. A felmérésekből azonban nem derül ki, hogy milyen mértékben érintették a korábbi elöntések az épített környezetet.



2. ábra: Maximális elöntések művelési ágak szerinti eloszlása a KÖTIVIZIG működési területén
 Forrás: a szerző szerkesztése

Az elöntött területek kiterjedése mellett fontos megvizsgálni az átemelt vízmennyiség mértékét is (3. ábra). A diagramot vizsgálva látható a pozitív korreláció az elöntött terület nagysága, illetve az átemelt vízmennyiség között. A legnagyobb mennyiségben a 2011-es belvízvédekezés során szivattyúzták át a befogadóba, 293,7 millió m³-t. Nem minden esetben jelent azonban a nagyobb elöntött terület több átemelt vízmennyiséget. A 2015-ös, illetve 2016-os évet összehasonlítva 7300 hektárral nagyobb volt a maximális elöntés 2015-ben, viszont a 2016-ban átemelt vízmennyiség háromszorosa volt az előző évének. Az viszont kijelenthető, hogy az elmúlt 10 év során az átemelt vízmennyiség is jelentősen csökkent az előző évtizedekhez képest.



3. ábra: A belvízvédekezések során átemelt vízmennyiségek alakulása a KÖTIVIZIG működési területén

Forrás: a szerző szerkesztése

A belvízmentesítés műszaki alapjai

Hazánk síkvidéki területeit medence jellegű elhelyezkedés, kis magasságkülönbségek, valamint helyenként rossz vízgazdálkodású talajtani felépítés jellemzi. A belvízrendezés egységének a belvízrendszert tekinthetjük, amely belvízcsatorna-hálózatból, a hozzá kapcsolódó műtárgyakból és szivattyútelepekből, valamint belvíztározókból áll. Vízirajzi, domborzati és talajviszonyok szempontjából egységes, zárt síkvidéki vízgyűjtő. Magyarországon a jelenlegi lehatárolás szerint 85 belvízrendszer van.¹⁸

Belvízvédekezés során a következő kiemelt feladatokat kell ellátni:

- víz visszatartása és átmeneti tározása;
- a csatornák és átemelőgépek üzemben tartása, tiltók, zsilipek kezelése;
- védekezés a csatornák kiöntései ellen;
- védekezés az övgátak, tározótöltések, csatornatöltések elhabolása ellen.

¹⁸ SZLÁVIK 2016.

Az árvízvédekezéssel összevetve a belvízvédekezés rendszere sokkal összetettebb feladatnak tekinthető. Ez elsősorban abból eredeztethető, hogy az árvízvédekezés során főként pontszerű vagy vonal menti jelenségek ellen kell védelmi megoldásokkal szolgálni, míg a belvízvédelem területi tevékenység.

A belvízvédelmi szakasz a belvízrendszer jogszabályban meghatározott része, amely igazodik az igazgatóságok működési területéhez, és a védekezés hatékony végrehajtását szolgálja.

A belvizek elvezetését szolgáló létesítmények a belvízi művek. Az Alföldön a belvizeket elvezető csatornákat egykori természetes vízfolyások medreiből alakították ki. A belvízcsatornák hossza Magyarországon több mint 46 ezer km, ezek több mint felét a vízügyi igazgatóságok kezelik (1. táblázat). Ezenfelül 20 ezer km van önkormányzati és magánkezelésben.

1. táblázat: Síkvidéki belvízrendszerek országos adatai

Belvízcsatornák (állami, társulati, önkormányzati, magán) hossza (km)	46 000
Belvíztározók száma (db)	226
Belvíztározók térfogata (millió m ³)	242
Szivattyútelepek száma (db)	589
Szivattyútelepek névleges teljesítménye (m ³ /s)	988
Műtárgyak száma (db)	29 291

Forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság

A belvízrendszer vízelvező csatornahálózatában megkülönböztetünk gyűjtőcsatornát, mellékcsatornát és főcsatornát. A gyűjtőcsatornák egy-egy település vagy termelőegység területéről gyűjtik össze és szállítják el a belvizet. A mellékcsatornák feladata több ilyen egység vízének továbbítása a főcsatornák felé. A főcsatornák több mellékcsatorna vizét összegyűjtve vezetik a többletvizet a befogadóba. A főbefogadó lehet töltésezett vízfolyás, folyó, természetes állóvíztározó.¹⁹

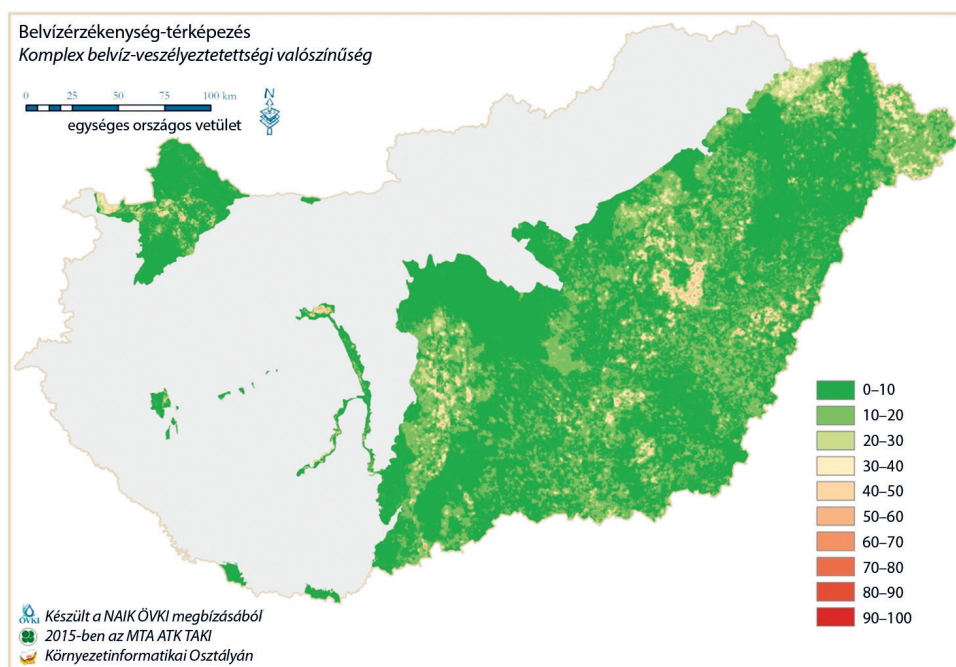
Egyes csatornák – földrajzi helyzetük és kialakításuk révén – képesek ellátni az öntözővíz-szállítási és a fölöslegesvíz-elvezetési funkciókat is, ezek a kettős hasznosítású vagy kettős működésű csatornák. E csatornák léte, működtetése igen fontos, viszont üzemeltetésük, kezelésük számos nehézség forrása is.

