



IV. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DRILLING AND BLASTING TECHNOLOGY 2025

SYMPOSIUM PROCEEDINGS

HDF TRANSFORMATION COMMAND
HUNGARIAN SOCIETY FOR BLASTING TECHNOLOGY
HDF 1ST EOD AND RIVERINE GUARD REGIMENT
HUNGARIAN ASSOCIATION OF MILITARY SCIENCE

06 November 2025
Szentendre
Hungary

SZIMPÓZIUM KIADVÁNY

MH TRANSZFORMÁCIÓS PARANCSNOKSÁG
MAGYAR ROBBANTÁSTECHNIKAI EGYESÜLET
MH 1. TŰZSZERÉSZ ÉS FOLYAMŐR EZRED
MAGYAR HADTUDOMÁNYI TÁRSASÁG

2025. November 06.
Szentendre
Magyarország

IV. FÚRÁS – ROBBANTÁSTECHNIKA
NEMZETKÖZI SZIMPÓZIUM
2025



IV. FÚRÁS- ROBBANTÁSTECHNIKA

IV. FÚRÁS- ROBBANTÁSTECHNIKA

Nemzetközi Szimpózium Különkiadás

Szerkesztette:

Dr. habil Daruka Norbert PhD.

Dr. Ember István PhD.

Dr. Kovács Zoltán Tibor PhD.



ZRÍNYI KIADÓ

2025

MAGYAR HONVÉDSÉG TRANSZFORMÁCIÓS PARANCSNOKSÁG
HUNGARIAN DEFENCE FORCES TRANSFORMATION COMMAND
és/and

MAGYAR ROBBANTÁSTECHNIKAI EGYESÜLET
HUNGARIAN SOCIETY FOR BLASTING TECHNOLOGY

All rights reserved. Minden jog fenntartva.

A kiadványt vagy annak bármely részét az MH TP és a MARE engedélye nélkül
bármilyen formában vagy bármilyen eszközzel másolni, tárolni vagy közölni tilos!
You may not copy, store or transmit this publication or any part of it in any form or by any means without the
permission of Hungarian Society for Blasting Technology and HDF Transformation Command.

Kiadásban és terjesztésben közreműködik
a HM Zrínyi Geoinformációs és Toborzó Közhasznú Nonprofit Kft. – Zrínyi Kiadó
Felelős vezető: Kulcsár Gábor ügyvezető
A Zrínyi Kiadó igazgatója: Dr. Hajdú Ferenc (PhD)
1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9.
shop.hmzrinyi.hu
kiado@hmzrinyi.hu



A kiadvány címe:
IV. FÚRÁS-ROBBANTÁSTECHNIKA
Nemzetközi Szimpózium Különkiadás
2025

Szerzők:

ACZÉL Ákos – BARA Attila – DARUKA Norbert – ELEK Barbara – FERENCZ Noémi
EMBER István – HÓDOS Attila – KAZARECZKI Noémi – KOVÁCS Gergő
KOVÁCS Márk Károly – KOVÁCS Zoltán – LEITNER Miklós – LÉNÁRT Tamás
LUKÁCS László Péter – PETRIK Máté – SZALKAI László – SZATAI Zsolt József
TRENKA László – TÓTH Ferenc – TUGYI Levente – VÉGH Krisztián – VIRÁG Zoltán István
A szimpózium kétnyelvű (magyar–angol)

Lektorálta: Prof. Em. Dr. Lukács László Dr. Kiss Álmos Péter
Prof. Dr. Kovács Tünde Anna Dr. Nyikes Zoltán
Prof. Dr. Bohus Géza Dr. Gál József
Szakmai konzulens: Véghelyi Tibor – Nemes József – Jozef Ruska

ISBN 978-963-327-987-8 (nyomtatott)
ISBN 978-963-327-988-5 (online)

A kiadvány típusa: nyomtatott és elektronikus (pdf).

Szerkesztő: Dr. habil Daruka Norbert PhD. – Dr. Ember István PhD. – Dr. Kovács Zoltán Tibor PhD.

Könyvszerkesztőség-vezető: Dávid Krisztina
Műszaki vezető: Gróf István
Nyomdai előkészítés: Drótos Szilvia

Nyomdai kivitelezés:
HM Zrínyi Nonprofit Kft. – Kreatív Tervező és Sokszorosító Igazgatóság
Felelős vezető: Pásztor Zoltán igazgató

KÖSZÖNTŐ

Nyolcvan esztendő telt el azóta, hogy Magyarországon megszervezték a katonai tűzszerész képességet. Ez a nyolc évtized egyben a bátorság, az elhivatottság és a szakmai kiválóság története is. A tűzszerész katonák a mindennapokban és a harctereken egyaránt az élet védelméért dolgoztak és dolgoznak – gyakran saját biztonságukat is kockára téve.

E jubileum alkalmából tisztelettel gondolunk mindazokra, akik e különleges szakterület kialakításában és fejlesztésében részt vettek: katonákra és civilekre, szakértőkre és segítőkre egyaránt. Az ő munkájuk, kitartásuk és tudásuk nélkül ez a képesség nem válhatott volna olyan erőssé és megbecsültté, mint amilyen ma. Fejet hajtunk azok előtt a bajtársak előtt is, akik a szolgálat során áldozatot hoztak, s életüket adták a közösség biztonságaért. Emlékük példát és erőt ad a jelen és a jövő nemzedékeinek.

A Transzformációs Parancsnokság feladata, hogy biztosítsa a Magyar Honvédség működésének koncepcionális alapjait, és támogassa annak Transzformációját, azaz gyors és néhol radikális, de tervezett és előkészített megújítását. Elemzések és értékelések, koncepciók és stratégiák kidolgozása, doktrína- és szabályzatfejlesztés, valamint a szabványosítás mind ezt a célt szolgálják. E szimpózium kiadvány is azt a célt szolgálja, hogy a szakma legfontosabb tapasztalatait összegyűjtsük, rendszerezzük, és amit lehet, építsünk be a mindennapi folyamatokba. Ezáltal nemcsak a jelen szakmai munkáját tesszük hatékonyabbá, hanem a jövő nemzedékének is biztos alapokat nyújtunk a folytatáshoz.

A most kézben tartott kiadvány egyszerre szól ünneplésről és főhajtásról: ünneplésről a bátor és elhivatott szakemberek előtt, és főhajtásról mindazok iránt, akik örökre közénk tartoznak. Bízom benne, hogy az itt olvasható tanulmányok és előadások nemcsak a szakmai tudást gazdagítják, hanem hozzájárulnak az együttműködés erősítéséhez és a jövő kihívásainak sikeres megválaszolásához is – a Magyar Honvédség folyamatos megújulásának támogatása érdekében.

Kívánom, hogy a honvéd tűzszerészek és támogatóik továbbra is biztonsággal, szakmai elhivatottsággal és bajtársi összetartással lássák el feladataikat, a magyar nemzet szolgálatában!