A mértékadó belvízhozamhoz tartozó vízszintet olyan szinten kell meghatározni, hogy az a csatorna nyomvonalával elmetszett terepszint alatt legalább 30-50 cm-es (biztonságos) mélységben legyen. Amennyiben a helyi adottságok ezt nem teszik lehetővé, de a kiöntés sem megengedhető, el kell végezni a csatorna töltésezését, egyúttal gondoskodni az érkező belvizek szivattyús beemeléséről. Síkvidéki csatornáknál a mederben kialakuló vízsebesség 0,2–0,4 m/s, amelyhez 0,1–0,4%-os (10–40 cm/km) vízfelszínés tartozik. Amennyiben a vízsebesség meghaladja a meder anyagára megengedett határsebességet, számolni kell a meder kimosódásával, ellenben ha a vízsebesség túl lassú, a víz által szállított lebegőanyagok kiülednek, az iszapban növényitápanyag-feldúsulás következik be, ami a meder növényi benőtttségét fokozza. Ez utóbbi esetben előzetes vizsgálat dönti el, hogy a csatorna medrében

¹⁹ BÁRDOS–MUHORAY 2012.

a víz sebességét a kiülepedés meggátolására közbenső (úgynevezett esésnövelő) szivattyúk beépítésével növeljék-e meg.

A belvíztározás fő céljai az elvezetendő csúcsvízhozamok mérséklése, illetve a víztöbblet visszatartása későbbi hasznosítása céljából. A síkvidék viszonylag mélyebb lapályai, továbbá a folyók árvízvédelmi töltésen kívülre került holtágai jöhetnek számításba elsősorban belvíztározóként. A belvízvédelem fontos elemei a belvíztározók, amelyek lehetnek állandó tározók (139 db – 140 millió m³) és ideiglenes tározók (118 db – 170 millió m³), összterületük így több mint 310 millió m³ (4. ábra). A belvizek tározással történő visszatartásának legegyszerűbb módja a legelők övgátolása. A belvízöblötben található – egyébként lefolyással bíró – gyengébb minőségű legelőket kis szelvényű, 0,6–1,0 m magas, 1,0–1,2 m koronaszélességű, enyhe rézsűjű földgátakkal zárják körül, és az ott keletkező csapadékot teljes egészében visszatartják. Ezzel szélsőséges helyzetekben is lehetővé válik az értékesebb területek belvízmentesítése.²⁰



4. ábra: Magyarország belvíz-veszélyeztetettsége

Forrás: NAIK 2015

A belvíztározásra leggyakrabban alkalmazott módszer a víz visszatartása csatornahálózatban, amit tiltók és zsilipek építésével és üzemeltetésével érnek el. Az öblöt egymástól elkülöníthető részeit a vízkormányzó műtárgyak segítségével lezárják. A leeresztés sorrendjét a befogatótól való távolság és a részöblözetek gazdasági jelentősége (értéke) alapján állapítják meg,

²⁰ SZLÁVIK 2016.

és meghatározott sorrendben végzik el. Fontos azonban megjegyezni, hogy a csatornában tározott víz mennyisége nem jelentős.

Belvízátételés a belvíz szivattyúzása, például a mélyebb terepről a magasabb vízszintű csatornába történő átételése beépített vagy hordozható szivattyúval. A főcsatornák vízének átételésére vízügyi igazgatósági kezelésben van 589 db szivattyútelep (amelyek összes kapacitása 988 m³/s), valamint 1719 db vízkormányzó műtárgy. Az összesen mintegy 1000 m³/s szivattyútelepi kapacitás értéke a magyarországi Duna-szakasz kisvízi vízhozamához hasonlítható. További 370 db kiépített szivattyúállásra – szükség esetén – 540 db, összesen 170 m³/s átételőképességű szállítható szivattyú telepíthető.²¹

A vízgyűjtő területek főcsatornáinak a fő befogadóhoz való csatlakozási lehetőségétől három különböző rendszert különböztethetünk meg:

- Gravitációs rendszerről akkor beszélhetünk, ha a főcsatorna vízszintje tartósan magasabb, mint a főbefogadó vízszintje, azaz a főbefogadó árhullámai csak rövid időre gátolják meg a gravitációs bevezetést.
- Vegyes bevezetésű a rendszer, ha a főbefogadó árhullámai gyakoriak és magasabbak a csatorna belvízszintjénél, ugyanakkor viszonylag tartós közép- és kisvízei alacsonyabban annál.
- Szivattyús átételésű a rendszer, ha a főbefogadó vízszintje mindig magasabb, mint a mélyvezetésű belvízfőcsatorna vízszintje. A belvizek elvezetését szolgáló művek közül elsőrendű szerepük van a szivattyútelepeknek, amelyek a belvizek továbbítását magas vízállás esetén gépi átételéssel oldják meg a befogadóba. Üzemeltetésük nagyban összefügg az adott belvízrendszer teljes levezető rendszerével, annak állapotával.

A belvízcsatornák műtárgyai funkciójuk szerint lehetnek torkolati gravitációs műtárgyak, vízkormányzó műtárgyak, keresztező műtárgyak és hordalékmozgást szabályozó műtárgyak.

A befogadóba a belvíz legtöbb esetben az árvízvédelmi töltés keresztezésével juttatható. Ebből a célból szükséges torkolati műtárgyak kiépítése, amelyeken keresztül a befogadó alacsony vízállásánál gravitációs úton jut át a víz. Magas vízállásnál fő feladatuk a befogadó felőli vízáramlás megakadályozása. Ezek a műtárgyak lehetnek nyitottak (álló zsilipek) és zártak (csőzilipek). A megválasztást a hidrológiai és a hidraulikai, valamint az egyéb (például alapozási) szempontok döntenek el. Az álló zsilipek inkább a nagy vízhozamok levezetését segítik elő, a csőzilipek mind kis, mind nagy vízhozamoknál alkalmazhatók.

A vízkormányzás és a vízszintszabályozás műtárgyai közé azon műtárgyak sorolhatóak, amelyek a csatornában a vízhozamot, a víztöbblet elvezetési, illetve tározási folyamatait szabályozzák, esetleg vízvisszatartás céljából létesítették őket (tiltók, zsilipek, vészkiömlők, túlfolyók).

A belvízcsatornák keresztezésekor más vonalas létesítményekkel (út, vasút) általában szükség van keresztező műtárgyra. Ezen műtárgyak általában vízszintes tengelyű kör vagy négyszög szelvényű műtárgyak (áteresz, bújtató, csatornahíd, híd, tiltós csőáteresz). A legfontosabb kívánalom velük szemben, hogy visszaduzzasztásuk ne haladja meg a 3–7 cm-t.

²¹ OVF 2020.

A vízfolyások hordalékmozgató erejét fenéklépcsők kialakításával lehetőség van csökkenteni. Egyes fenéklépcsők közötti távolságot a tervezett esés szabja meg, amelynél a kialakuló vízsebességek nem okozhatnak kimosódást vagy túlzott feliszapolódást. Belvízrendszerek esetében hordalékmozgató vízmozgás ritkán fordul elő, ehhez rendkívül laza mederanyag és nagy felszínesítés együttes jelenlétére van szükség.

Fejlesztési irányok

Az ezredforduló környékén a szélsőséges időjárási körülmények és az Alföld sajátos földtani és hidrológiai adottságai következtében ismét kialakultak a 20. század első felében jellemző súlyos belvízi elöntések. A probléma okát főként a belvízvédelmi művek állapotának romlásában látták. A védekezések személyi és technikai feltételeinek a romlása egy-egy rendkívüli belvízvédelmi készültség sikeres levezénylését is veszélyeztetheti.²² Hosszú távon vizsgálva azonban kijelenthető, hogy a vízügyi műszaki eszközök fejlesztésével csupán részben lehet mérsékelni a belvízi elöntések károkozását. Ahhoz, hogy a belvízveszélyt érdemben csökkenteni tudjuk, átfogó szemléletváltásra van szükség, ami új vízügyi és agrotechnikai módszerek bevezetését vonja magával.

A belterületeken jelentkező belvízi elöntések mérséklése miatt változtatni kell a településfejlesztés jelenlegi gyakorlatán, és el kell kerülni a belvízveszélyes, mély fekvésű, talajvíz-feltöréses területek beépítését.

A meglévő vízvezető rendszerek működőképességét fel kell mérni, és ahol szükséges, el kell végezni a rekonstrukciós munkákat. Számos helyen kerültek át a vízügy üzemeltetésébe korábban társulatok, magánszemélyek kezelésében lévő csatornahálózatok, amelyek jelenlegi vízszállító képessége messze elmarad a tervezettől. Az utóbbi években a vízügyi ágazatban kiemelt feladatként jelent meg az állami vízügyi kezelésben lévő csatornák, műtárgyak, szivattyútelepek állapotának javítása. A rekonstrukciós munkák mellett fontos a fenntartási munkák megfelelő ütemezése, hiszen növényzettel való erős benőtttség esetén a névleges vízszállító képesség akár 20–30%-ára is csökkenhet a tényleges vízszállító képesség.

A belvízrendezés stratégiáját az integrált vízgazdálkodás alapelveivel összhangban kell megalkotni. A belvízrendezés stratégiáját össze kell kapcsolni a mezőgazdasági vízhasznosítási feladatokkal és az aszálystratégiával, és összehangolt, egyesített, a fölösleges vizek elvezetését és a hiányzó vizek pótlását egyaránt szolgáló területi rendszerek létrehozására és működtetésére kell törekedni.

A belvízvédekezésben az évtizedek folyamán több szemléletmód is kialakult, amelyeket nagymértékben formáltak a kornak megfelelő érdekek és technológiai vívmányok. Kezdetben a mélyeb területeken összegyűlt többletvíz levezetésén volt a hangsúly, amit a mezőgazdasági érdekek miatt minél rövidebb idő alatt a befogadóba kellett tudni továbbítani. Ekkoriban még a gazdasági és szociális érdekek érvényesültek leginkább. Ez a fajta vízrendezés kiszárítja a te-

²² SOMLYÓDY 2011.

rületeket, csökkenti a vizes élőhelyek kiterjedését, összegyűjti a mezőgazdasági területekről a szennyeződések, és ezzel rontja a befogadó vízfolyások vízminőségét is.

Idővel megjelent a dinamikus szemlélet, amelynek lényege a terepottságokon alapulva a körülményekhez való minél hatékonyabb alkalmazkodás. E szemléletmód a belvízi elöntéssel kapcsolatban figyelembe veszi az adott terület összegyűlekezési és lefolyási jellemzőit, valamint a tervszerű tározás lehetőségeit. Gazdálkodói oldalról fontos szempont a természetű növények tűrési ideje, illetőleg a területhasználati módokhoz igazodva történik a többletvíz elvezetése. Új típusú megoldásként megjelennek meliorációs munkák és a korszerű agrotechnikai eszközök alkalmazási lehetőségei.

A modern vízgazdálkodási szemléletben nagyobb hangsúlyt kap a csapadékhasznosítási és termőtalaj vízháztartásának a figyelembevétele. Az alapelv már nem a többletvíz elvezetése, hanem az, hogy a csapadék ott hasznosuljon, ahol lehullott. E modern szemléletmód a mértékletességet és a fenntarthatóságot helyezi a középpontba, ennek megfelelően meg kell határozni egy adott területen az optimális területhasználatot, a vízvisszatartás/vízpótlás lehetőségeit, a belvízvédelmi művek szükséges kiépítettségét, valamint szivattyúzás optimális szintjét. Nagyobb hangsúlyt kell hogy kapjon bizonyos területeken a vizes élőhelyek védelme a belvízvédelmi funkciók megtartásával párhuzamban, ennek megfelelően az élővilág életfeltételeihez szükséges ökológiai vízhozamot kell meghatározni.

Az informatikai háttér fejlődésével manapság már lehetőség nyílik a belvíz hidrológiai folyamatainak (összegyűlekezés, lefolyás, beszivárgás) fizikai-matematikai modellekkel történő közelítésére. Az új technológiai vívmányok adta lehetőségeket ki kell használni, az új geoinformatikai, illetve modellezési módszerekkel javulhat a belvízi előrejelzés, illetőleg elősegítheti a modern belvízvédekezést az integrált vízgazdálkodás szemléletével megalkotni.