*„Csak akkor születtek nagy dolgok,
Ha bátrak voltak, akik mertek...
... Legkülömb ember, aki bátor
S csak egy külömb van, aki: bátrabb.”
(ADY Endre: A Tűz csiholója)*

Tajti Ákos ezredes
MH Transzformációs Parancsnokság
parancsnok

TARTALOMJEGYZÉK

KÖSZÖNTŐ	5
ELŐSZÓ	9
<i>Prof. Em. Dr. Lukács László</i> SZEMELVÉNYEK A MEGLEPŐ AKNÁK HARCTÉRI ALKALMAZÁSÁNAK TÖRTÉNETÉBŐL	10
<i>Dr. Kazareczki Noémi</i> ZUBOVITS FEDOR SZÁRAZFÖLDI TORPEDÓJA	53
<i>Bara Attila</i> ROBBANÓANYAGOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK TOXICITÁSA	69
<i>Kovács Gergő – dr. Virág Zoltán István</i> KOTRÓGÉPEK ÉS HÁNYÓKÉPZŐK ROBBANTÁSOS BONTÁSA	85
<i>Aczél Ákos</i> NAGYSZABÁSÚ TŰZIJÁTÉK TELEPÍTÉS KIVITELEZÉSE	95
<i>Ferencz Noémi</i> A RENDŐRSÉG ELSŐDLEGES REAGÁLÓ EGYSÉGEI TERRORIZMUSSEL KAPCSOLATOS FELKÉSZÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A ROBBANÓSZERKEZETEK JOGELLENES FELHASZNÁLÁSA ELLENI VÉDEKEZÉSRE	105
<i>Lénárt Tamás</i> A PILÓTA NÉLKÜLI RENDSZEREK KATONAI ALKALMAZÁSA ÉS AZ ELLENÜK VALÓ VÉDEKEZÉS LEHETSÉGES MÓDJAI	118
<i>Hódos Attila</i> ROBBANTÁSSAL ELKÖVETETT BŰNCSELEKMÉNYEK ÉS AZ ELLENÜK VALÓ VÉDEKEZÉS	134

<i>Süveges István</i> PILÓTA NÉLKÜLI légi járművek KÜLFÖLDI TŰZSERÉSZ-TEVÉKENYSÉG SORÁN TÖRTÉNŐ ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI	147
<i>Tóth Ferenc</i> A VÍZÜGYI ROBBANTÁS ÉLETÚTJA	160
<i>Trenka László</i> JÉGROBBANTÁS MAGYARORSZÁGON, MINT A JEGES ÁRVÍZEK ELLENI VÉDEKEZÉS EGYIK KIEMELT MÓDSZERE	177
<i>Tóth Ferenc</i> A MARGIT HÍD FELROBBANTÁSA, 1944 NOVEMBER 4.	188
<i>Dr. Kovács Márk Károly</i> ROBBANTÁS, MINT A TERRORIZMUS ESZKÖZE	196
<i>Dr. habil Daruka Norbert – Dr. Kovács Zoltán Tibor – Végh Krisztián</i> AZ UKRÁN TISZT- ÉS ALTISZTKÉPZÉS TANULSÁGAI ÉS A MAGYAR MŰSZAKI SZAKTERÜLET FEJLESZTÉSI PERSPEKTÍVÁI	205
<i>Dr. Szatai Zsolt József</i> A ROBBANÓANYAG-KERESŐ KUTYÁK HATÉKONYSÁG VIZSGÁLATA	219
<i>Dr. Petrik Máté – Tugyi Levente</i> ÉPÍTMÉNYEK ROBBANÁSI TÚLNYOMÁS ELLENI VÉDELEM MÉRETEZÉSI LEHETŐSÉGEINEK MÓDSZERTANA MAGYARORSZÁGON	236
<i>István Ember (PhD)</i> CHALLENGES IN SIZING LOW-DENSITY LINERS FOR SHAPED CHARGES	248
<i>László Szalkai</i> THE RELATIONSHIP BETWEEN ADDITIVE MANUFACTURING AND EXPLOSIVES TECHNOLOGY, CHALLENGES IN THE DEFENCE FIELD	257
<i>Miklós Leitner – Barbara Elek (PhD) – Norbert Daruka (PhD)</i> REQUIREMENTS FOR EXPLOSION PROTECTION FOR GUNPOWDER MANUFACTURING PLANTS	268
ZÁRSZÓ	284

ELŐSZÓ

A fűrés- és robbantástechnika tudományos elméleti és gyakorlati kérdései, a robbanások hatásának, dinamikájának és a műszaki megoldásoknak az ismerete nem csupán technikai tudás, hanem biztonsági, stratégiai és országvédelmi kérdés is.

A Magyar Hadtudományi Társaság, a Magyar Robbantástechnikai Egyesület és a Magyar Honvédség Transzformációs Parancsnokság Tudományos Kutatóhely számára egyaránt kiemelt jelentőségű, hogy a tudományos közösség, a Magyar Honvédség tűzszerész és műszaki katonái, valamint az ipari-bányászati robbantástechnikában érintett szakemberek közösen dolgozzanak e speciális terület folyamatos fejlesztésén, a nemzet biztonságának erősítése és a jövő kihívásainak kezelése érdekében.

A IV. Fűrés–Robbantástechnikai Nemzetközi Szimpózium nem csupán egy tudományos fórum, az ott elhangzó előadások és e tanulmányokat összegző kiadvány egyben főhajtás is azon bátor emberek előtt, akik az elmúlt nyolc évtizedben életüket és tudásukat a robbantástechnikai szakma és a katonai tűzszerészet szolgálatába állították.

Ez az esemény az együttműködés, a tapasztalatcsere és a közös gondolkodás színtere, ahol katonai és civil szakemberek, kutatók és gyakorlati szakértők találkoznak, hogy együtt keressenek válaszokat a kor kihívásaira. A bemutatott legmodernebb tudományos eredmények, tapasztalatok és innovációk nem pusztán elméleti értékűek, a gyakorlatban ugyancsak közvetlenül hozzájárulnak a biztonságtechnikai, ipari, bányászati és katonai alkalmazások fejlődéséhez, a Magyar Honvédség képességeinek további erősítéséhez.

Bízom benne, hogy e kötet tanulmányai nemcsak a jelenkor kutatóit és gyakorlati szakembereit segítik, hanem alapot nyújtanak a jövő nemzedékeinek is.

Köszönettel tartozunk a kötet szerkesztőinek azért, hogy vállalták a kiadvány elkészítésének nehéz, ám nemes feladatát. A kiadvány jól bizonyítja, hogy a honvédelem és a hadtudomány össztársadalmi ügy, ahol jól tudnak együttműködni a katonák és a civilek. A tudomány és a szakértelem összekapcsolása olyan érték, amely hosszú távon szolgálja a Magyar Honvédség fejlődését, a nemzet biztonságát és a hadtudomány rangjának erősítését.

Jó szerencsét!"

Prof. Dr. Padányi József
Magyar Hadtudományi Társaság
elnök

SZEMELVÉNYEK A MEGLEPŐ AKNÁK HARCTÉRI ALKALMAZÁSÁNAK TÖRTÉNETÉBŐL¹

Prof. Em. Dr. Lukács László²

ABSTRACT

According to the Convention on Prohibitions or Restrictions on the use of Certain Conventional Weapons which may be Deemed to be Excessively Injurious or to have Indiscriminate Effects, done at Geneva on 10 October 1980: „»Booby-trap« means any device or material which is designed, constructed or adapted to kill or injure, and which functions unexpectedly when a person disturbs or approaches an apparently harmless object or performs an apparently safe act.” In this paper, we briefly review the development of these explosive devices from ancient times to the present day.