A globális éghajlatváltozás miatt hazánk térségében a téli-tavaszi szélsőséges eloszlású és növekvő mennyiségű csapadékok hatására az ár- és belvizek előfordulási valószínűsége várhatóan tovább nő, amelyet gyakoribb aszályok jelentkezése is kísérhet. Ezzel összefüggésben a belvízreform kidolgozása több tudományos kutatási programhoz is kapcsolódott, szemlélete szorosan illeszkedik a Víz Keretirányelvhez és a vízgyűjtő-gazdálkodási tervekhez.

A belvizek kártételei elleni védekezés új megközelítésének ismérvei:

- vízvisszatartás előtérbe helyezése,
- új ökológiai és ökonómiai szempontokat is figyelembe venni,
- terület-, táj- és földhasználatváltás,
- a lehulló csapadék helyben tartása, tározása,
- helyenként a vízkészleteknek időben és térben egyaránt kedvezőbb rendelkezésre állására az ökológiai vízigények kielégítési lehetőségét javítja.

A modern szemléletmódok hűen tükrözik a belvízvédekezés komplexitását. Az árvízvédekezéssel szemben több szempontot, érdeket szükséges figyelembe venni a hatékony belvízstratégiai kidolgozásához.

Következtetések

Magyarország speciális vízföldrajzi helyzete, illetve a 19. század végén kezdődött ármentesítési munkák ideális körülményeket teremtettek a belvízi elöntések kialakulásához. A síkvidéki területeken a lefolyástalanságnak, a szélsőséges csapadékeloszlásnak, illetve a talajtani, talajművelési tényezőknek „köszönhetően” a belvíz-veszélyeztetettség az Alföld túlnyomó részén magas. A belvíz károkozás szempontjából is összetett jelenségnek tekinthető. A legnagyobb veszélyt a mezőgazdaságra jelenti, ahol akár hosszú időre is csökkentheti a terméshozamot egy-egy tartós belvízi elöntés, súlyos gazdasági károkat okozva. Közvetve a belvízi elöntés vízminőségi kockázatot is hordozhat magában, hiszen a befogadót többletszennyezéssel terhelheti. Nem szabad azonban megfeledezni az épített környezetről sem, hiszen belterületen vagy akár az infrastruktúrában is komoly károkat tud okozni a talajvíz feltörése.

A Közép-Tisza vidékét is sújtották jelentős belvízi elöntések az elmúlt 60 év során. Az idő előrehaladtával a belvízvédelmi művek fejlesztésével sikerült a védekezéseket egyre magasabb fokon végrehajtani. Az elmúlt 3 évtizedben nagyobb szélsőség fedezhető fel az elöntési adatokban: a rendkívüli elöntésű évet egyre gyakrabban követte aszályos, száraz időszak. Az elmúlt 10 év során pedig jelentősen lecsökkent az elöntött területek és az átemelt vízmennyiségnek a nagysága.

Fontos megjegyezni, hogy épp erre az időszakra tehető a geoinformatikai mérés technika térnyerése, amely pontosabb értékelési lehetőségeket eredményezhetett a korábbi becslésekkel szemben. Ki kell használni az e modern térképezési, illetve modellezési technikák adta lehetőségeket a belvízjelenségek hatékonyabb felmérése, illetve előreljzése céljából.

Az, hogy a belvíz mekkora kockázatot jelent a síkvidéki területeken, számos tényezőtől függ. A legfontosabb természetes tényezők a terület domborzati, illetve talajtani viszonyai. A legnagyobb bizonytalanságot a hidrometeorológiai elemek hordozzák magukban. A klímaváltozás hatására hazánkban a szélsőséges meteorológiai helyzetek valószínűsége növekvő tendenciát mutat, növelve a belvízi elöntések kockázatát is.

A belvízi károk mérséklését a megfelelően kiépített belvízvédelmi rendszerek bizonyos mértékig képesek szolgálni. Hazánk rendkívül összetett belvízrendszerrel rendelkezik, amelynek állammegóvása fenntartása kiemelt feladatként kell hogy megjelenjen.

A belvízrendezés történetében számos szemléletmód alakult ki. Kezdetben a cél csakis a többletvíz minél rövidebb idő alatti elvezetése volt. Az ezredforduló környékére azonban felismerték, hogy a lehullott csapadék elvezetése nem minden esetben célravezető, fel kell mérni a helyben tartás lehetőségeit is. Magyarország vízgazdálkodásának ma már kiemelt céljai között szerepel az, hogy a vizek károkozása elleni védekezést felváltsa a megelőző intézkedések alkalmazása, illetve a vízbőség általi többletvízmennyiség a későbbi aszálykárok mérséklésére legyen fordítható.

Kapcsolatot kell teremteni a belvízvédelem és az ökológiai, gazdasági, illetve társadalmi érdekek között. A jövőben törekedni kell arra, hogy a vízkárelhárítás minden aspektusa megfelelő összhangban legyen, megteremtve az integrált, fenntartható vízgazdálkodást Magyarországon.

Irodalomjegyzék

- BÁRDOS Zoltán – MUHORAY Árpád (2012): A belvíz kialakulása és az ellene való védekezés lehetőségeinek a vizsgálata. *Hadmérnök*, 7(1), 78–90.
- BÍRÓ Tibor (2016): A hazai belvízkutatás néhány időszerű kérdése. *Hidrológiai Közlöny*, 96(2), 5–12.
- BÍRÓ Tibor (2017): Amikor sok víz van a területen – Belvíz. *Magyar Tudomány*, 178(10), 1216–1227. Online: <https://doi.org/10.1556/2065.178.2017.10.5>
- BÍRÓ Tibor et al. (2000): Térinformatikai módszerek alkalmazása a belvíz-veszélyeztetettség térképezésében. In BORSOSNÉ PALLAGI Nóra (szerk.): *A Magyar Hidrológiai Társaság XVIII. Országos Vándorgyűlése*. Budapest: Magyar Hidrológiai Társaság (MHT), 754–760.
- FORGÓNÉ NEMCSICS Mária (2000): *Belvízkár elhárító rendszerek fejlesztésének mezőgazdasági megalapozása földrajzi információs rendszerrel*. PhD-disszertáció. Gödöllő: Szent István Egyetem. Online: https://archive2020.szie.hu/file/tti/archivum/Forgoe_phd.pdf
- HALÁSZ László – FÖLDI László (2014): *Környezetbiztonság*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati és Tankönyvkiadó. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/100403/562.pdf?sequence=1>
- LÉNÁRT Csaba – TAMÁS János – BÍRÓ Tibor (1997): Digitális terepmodellek (DTM-ek) használata a vízgazdálkodásban. In BEZDÁN Mária (szerk.): *Magyar Hidrológiai Társaság XV. Országos Vándorgyűlése, Magyar Hidrológiai Társaság (MHT)*. Budapest. 880–892.
- VÍZI DÁVID Béla (2019): Belvízi elöntések környezetbiztonsági vonatkozásai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(4), 5–20. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.4.1>