Keywords: booby trap, IED

ÖSSZEGZÉS

A Mértéktelen sérülést okozóknak vagy megkülönböztetés nélkül hatónak tekinthető egyes hagyományos fegyverek alkalmazásának betiltásáról, illetőleg korlátozásáról szóló, Genfben, az 1980. évi október hó 10. napján kelt egyezmény szerint: „»Meglepő akna« lehet bármilyen eszköz vagy anyag, amelynek az a rendeltetése, úgy van megkonstruálva, vagy úgy van összeszerelve, hogy váratlanul működésbe lépve halált vagy sérülést okozzon, amikor egy személy egy nyilvánvalóan veszélytelennek tűnő dologgal végez tevékenységet.” A tanulmányban ezeknek a robbanószerkezeteknek a kialakulását, fejlődését tekintjük át röviden, az ókortól napjainkig.

Kulcsszavak: meglepő akna, aknacsapda

BEVEZETÉS

„»Meglepő akna« lehet bármilyen eszköz vagy anyag, amelynek az a rendeltetése, úgy van megkonstruálva, vagy úgy van összeszerelve, hogy váratlanul működésbe lépve halált vagy sérülést okozzon, amikor egy személy egy nyilvánvalóan veszélytelennek tűnő dologgal végez tevékenységet.” [1] Az 1984. évi 2. számú törvényerejű rendeletben a „Mértéktelen sérülést okozóknak vagy megkülönböztetés nélkül hatónak tekinthető egyes hagyományos fegyverek alkalmazásának betiltásáról, illetőleg korlátozásáról” szóló, Genfben, az 1980. évi október hó 10. napján kelt egyezmény és a hozzá csatolt jegyzőkönyvek kihirdetéséről olvasható a fenti meghatározása annak a robbanószerkezetnek, melynek kialakulásáról, koráról korra történő harctéri alkalmazásáról mutatunk be szemelvényeket a tanulmányunkban.

¹ Highlights From the History of the Combat Use of Booby Traps

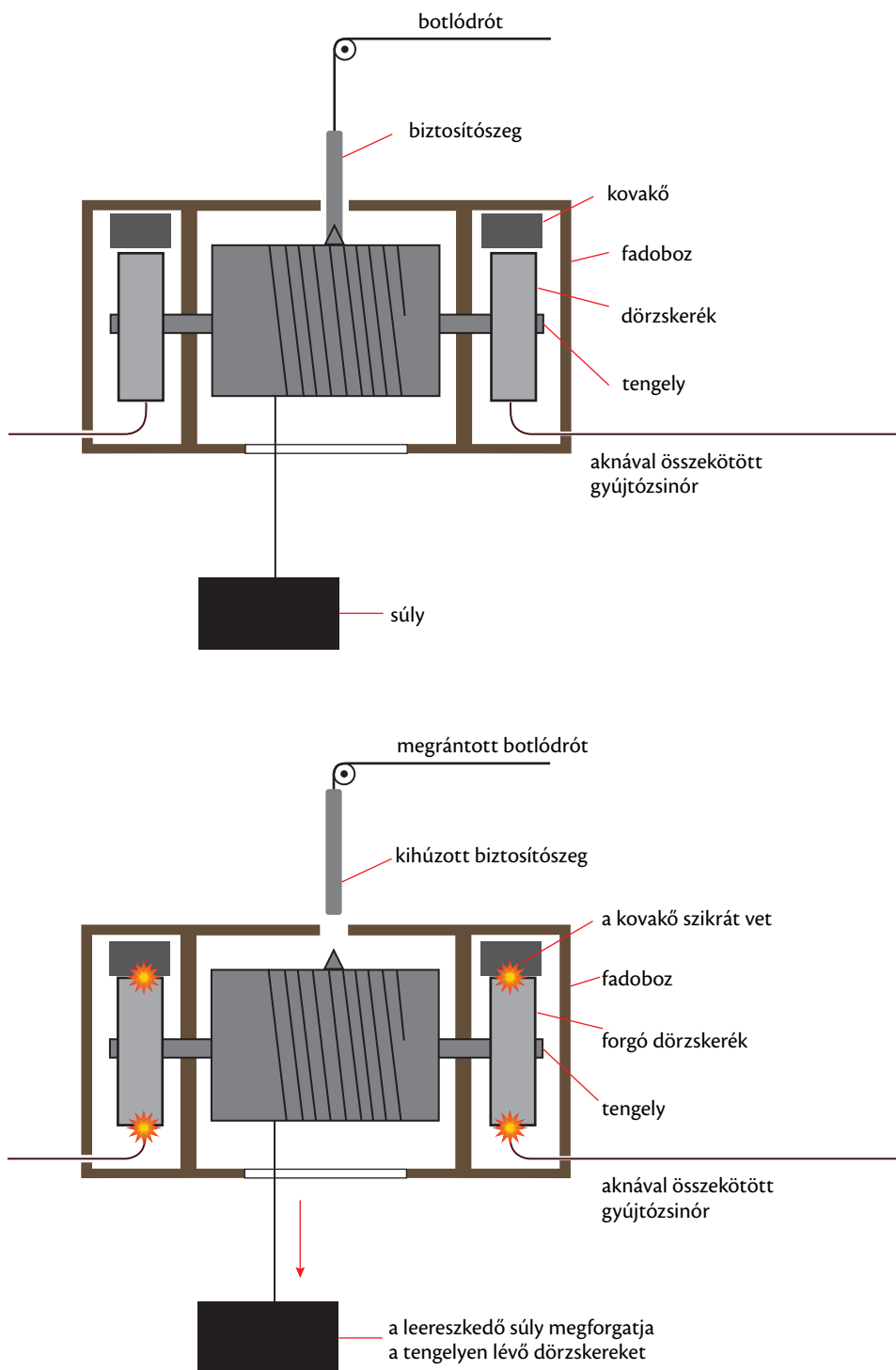
² A hadtudomány kandidátusa, nyugalmazott tanszékvezető egyetemi tanár; e-mail: llukacsv@gmail.com; ORCID: 0000-0001-8569-5013.

A mai napig oktatják a katonáknak a világ minden haderejében a meglepő aknák, aknacsapdák jelentette veszélyt, az elfoglalt területeken történő harctevékenységek során. Az orosz nyelvben „Мина-сюрприз” vagy „Мина-ловушка” nevű szerkezetéről, Frank Barber „Trap mine” megnevezéssel írt 1924-es művében.[2] Az angol nyelvben azonban a „Booby trap” megnevezés terjedt el, és ezt alkalmazzák a mai napig. Ha a kifejezés eredetét keressük, akkor meglepő magyarázatra találunk. Daven Hiskey 2014-ben az alábbi összefoglalását adta rá: „a spanyol »bobo« szóból ered, ami »hülyét«, »bolondot« vagy »naivát« jelent. Ez a spanyol szó viszont a latin »balbus« szóból származik, ami »dadogást« jelent, és a rómaiak úgy gondolták, hogy ez a butaság jele. Tehát a »booby trap« lényegében egy olyan csapda, amelynek »boobies«, azaz idioták az áldozatai. Nagyjából ugyanabban az időben, amikor ez először felbukkant, olyan kifejezések is megjelentek, mint a »booby prize«, ami egy bolondnak adott díjat jelent. Ezek a díjak általában valami teljesen értéktelen dolgot jelentettek, és gyakran valamilyen verseny vesztesének adták őket. Az első ilyen esetek a tizenkilencedik század végén jelentek meg. A kezdeti időkben ezek a »csapdák« csak egyszerű csínytevések voltak. Ahogyan az várható volt, az első ismert esetek az iskolai fiúkra vonatkoztak, akik egymás megtréfálták, és az áldozatot akkoriban bohócnak vagy bolondnak tekintették. Például a »booby trap« egyik legkorábbi ismert előfordulása az 1868-as *Chambers Journal*-ban jelent meg, ahol ez állt: A »booby-trap« – ez ... könyvekből, csizmákból stb. állt, amelyeket egy ajtó tetején egyensúlyoztak, amelyet nyitva hagytak, így azok az első belépő fejére estek.” [3] Aztán a gyermeki csínytevésből az egyik legnagyobb hatású pszichológiai fegyver lett, mely válogatás nélkül pusztította „bolonddá tett”, gyanútlan áldozatait.