Jogi források

2000/60/EK Víz Keretirányelv

2007/60/EK irányelv az árvízveszélyek értékeléséről és kezeléséről

Internetes források

- LACZI Zoltán (2018): *Bemutatkozik a KÖTIVIZIG*. Online: www.kotivizig.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=1626:bemutatkozik-a-koetivizig&catid=39:bemutatkozas&Itemid=60
- MAUSER, Wolfram – STOLZ, Roswitha (2018): *Danube River Basin Climate Change Adaptation*. Final Report. Munich: Department of Geography. Online: www.icpdr.org/main/sites/default/files/nodes/documents/danube_climate_adaptation_study_2018.pdf
- Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) (2015): *Kedvezőtlen vízgazdálkodási állapotú mezőgazdaságilag művelt területek nagy felbontású belvíz-veszélyeztetettség térképezése Magyarország síkvidéki területein (Alföld, Kisalföld, szórvány területek)*. Szarvas: NAIK ÖVKI. Online: www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/81E46637-D6E2-469B-A482-298613A06132/1.%20melleklet%20Belvizi%20veszelyterkepezes%20eredmenyei.pdf
- Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) (2017): *Nemzeti Vízstratégia*. Online: <https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf>
- SOMLYÓDY László szerk. (2011): *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok*. Budapest: MTA. Online: http://www.gwpmo.hu/sources/root/upload/viz_net.pdf
- SZLÁVIK Lajos szerk. (2016): *Vízjárelhárítási kézikönyv*. Budapest: Országos Vízügyi Főigazgatóság. Online: www.ovf.hu/hu/hirek-ovf/vizkarkonyv

Csaba Almási¹ 

Evolution of the Regulation of the Transport of Dangerous Goods by Road

Part 1

The transport of various hazardous materials called "dangerous goods" in carriage is subject to strict international rules. The transport of dangerous goods by road has been governed by an international agreement since 1968, but its origins go back much further. Regulations of the transport of dangerous goods by road has paramount importance for several reasons. A road accident could result in a large contaminated area, and a serious economic damage is created by the loss of the goods. In this publication, the author examines the main stages in the history of the ADR Agreement, the process of the second amendment of the Agreement and reviews the experience gained since then.

Keywords: ADR Agreement, history, protocol, amendment, European

Introduction

If a good is produced and used in different locations, it is necessary to move the goods, which necessarily entails the greatest risk of loss.

The discovery of new sources of energy in the 18th and 19th centuries, the technical revolution in Britain and the first use of steam power led to the emergence of industrial capitalism and the mass production of goods for sale.

In 1814, the English engineer George Stephenson designed a machine capable of transporting coal at 6 km/h, and in 1829 he presented an improved version, the Rocket, which could travel at 45 km/h on its own and 15–20 km/h towing freight wagons.²

¹ Assistant Lecturer, University of Public Service, Faculty of Law Enforcement, Institute of Disaster Management, e-mail: almasi.csaba@uni-nke.hu

² NAGY MÉZES 2007.

The Mississippi River was the primary natural factor in the development of the United States, and its ability to overcome vast distances and its triumphs in transportation and communications made it the world's leading economy. After the advent of the steam engine, before the age of railroads, water transportation boosted America. Fulton himself became part of the steamboat business, securing a twenty-year monopoly in 1807 on all waterways in New York State, and then New Orleans. Canals were built to connect the rivers and the first railroads were built to serve the state canal system. In addition to the railways, the stagecoach network and the telegraph were also in operation in the 1830s and 1860s, after Samuel Morse built his electric telegraph in 1837, which soon became an indispensable tool for government, commerce and general communication.³

The production of heavy machinery demanded increasing amounts of coal and iron ore, and revolutionised steel production and iron smelting. The spread of petroleum products led to the search for better raw materials for lighting. The first oil well was drilled in 1859 at Oil Creek in the U.S. state of Pennsylvania. Since the early 20th century, hydrocarbon energy sources gradually replaced coal. The widespread use of electricity began in the late 19th century, after the American Graham Bell patented the telephone in 1876 and Michael Faraday developed the dynamo by 1831. In 1894, the German Gottlieb Daimler created the first four-stroke petrol engine, which led Henry Ford in the United States to mass-produce the cars we know today. The Belgian chemist Ernest Solvay (1838–1922) produced sodium carbonate from salt, ammonia and calcium carbonate, which led to the production of soda ash, the basis for soap and the glass and photographic industries.⁴

My research objective is to assess the impact on safety of international recommendations and conventions on the transport of dangerous goods. As a research method, I use a review of authoritative international and national literature, an analysis of the relevant legal regulatory framework, and the analysis of continuously generated data and documented information.

The birth of modern regulations

If a product is produced and used in different locations, it is necessary to move the goods, which necessarily entails the greatest risk of loss.

The more ways of moving goods became possible, the more "international" trade has become. The seller or the buyer often did not have his own means of transport, which led to the development of transport. In international trade, five types of freight transport are distinguished: rail, road, air, inland waterway and sea. International rail freight transport dates back to the International Convention concerning the Carriage of Goods by Rail of 1890

³ JOHNSON 2016.

⁴ NAGY MÉZES 2007.

(Convention internationale concernant le transport des marchandises par chemins de fer, CIM). The development of international rail freight transport also includes the 1951 Agreement on International Railway Freight Communications (SMGS), established by the railway companies of the former socialist countries (Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении, СМГС). After World War II, the development of motor vehicle production and the road network led to a boom in international road freight transport. In 1940, the International Road Transport Union (IRU), the international road freight transport lobby was founded. The International Air Transport Association (IATA) was established in 1919. The rules for international river transport are set on a river-by-river basis, unlike the uniform maritime rules. Freedom of navigation on the Danube was first proclaimed by the Congress of Vienna in 1815. There are two types of international maritime freight transport, liner service and charter. The most important document in maritime transport is the Bill of Lading (B/L), which is the title to the cargo, i.e. a document of value. The mandatory content of the ship's manifest was laid down in the 1924 Hague Rules. The first document on maritime transport laid down the rules for common carriage of goods by ship, the York Rules, revised in 1874 and 1994 (York–Antwerp Rules).⁵

Dangerous goods are carried in all types of freight transport. With the growing volume of dangerous goods, transport, transport safety and environmental sustainability are essential societal needs.⁶

Chemical safety is a system of activities, institutions and administrative requirements aimed at reducing and controlling the risks of chemicals. Industrial safety is the state of security of vital interests of individuals and society.⁷

Figure 1 shows the curves for the percentage evolution of the chemical consumption's volume developed by Eurostat. The volume of consumption is composed of manufactured and imported substances. The period under review (2004–2020) shows that the overall use of chemicals hazardous to human health and the environment is on a slight downward trend. In 2020, 230 million tonnes of chemicals dangerous to human health were used in the EU.⁸

We can see that the global financial and economic crisis of 2008–2009 interrupted the pace of growth, after which it did not return to the 2008 volume, but from 2016 onwards the trend is slightly upwards. The data series expected by the end of 2022 will include the period of the coronavirus epidemic, from which further conclusions can be drawn.

⁵ MARTONYI 2018.

⁶ HORVÁTH–KÁTAI–URBÁN 2018.

⁷ NAGY 2022.

⁸ Eurostat 2022.

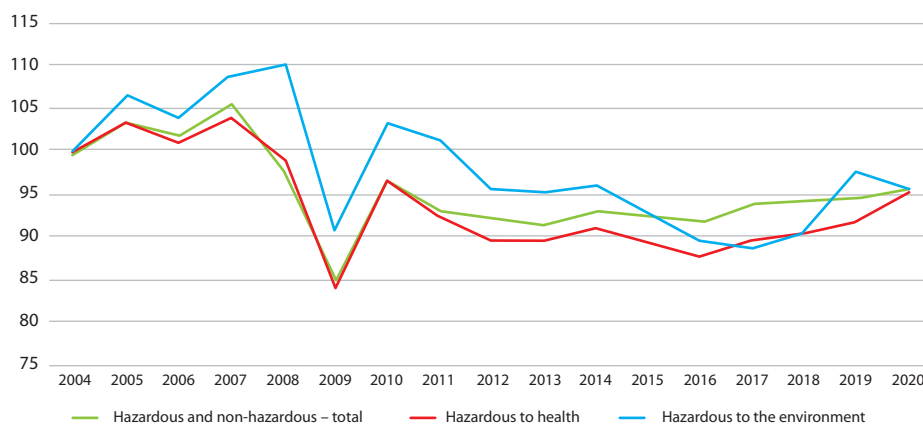


Figure 1: Consumption of chemicals

Source: Eurostat 2022.

The 230 million tonnes of the above-mentioned group of substances with hazardous properties for human health represent approximately 10 million road transport units consisting of tractors and their associated heavy trailers.

As shown in Figure 2, the greatest risk in terms of frequency of occurrence and consequence of occurrence is posed by flammable liquids, which account for more than half of all hazardous substances transported by road.

However, it is important to point out that the flammability property is a characteristic of several classes in addition to flammable liquids (ADR Class 3). Flammability is reflected in Class 1, explosive substances and articles, subclasses 1.3, 1.4 and 1.5, Class 2.1 for flammable gas, Class 4.1 for flammable solids, self-reactive substances, polymerizing substances and solid desensitized explosives. Class 4.2 is for substances liable to spontaneous combustion, Class 4.3 is for substances which, in contact with water, emit flammable gases, and Class 5.1 is for oxidising substances. Class 5.2 is for organic peroxides, and corrosive substances in Class 8 can also inflame objects. Class 9 includes the so-called different dangerous substances and articles, which cannot be classified elsewhere according to the classification principles, but this does not mean that they are less dangerous.⁹ The latter includes, for example, lithium batteries.

It can therefore be seen that the fire risk goes well beyond the 51% of flammable liquids.

⁹ HORVÁTH et al. 2021: 110–125.

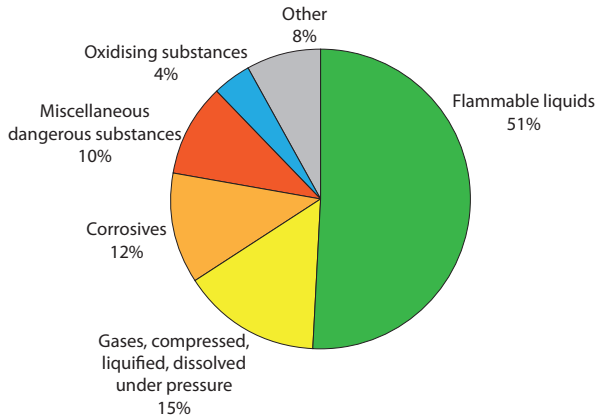


Figure 2: Road freight transport by type of goods

Source: Eurostat 2022.

The most serious accidents in the history of road transport of dangerous goods were caused by flammable liquids and gases.

In September 1976, a cargo of liquid ethylene overturned and caught fire in Aszód, Hungary. It took more than twenty hours to extinguish the fire and 2 people died.¹⁰ Hungary joined the ADR Agreement after the incident.

In July 1978, a tanker carrying 23 tonnes of liquid propylene exploded in Tarragona, Spain, killing more than 200 people and seriously injuring 100 others.¹¹

In July 1987, a vehicle carrying 35,000 litres of petrol overturned in Herborn, Germany, spilling its load, which later caught fire in the sewer system under the town. 6 people died in the incident.¹²

In Africa, fires involving fuel tankers are also frequent, with hundreds of people killed in recent years. The scenario is basically the same in all cases, with victims gathering at the vehicle in the hope of easily obtaining spilled fuel, which then catches fire. Such accidents occurred in western Uganda on 18 August 2019, where 23 people died, in Nigeria on 2 July 2019, where more than 50 people died, in Niger on 6 May 2019, where 80 people were burned to death, in Sudan on 16 September 2015, where 203 people died, in the Democratic Republic of Congo on 2 July 2010, where 292 people died, or in Kenya on 31 January 2009, where 111 people died in the accident and subsequent fire that trapped some of the victims while they were collecting fuel from the accident.¹³

Dealing with emergencies is an increasing challenge for the whole defence system, the rescue organisations, the different levels of defence administration, businesses and citizens.¹⁴

¹⁰ Aszódi Tükör 2007.