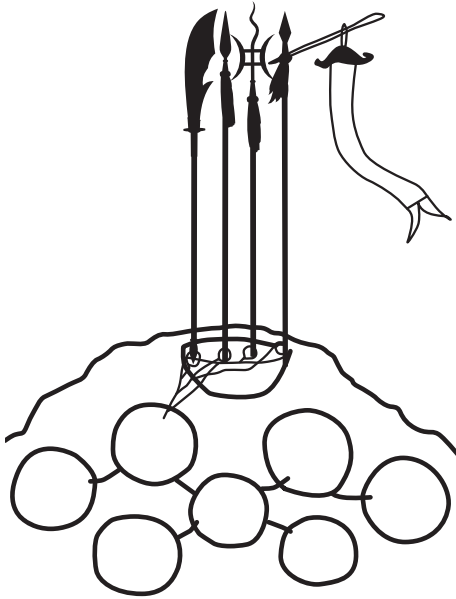
MINT OLYAN SOK DOLOG, A MEGLEPŐ AKNA IS KÍNÁBAN JELENT MEG ELŐSZÖR

A Ming-dinasztia korai szakaszában (1368–1644) Jiao Yu és Liu Ji állította össze és szerkesztette a *Huolongjing* (Fire Dragon Manual – Tűzsárkány Kézikönyv) című művet az a céllal, hogy a lőporral kapcsolatos „tűzfegyverek” útmutatójaként szolgáljon. [4] A *Huolongjing* különböző lőpor-összetételekkel és fegyverekkel kapcsolatos információkat tartalmaz. Néhány említett képlet olyan neveket kapott, mint „mágikus lőpor”, „mérgező lőpor” és „vakító és égető lőpor”. A leírt fegyverek között vannak üreges öntöttvas bombák, repeszbombák, tűznyilak, rakéták, szárazföldi és tengeri aknák, tűzlándzsák, kézi ágyúk és kerekes kocsikra szerelt ágyúk.

Ebben szerepel először egy olyan – aknák automata indításához kifejlesztett – gyújtószerkezet, melyhez hasonló majd csak 200 évvel később fog megjelenni Európában. Ez volt a *Gang Lun Fa Huo*, „acélkerekes gyújtó” (lásd 1. ábra). A *Huolongjing* csak annyi támpontot adott róla, hogy a működése során keletkező szikrákat a gondosan elrejtett csapda (akna) alatt többszörösen elhelyezett gyújtószinórok csatlakozására irányította (láng hatására pedig, mint ez köztudott, a feketelőpor felrobban). Csak később, egy Kr. u. 1606-ban megjelent kínai szövegből vált ismertté, hogy az „acélkerék” működtetésére egy, a középkori óraművekben gyakori súlyhajtást használtak. A kínai aknagyújtó olyan kovaköves gyújtórendszer volt, amely két recézett acélkerékből állt, amelyeket egy leeső súly forgatott, a tengelyük köré csavart kötél letekeredésével. Amikor az ellenség rálépett az álcázott deszkákra, akkor kioldotta a súlyt alaphelyzetben rögzítő csapokat, a tehetetlenségi erő hatására leeső nehezék pedig az acélkerékek tengelyére tekert kötéllal megforgatta



1. ábra. Kínai Gang Lun Fa Huo „acélkerék” gyújtó (A szerző szerkesztése [5] alapján)

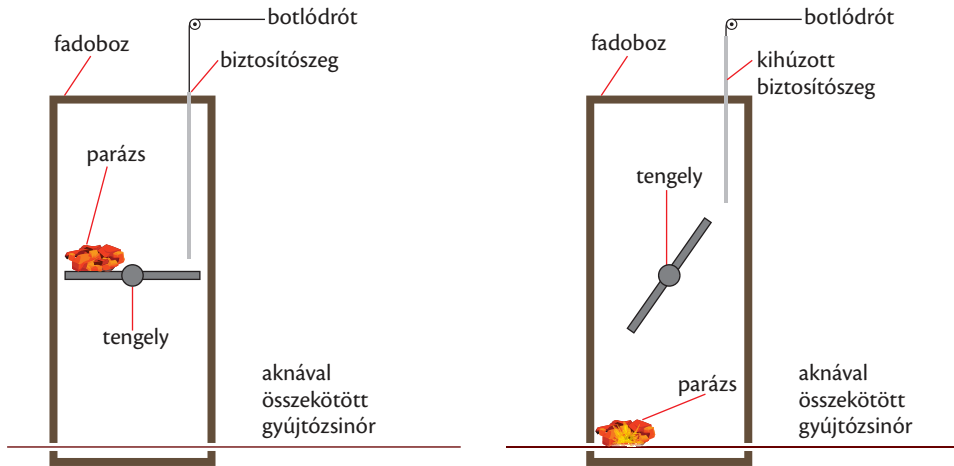


2. ábra. Kínai *Fu Di Chong Tian Lei* aknacsapda a Ming-korból [7]

a recézett acélkerekeket. Ezek a gyújtó kovakövéhez dörzsölődve szikrát „csiholtak”, ami viszont indította a lőportöltetet.

A *Wubei Zhi*³ a legátfogóbb katonai könyv a kínai történelemben, melyet Mao Jüanjüan⁴ (1594–1640?), a vízi csapatok egyik parancsnoka szerkesztett a Ming-dinasztia idején, 1621-ben (más források 1628-ról írnak). A *Wubei Zhi* 240 kötetben, 10 405 oldalon több mint 200 000 kínai írásjegyet tartalmaz, ami a kínai történelem legjelentősebb és leghosszabb katonai vonatkozású könyvévé teszi. [6]

Ebben olvashatunk a *Fu Di Chong Tian Lei*⁵ nevű különleges aknacsapdáról, amelyet arra terveztek, hogy kihasználja az emberek kapzsiságát és kíváncsiságát (lásd 2. ábra). Egy dombon fegyvereket, csákányokat és lándzsákat ástak be azzal a céllal, hogy az ellenséget arra csábítsák, hogy odamenve megpróbálja megszerezni ezt a hadizsákmányt. Amikor a fegyvereket kihúzták a halomból, ez a mozgás oldotta az alattuk beásott, izzó parázssal teli tálat



3. ábra. *Zhong Huo Ku* kínai aknagyújtó (A szerző szerkesztése [8] alapján)

³ Treatise on Armament Technology or Records of Armaments and Military Provisions – Fegyverzettechnikai értekezés vagy Fegyverzet és katonai rendelkezések nyilvántartása. Japán fordításban Bubishi néven is ismert.

⁴ Egyes forrásokban olvasható még Mao Yuanyi-ként is.

⁵ Durva fordításban „Földön rejtőző, levegőben száguldó mennydörgés”.