¹¹ UNECE ITC WP TDG 2010.

¹² HÖHLE 2012.

¹³ CONGER 2019.

¹⁴ KÁTAI-URBÁN 2020.

The protection of the population is a complex process and can only work effectively if the serious accident event is detected and protection measures are implemented in time.¹⁵

The road to the ADR Agreement

The United Nations was founded on 24 October 1945 to ensure international peace and security, humanitarian aid, the protection of human rights and international law. Today, UN activities have been complemented by efforts to solve problems that were not yet visible after World War II. This commitment is the 2030 Sustainable Development Goals and joint action against climate change. According to its Statute, the United Nations has six main bodies: the General Assembly (GA), the Security Council (SC), the Economic and Social Council (ECOSOC), the Trusteeship Council (TC), the International Court of Justice (ICJ) and the Secretariat (Secretariat). Among these main bodies, ECOSOC coordinates economic, social and environmental issues, the related policy dialogue, the implementation of the SDGs and the oversight of individual expert bodies.¹⁶

ECOSOC has several subordinate bodies, one of which is made up of governmental expert bodies.¹⁷ Here is the Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods and the Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals established in 1953. This committee was established based on a request made to the Secretary-General, which consisted of the need for the appointment of an expert body for the international transport of dangerous goods, which would draw up recommendations on the classification of dangerous goods in trade, on graphically identifiable markings without printed text and on transport documents. In 2001, two separate subcommittees were set up: the Sub-Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods (TDG Sub-Committee) and the Sub-Committee of Experts on the Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS Sub-Committee).¹⁸ This meant, in essence, the independence of the latter field. ECOSOC's Sub-Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods (Model Regulations) is working on the "UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods (Model Regulations)", which provides a common basis for the structure of all transport sectors.¹⁹

It is important to include a brief presentation of the other GHS Sub-Committee, which was created in 2001 by the division of the Commission established in 1953. The new self-developed field deals with the classification of chemicals by type of hazard and harmonised hazard communication. It offers uniform labelling and safety data sheets. It aims to ensure global harmonisation and provides a single basis for the availability of information on the hazards of chemicals throughout the production, transport and use chain. The implementation

¹⁵ CIMER et al. 2021.

¹⁶ United Nations 2022.

¹⁷ United Nations 2022.

¹⁸ UNECE 2022a.

¹⁹ UNECE 2022b.

plan of the World Summit on Sustainable Development (WSSD), held in Johannesburg on 4 September 2002, included the need for the GHS to be implemented as quickly and widely as possible. The first edition of the GHS was adopted in December 2002 and published in 2003. Since 2003, it has been reviewed every two years and adapted to emerging needs and implementation experience. The ninth revised edition of the GHS (GHS Rev.9), published in 2021, is the latest published revised edition.²⁰

Another subordinate body of ECOSOC is the UN Economic Commission for Europe (UNECE), one of five regional commissions, which was one of the first to be set up in 1947 to help Europe recover from war.²¹ This organisation is important because the first agreement on the international transport of dangerous goods was drafted and signed here, based on the recommendations mentioned above.

The European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR) was signed in Geneva on 30 September 1957 and entered into force with its Annexes on 29 January 1968. It was first amended on 21 August 1975, affecting the main text of the Agreement, Article 14 (3). The short, most important part of the Agreement itself is Article 2, which states that substances the international transport of which is not prohibited by Annex A may be transported under the conditions set out in Annexes A and B. Annex A lays down conditions for the dangerous goods in question, in particular their packaging and labelling, and Annex B for the construction, equipment and running of the vehicle carrying the goods. The inseparable Annexes A and B of the ADR have been regularly reviewed and amended since their entry into force.²²

Based on recommendations developed by the ECOSOC Sub-Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods, the UN Economic Commission for Europe's Inland Transport Committee (ITC) Working Party on the Transport of Dangerous Goods (WP.15) is developing harmonised provisions for all modes of transport.²³

Representatives from the U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (PHMSA) are also present at WP.15 Working Group meetings with full voting status.²⁴ PHMSA is the central administrative body at federal level for the safe handling of pipelines and hazardous substances, directly controlled by the U.S. Department of Transportation.²⁵ PHMSA edits and makes the collection of measures to be implemented in the event of accidents during the transport of dangerous goods, the Emergency Response Guidebook (ERG), available in electronic form throughout the world. The manual provides recommendations to the first intervening emergency services for the duration of the initial critical 30 minutes in relation to all commercial dangerous goods.²⁶

²⁰ UNECE 2022c.

²¹ UNECE 2022d.

²² UNECE 2022e.

²³ UNECE 2022f.

²⁴ U.S. DOT PHMSA 2022a.

²⁵ U.S. DOT 2022.

²⁶ U.S. DOT PHMSA 2022b.

In 1957, nine signatory states were registered in the ADR Agreement; Austria, Belgium, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, France, Germany, Luxemburg, the Netherlands, Italy and Switzerland. The Agreement has 54 Member States in 2022.²⁷

Conclusions

The birth of the modern-day risky transport of dangerous goods can be seen in the technological revolutions of the 18th and 19th centuries, the development of machinery, the use of petroleum products and the advent of mass production. Therefore, although not on a scale comparable to today's, the transport of dangerous goods in large quantities across national borders has a history of about 200–300 years, in which I consider the establishment of the relevant international conventions and their amendments milestones.

In the first part of this two-part publication, I presented the main stages in the history of the transport of dangerous goods by road, up to the start of its most recent, second amendment. I described the relevant international organisations, their structure and functioning, current trends in the transport of dangerous goods, and the most serious accidents in the history of the transport of dangerous goods.

The ADR Agreement was concluded in Geneva on 30 September 1957 and entered into force on 29 January 1968, and has been amended twice so far. The first amendment was made to Article 14 (3) by the New York Protocol of 21 August 1975, which entered into force on 19 April 1985. The first amendment concerned the body of the Agreement. The second amendment is effective from 1 January 2021 and is particularly significant because it has been implemented in the title of the Agreement by removing the adjective “European”, thus allowing the Agreement to be extended worldwide.

In the next part of this publication, I am going to describe the process of the second amendment to the Agreement and examine its impact.