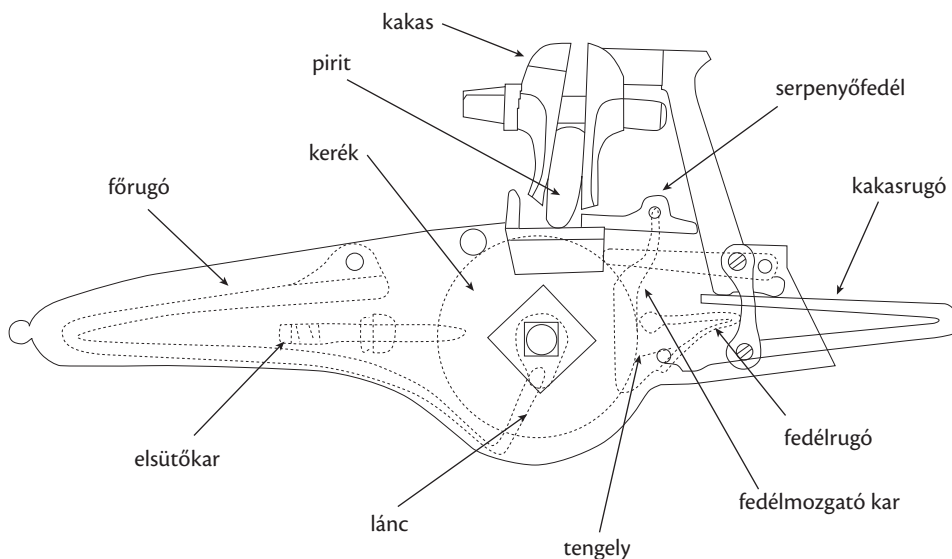
rögzítő támasztékot, a kiboruló anyag pedig indította az alatta húzódó gyújtózsínort, ezzel beindította a bombákat. [7]

A *Zhong Huo Ku* nevű gyújtószerkezet alapja egy 3 láb (kb. 90 cm) mélyen elhelyezett föld alatti tálban, folyamatosan égő, lassan izzó anyag volt (lásd 3. ábra). A gyújtó elkészítése egyszerűbb és gyorsabb volt, mint az ugyancsak korabeli *Gang Lun Fa Huo* „acélkerék” gyújtóé, de kevésbé volt megbízható, és csak korlátozott időtartamig maradhatott aktív, mielőtt az izzó anyagot ki kellett cserélni. A 17. századi *Wubei Zhi* kötet szerint ennek a lassan égő izzó anyagnak a képlete lehetővé tette, hogy 20-30 napig folyamatosan égjen anélkül, hogy kialudna. Összetétele az alábbi anyagokból állt: 1 font [0,45 kg] fehér szantálfa por, 3 uncia (85 g) vasrozsa (vas-oxid), 5 uncia (142 g) „fehér” faszénpor (égetett mészből), 2 uncia (57 g) fűzfaszén por, 6 uncia (170 g) szárított, őrölt és porított vörös datolya és 3 uncia (85 g) korpá.

A KERÉKLAKATOS GYÚJTÓSZERKEZET ÉS A MEGLEPŐ AKNA EURÓPÁBAN

Az első európai, automata működésű (a rohamozó ellenséges gyalogság által aktivált) gyalogság elleni akna megjelenésére 1573-ig kellett várni. Ehhez viszont a kézi löfegyverek kovaköves rendszerű gyújtásának kifejlesztésére volt szükség. Az első ilyen fegyverek az 1500-as évek elején jelentek meg Európában. Ennek első változata, a keréklakatos rendszerű gyújtás, kísérteties hasonlóságot mutat a korábban ismertetett kínai *Gang Lun Fa Huo* „acélkerék” gyújtóval.

Venter Tibornak, a debreceni Cívus Fegyverműves Műhelye honlapján olvashatunk a korabeli löfegyverek ütőkakasos és keréklakatos gyújtási módjának megjelenéséről (lásd 4. ábra). A vizsgált témánkhoz kapcsolódóan az utóbbi működéséről ezt írja: „A keréklakatos fegyverek feltalálásának idejét a német szakirodalom 1517-re teszi, és Johann Kiefus, nürnbergi óraműves mester nevéhez kötik. [...] Leonardo Da Vinci grafikái között is találunk keréklakatvázlatot,



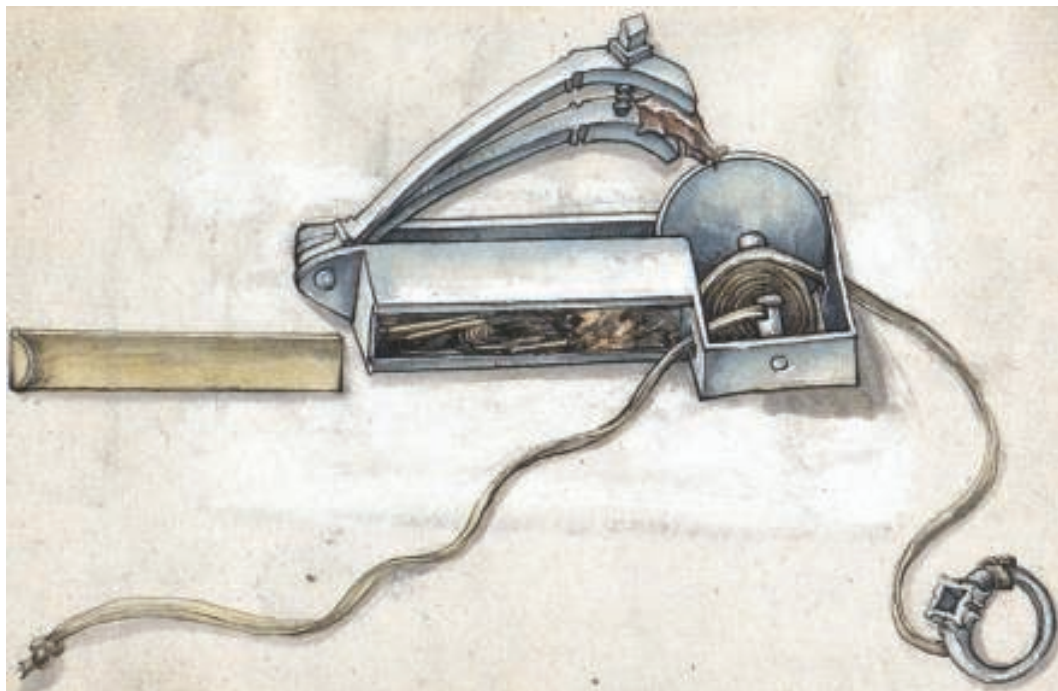
4. ábra. Keréklakatos, kovaköves elsütő szerkezet [10]

amely egyébként egy működőképes szerkezet. A szerkezet legfontosabb része a recézett felületű acélkerék, amelyet egy tengelykulcs segítségével lehet felhúzott állapotba hozni. A kovartartóban lévő kovát egy rugó feszíti a kerék palástfelületére. Az elsütés pillanatában a forgó kerék hatására a kováról leváló szikrák gyújtják a serpenyőben lévő lőport, amely begyújtja a gyúlyukon keresztül a csőben levő feketelőpor főtöltetet, és bekövetkezik a lövés.” [9]

A keréklakatos elsütőszerkezet nemcsak a kézi lőfegyverek terén jelentett forradalmi változást, hanem kiválóan bevált a korabeli aknák, immár automata működést biztosító gyújtószerkezeteként is. Németh Balázs angol nyelvű anyagában ezt olvashatjuk róla: „A keréklakat eredete nem világos. Annyi bizonyos, hogy a forgó acélkerék és a kovakő szikráját már a keréklakatos pisztoly megjelenése előtt is használták a szikragyújtásra. [...] Az első grafikai és szöveges források mind a 15. század végéről, 16. század elejéről származnak. Az első grafikus példa a keréklakatos szikragyújtóra és a keréklakatos gyújtószerkezetre, mely utóbbi egy téglalap alakú zárlemezre hasonlító lapra van erősítve, valószínűleg a németországi Nürnbergből származik. A *Löffelholtz-Kodex*, amelyet Martin Löffelholtz, Nürnberg városának polgára készített, 1505-ben kelt. Ez a könyv, különböző vadászati eszközöket és lőfegyverek készítésére szolgáló szerszámokat mutat be, köztük a két említett keréklakat-mechanizmust.” [11]

Ahhoz, hogy a keréklakatos fegyverek működőképesek legyenek, mindenképpen szükséges volt az egyik alapvető működtető elem, a recézett acélkorong megforgatása, méghozzá olyan erővel, hogy a hozzá szorított kovakövet csiszolva szikra képződjön. Az ókori kínai mintán láttuk, hogy ezt a gravitációs erőt kihasználva, egy tengelyre felcsévéltszinórral oldották meg, mely a végére kötött súly segítségével működtette a szerkezetet. A középkorban az óraműveseknek is szükségük volt a szerkezetükben forgó mozgást végző tengelyekre, a rájuk erősített kis fogaskerekek precíziós működtetésére. Ehhez azonban a vaskohászat fejlődése biztosította a viszonylag nagy szénttartalmú anyagokat, melyekből kellően rugalmas lap- és spirálrugókat készítve állították elő azok megfeszítése („felhúzása”) által az „energiát tároló” elemeket, melyek a működésükkel szintén ugyanazt a hatást érték el, mint a sokkal egyszerűbb, de méreteikben összehasonlíthatatlanul nagyobb kínai elődeik. 1500 körül teremtődtek meg tehát az ipari feltételek a keréklakatos szerkezetek megalkotásához. Ezek mechanizmusa abban áll, hogy a potenciális energiát egy rugó tárolja. Amikor az új szénacélból készült rugót elengedik, ez a rugó (egy tekercs) jellemzően egy acélkereket készítet arra, hogy egy tengely körül elforduljon, mint az óraműtechnikában. A keréken lévő recézett peremek elforogva a kovakövön szikrákat „csiholnak”, melyek egy gyúlékony anyagot tartalmazó tartályba, esetünkben tipikusan puskaporba hullnak. A gyújtás előkészítéseként egy kulcsot használnak a rugó megfeszítésére, amelyet egy retesz tart. Ezt a rugót a végtelenségig lehet ebben a helyzetében tartani, csak a retesz kioldása szükséges a mechanizmus beindításához. Amikor a reteszt egy kioldószerkezet segítségével feloldják, a kerék megpördül, és egy másik rugós kar a kovakövet a kerékkel érintkezésbe hozza. Érdekes módon a „kereket” is szénacélból kellett készíteni, mert ez biztosította a legtöbb szikrát. Így tehát e két kulcsfontosságú alkatrész – a rugó és a dörzske-rék – kifejlesztése az óragyártók érdeme volt, nem sejtve, hogy békés találmányukkal egyben az automata működésű robbanószerkezetek gyújtási mechanizmusát is megalkották.

A fent említett, 1505-ben kiadott *Löffelholtz-Kodex*ben két eltérő működésű, de a rugós szerkezet felhúzásával létrehozott energiát egyaránt szikraképzésre használó gyújtószerkezet az 5. ábrán látható.

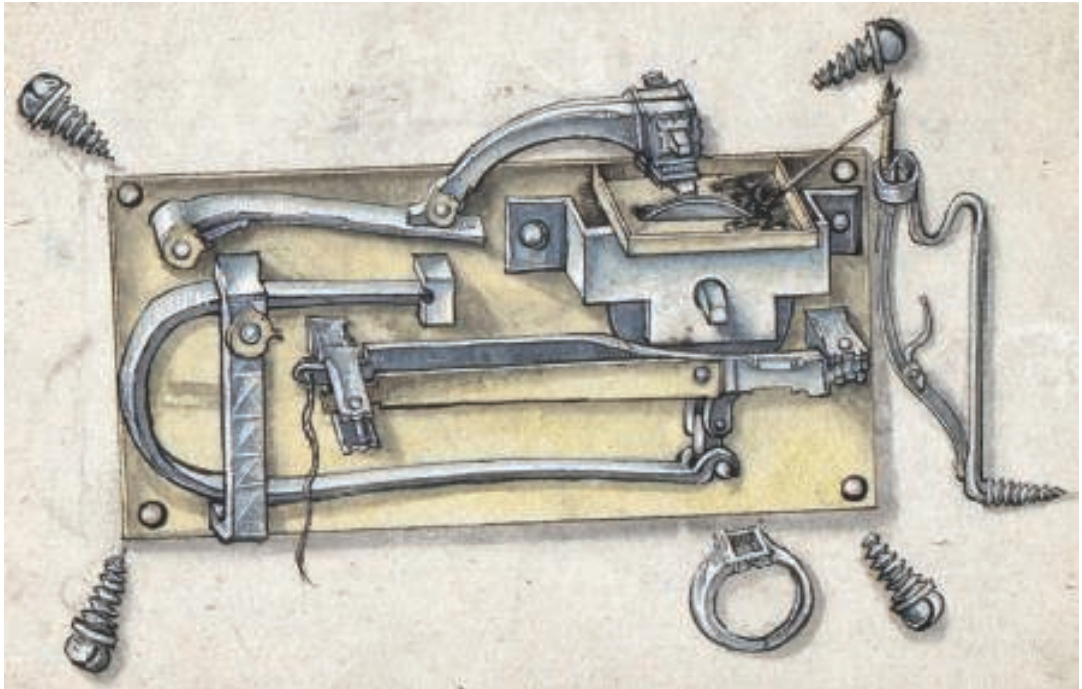


5. ábra. Keréklakatos szikragyújtó, 1505 [12. 27. o.]