References

- Aszódi Tükör (2007): Egy mentőápoló emlékei az 1976 szeptemberi aszódi tragédiáról. *Aszódi Tükör*, 19(9), 13. Online: <https://aszod.hu/wp-site/wp-content/uploads/2017/01/aszodi-tuekoer-2007-09.pdf>
- CIMER, Zsolt – VASS, Gyula – ZSITNYÁNYI, Attila – KÁTAI-URBÁN, Lajos (2021): Application of Chemical Monitoring and Public Alarm Systems to Reduce Public Vulnerability to Major Accidents Involving Dangerous Substances. *Symmetry*, 13(8). Online: <https://doi.org/10.3390/sym13081528>
- CONGER, George (2019): Over a Hundred Dead in Tanker Truck Fires in Uganda and Tanzania. *Anglican*, 21 August 2019. Online: <https://anglican.ink/2019/08/21/over-a-hundred-dead-in-tanker-truck-fires-in-uganda-and-tanzania/>

²⁷ UN Treaty Collection 2022.

- Eurostat (2022): *Chemicals Production and Consumption Statistics*. Online: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Chemicals_production_and_consumption_statistics#Total_production_of_chemicals
- HORVÁTH, Hermina – KÁTAI-URBÁN, Lajos (2018): A veszélyesáru-szállítás jogi szabályozásának fejlődése és általános előírásai. In HORVÁTH, Hermina – KÁTAI-URBÁN, Lajos – KOZMA, Sándor – SÁROSI, György – VASS, Gyula (2018): *Iparbiztonságtan II. Kézikönyv a veszélyesáru-szállítványokkal kapcsolatos feladatok ellátásához*. Budapest: Dialóg Campus. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/18851>
- HORVÁTH, Hermina – KÁTAI-URBÁN, Lajos – VASS, Gyula (2021): Transportation of Flammable Dangerous Goods in Hungary. *Védelem Tudomány*, (6)4, 110–125. Online: www.vedelemtudomany.hu/articles/VI/4/06-horvath-kataiurban-vass.pdf
- HÖHLE, Stefan (2012): Als 35.000 Liter Benzin Herborm in Flammen setzten. *Welt*, 07 July 2012. Online: www.welt.de/vermischtes/weltgeschehen/article108087075/Als-35-000-Liter-Benzin-Herborm-in-Flammen-setzten.html
- JOHNSON, Paul (2016): *Az amerikai nép története*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- KÁTAI-URBÁN, Maxim (2020): Managing the Environmental Risks of Dangerous Goods Warehouses. *Hadmérnök*, 15(4), 89–96. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2020.4.6>
- MARTONYI, János (2018): Nemzetközi gazdasági kapcsolatok. In MARTONYI, János (ed.): *Diplomáciai lexikon. A nemzetközi kapcsolatok kézikönyve*. Budapest: Éghajlat Könyvkiadó.
- NAGY MÉZES, Rita ed. (2007): *Világtörténelmi Enciklopédia*. Budapest: Kossuth Kiadó.
- NAGY, Rudolf (2022): A kémiai biztonság és az iparbiztonság kapcsolatrendszere. In BODNÁR, László – HEIZLER, György (eds.): *Konferenciakiadvány, Nemzetközi Tudományos Konferencia a Katasztrófák Csökkentésének Világnapja alkalmából*. Budapest: Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület. 300–307. Online: www.vedelem.hu/letoltes/document/544-isbn-978-615-01-6985-9-konferenciakotet.pdf#page=300
- United Nations (2022): *Main Bodies*. Online: www.un.org/en/about-us/main-bodies
- UNECE (2022a): *About the ADR*. Online: www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr_e.html
- UNECE (2022b): *About the GHS*. Online: <https://unece.org/about-ghs>
- UNECE (2022c): *About the Recommendations*. Online: www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev13/13nature_e.html
- UNECE (2022d): *ECOSOC Bodies Dealing with Chemicals' Safety*. Online: https://unece.org/transport/dangerous-goods/ecosoc-bodies-dealing-chemicals-safety#accordion_1
- UNECE (2022e): *UNECE Bodies Dealing with Transport of Dangerous Goods*. Online: <https://unece.org/transport/dangerous-goods/unece-bodies-dealing-transport-dangerous-goods>
- UNECE (2022f): *History*. Online: <https://unece.org/history-1>
- UNECE ITC WP TDG (2010): *General Information about "BLEVE". Transmitted by the Government of Spain*. Online: www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2010/wp15/WP15-89-INF6e.pdf
- UN Treaty Collection (2022): *Chapter XI Transport and Communications B. Road Traffic*. Online: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XI-B-14&chapter=11&clang=_en
- U.S. DOT (2022): *Regulatory Responsibilities and Contacts*. Online: www.transportation.gov/regulations/regulatory-responsibilities-contacts
- U.S. DOT PHMSA (2022a): *ADR and RID*. Online: www.phmsa.dot.gov/international-program/adr-and-rid
- U.S. DOT PHMSA (2022b): *Emergency Response Guidebook (ERG)*. Online: www.phmsa.dot.gov/training/hazmat/erg/emergency-response-guidebook-erg

Legal References

Directive 2008/68/EC of the European Parliament and of the Council of 24 September 2008 on the inland transport of dangerous goods
European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR)

Tartalom

DARUKA NORBERT: <i>Érzéketlen robbanóanyagok I. – Célkeresztben a TNT és a Composit B kiváltása</i>	5
ÁDÁM BALÁZS: <i>Mesterséges intelligencia a tűzszerész- feladatokban – A tűzszerészfeladatok keretei hazánkban I. rész</i>	23
SZALKAY DÁNIEL: <i>A magyar tűzszerészet digitális technológiai fejlesztésének lehetősége</i>	37
BALLA TIBOR, PADÁNYI JÓZSEF: <i>Műszaki kiválóságok: Schindler Szilárd vezérezredes</i>	49
LÉVAI ZSOLT: <i>A fővonalis vasúti Tisza-hidak helyettesíthetőségének kérdései</i>	59
KIRÁLY LAJOS, BODNÁR LÁSZLÓ: <i>Halogénezett szénhidrogének toxikus és tűzveszélyei ipari alkalmazás során</i>	75
PAPP CSENGE, KERSÁK JÓZSEF: <i>A közúti balesetek felszámolásának logisztikai problémái</i>	87
VÍZI DÁVID BÉLA: <i>A hazai belvízrendezés fejlődésének lehetséges irányai</i>	97
CSABA ALMÁSI: <i>Evolution of the Regulation of the Transport of Dangerous Goods by Road</i>	113