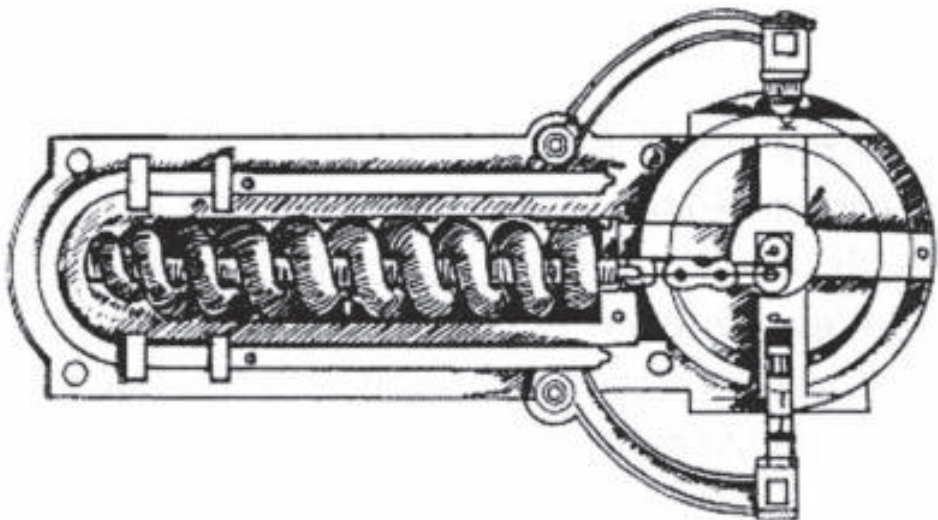
Az ábrán látható szerkezet akár egy középkori gyufának is tekinthető, melyben még nem is rugót látunk, hanem egy acélkerékkel szerelt, orsóra tekercselt zsinórt, mely felett egy kígyógörbe alakú elem (szerpentin) szorítja a kerékhez a kovakövet. A dobozban egy sárgaréz csuszka taplót tart a kerék mellett. Ha a szerkezet használója az ujján lévő gyűrűvel meghúzza a zsinórt, a kerék megpördül, a kovakővel súrlódva szikrák keletkeznek, melyek meggyújtják a taplót. Ha azonban a taplót puskaporral helyettesítjük, és a zsinórt botló vezetékként használjuk, máris kész a robbanószerkezet. Egy órarugót hozzáadva a forgó tengelyhez, és egy kioldózárát, mely felszabadítja azt, továbbá egy másik rugóval hozzászorítjuk a kovakövet tartó elemet az acélkerékhez, máris egy automata működésű gyújtószerkezetet kapunk.

A második német gyújtószerkezet már bonyolultabb kivitelezésű, és figyelemre méltó az a négy csavar, melyekkel azt egy tárgy oldalához lehetett rögzíteni (lásd 6. ábra). Nem kell sok fantázia ahhoz, hogy egy löporral töltött doboz belsejében elhelyezve képzeljük el, ahol a kioldógyűrű annak tetejéhez rögzítve indítja el a robbanást.

Fentebb említettük, hogy a reneszánsz zseni, Leonardo da Vinci is alkotott keréklakatos gyújtószerkezetet. Amíg azonban a legtöbb ilyen szerkezetben egy koncentrikus spirálrugót használtak, amely a közepén keresztül futó tengelyt forgatta, da Vinci *Codex*



6. ábra. Keréklakatos gyújtószerkezet, 1505 [12. 28. o.]



7. ábra. Leonardo keréklakatos szikragyújtója [13. 111. o.]

Atlanticus (Atlantic Codex)⁶ című munkájának rajzán (lásd 7. ábra) az látható, hogy a rugó nem spirál, hanem egy hosszanti tekercs, de ez ugyanúgy egy „kereket” mozgató, amely itt merőlegesen helyezkedik el a rugó hosszára.

Ahogy arról korábban már írtunk, a keréklakatos gyújtókat elsősorban a lőfegyverekhez fejlesztették ki. Az már teljesen logikusan következett ebből, hogy a fegyver markolatát (tusát) és csövét elhagyva, maga a gyújtószerkezet robbanószerkezet indítására is alkalmazásra kerüljön. Egy 1582-es németországi kéziratban szereplő ábrán látható például egy ilyen megoldás, mely szerint egy pisztoly keréklakatos működtető szerkezetét egy kerethez rögzítették, az elsütőbillentyűre pedig zsinórt erősítettek, amelyet egy csigán körbevezettek, majd azt a szerkezetet indító személyhez vezették (lásd 8. ábra). Amikor a célpont megjelent, a személy meghúzta a zsinórt, amely elsütötte a „fegyvert”. Az elsütőbillentyű (ravasz) meghúzásakor egy rugós mechanizmus megpörgette az acélkereket a „kakasban” lévő kovakövön. Ez szikrákat hozott létre, amelyek meggyújtották a gyújtózsinórt. A gyújtózsinór a közelben elrejtett puskaforos hordóhoz vezetett, felrobbantva azt. Természetesen a „húzózsinór” kioldózsinórként is működhetett, valamilyen tárgyhöz rögzítve, és így automata működésűvé válhatott a szerkezet.

A keréklakatos gyújtószerkezetek bonyolultabb és drágább előállításuk miatt a lőfegyverekben nem terjedtek el széles körben, csak a gazdagabb vadászok precíziós lőfegyvereinél használták őket. A harctereken a másik újdonság, az ütőkakasos kovaköves elsütő szerkezet vált általánossá. Ugyanakkor a keréklakatos gyújtók tökéletesen megfeleltek egy másik célú felhasználásra. Samuel Zimmermann 1573-ban Augsburgban a „fladder-mine” (szóróakna) nevű robbanószerkezte iniciálására a *Löffelholcz-Kodex*-ben láthatóhoz hasonló szerkezetet használt.

Az akna maga a várfal körül nem nagy mélységben elásott, egy font (0,45 kg), esetenként még ennél is nagyobb tömegű feketelőpor-töltetből állt, melyet a támadó gyalogság hozott működésbe rálépve a gyújtószerkezetre, vagy meghúzva a föld fölött kifeszített huzalt. Ez indította be a kovaköves gyújtót és bekövetkezett a robbanás.

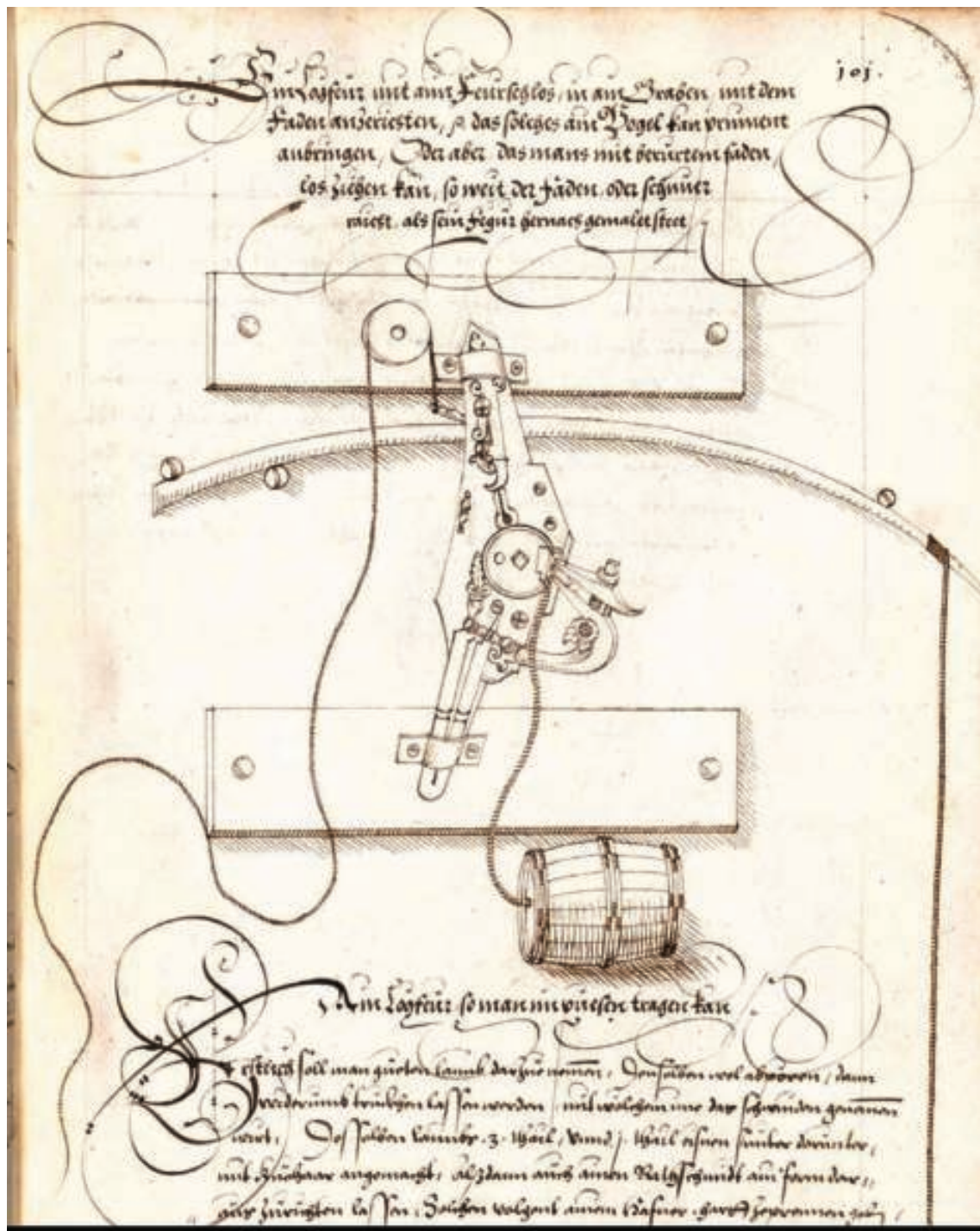
A hagyományos aknák mellett, a 16. században megjelent a mai meglepő aknák előfutára is, a „robbantóláda”. 1568-ban az osztrák Veit Wulff von Senftenberg, a *Mindenféle harci és védelmi fegyverekről* című könyvében⁷ részletesen bemutatja a távirányítású és időzített, lőportöltetű aknákat, önkioldókat, levélbombákat, torpedószerű robbanóeszközöket. [15. 4. o.] Az általa alkotott „robbantóláda”, a mai katonai meglepő aknák, pokolgépek⁸ vagy a szakmai körökben később IED⁹ néven ismertté vált, saját készítésű robbanószerkezetek őse. Arday így írt erről 1910-ben kiadott művében: „Senftenberg robbantóládákat is

⁶ A *Codex Atlanticus* (Atlanti Kódex) Leonardo da Vinci rajzainak és írásainak (olasz nyelvű) 12 kötetes, bekötött gyűjteménye, a legnagyobb egységes ilyen gyűjtemény. Neve arra a nagyméretű papírra utal, amelyet Leonardo eredeti jegyzetfüzetének lapjainak megőrzésére használtak, és amelyet atlaszok készítéséhez használtak. Az anyag 1478 és 1519 között keletkezett és 1119 lapból áll. Tartalma a legkülönbözőbb témákat öleli fel, a repüléstől a fegyvereken át a hangszerekig, a matematikától a botanikáig, és Leonardo teljes, Firenzében, Milánóban, Rómában és Amboise-ban folytatott szakmai pályafutását lefedik.

⁷ Von allerlei Kriegsgewehr und Geschütz.

⁸ A *Révai Nagylexikon* szerint „A P. robbanóanyagokkal töltött készítmény, mely külsőleg rendszeren valami használati tárgynak (postaláda, csomag stb.) látszik, és oly szerkezettel van ellátva, mely a robbanóanyagot a tárgy felbontásakor meggyújtja, vagy pedig óraművet helyeznek el benne, mely bizonyos idő lejárta után a gyújtókészüléket kikapcsolja, mire a P. felrobban.” [16. 541. o.]

⁹ Improvised Explosive Device.



8. ábra. Egy 1582-es német kéziratban található, keréklakatos pisztoly működtető szerkezetével szerelt robbanószerkezet [14]

említ könyvében vagy népies nyelven szólva pokolgépeket, melyek a legújabb korban az anarchisták révén váltak hírhedtekké, akik valóban pokoli módon kieszték a fölismerhetetlenség célzatával készült különös alakú s automatikus szerkezetű bombáikkal szomorú hírnévre vergődtek. Ilyen robbantóládák tehát, melyeket tehát a XVI. században is ismeretek, valamely rugó-, vagy óraszerkezettel jártak, s rendszerint akkor robbantak föl, ha ezen ládát az áldozat kinyitotta. Ez a robbantási mód megfelel a mai időzítő gyújtónak. De akként is szerkesztették ezeket, hogy leplezve a föld felszínére helyezték, és ha ráléptek fölrobbant. Hogy ki a feltalálója ezen óraszerkezettel ellátott pokolgépeknek, teljes biztonsággal megállapítani nem lehet. Általában azt egy nürnbergi polgárnak tulajdonítják és az 1517-iki évet fűzik eme találmányhoz. Ez utóbbi körülmény annál is inkább hihető, miután Leonardo da Vinci (1579) kéziratában erre vonatkozólag egy rajz található.¹⁰ A robbantóládák vagy pokolgépek használatáról a legrégebb adat 1585-ből való, amikor Báthory István erdélyi fejedelem és lengyel király, a magyar, lengyel és német csapatokkal Pskov-ot ostromolta. Báthory fegyvermestere egy robbantóládát készített, melyet az orosz hadifogollyal Petrovics Schujszki-nak küldött azzal a meghagyással, hogy ezt a ládát csak akkor nyissák ki, ha a tulajdonosa érte jön, mert legértékesebb kincse és igen fontos okmányok vannak benne. [...] a főcél, hogy Petrovics Schujszki elpusztuljon nem sikerült, amennyiben a személyzet közül csak néhányan lelték halálukat, akik a robbantóláda felnyitásán fáradoztak. Az akkori idők leírásai szerint a robbantóládák robbanási ereje oly nagy volt, hogy valamely pincébe helyezett robbantóláda a házat is szétvetette.” [17. 410. o.]

ZUBOVICS FEDOR SZÁRAZFÖLDI TORPEDÓJA MINT MEGLEPŐ AKNA

A szárazföldi aknák újkori előfutára egy magyar huszártiszt, Zubovics Fedor¹¹ nevéhez fűződik, aki az 1870-es években feltalált egy szárazföldi torpedónak nevezett robbanószerkezetet – a mai szárazföldi aknák őst.

1887-ben egy, a Zubovics által a Szentendrei szigeten végrehajtott bemutatóról közölt részletes tudósítást a *Budapesti Hírlap*. Ebben, a korábbi katonai folyóiratokban a szárazföldi torpedóról szóló tudósításokban nem található, érdekes, új információkat olvashatunk Zubovics találmányának sokoldalú hasznosíthatóságáról. „A szárazföldi torpedó sok tekintetben hasonlít a tengerihez, nem kivételre, hanem alkalmazhatóságára nézve, mert mind városok körülvevására, mind szorosok, utak, vasutak, hidak aláásására egyaránt alkalmas, hogy a kellő pillanatban rálépés vagy gyújtó drót által légbe roppentse a hozzá merészkedőt. Zubovics szárazföldi torpedóit már több állam megvette, így Ausztria, Svájc, Svédország, Dánia, Kína (a mely a long-soni ütközetet csak e pokolgépek segítségével nyerte meg) és Szerbia. A magyar honvédség most létesítette az első ideiglenes próba-szárazföldi-torpedó-tanfolyamot a Váccal szemben elterülő Szent-Endre szigeten.” A gyakorlat során számos, aknaként történő alkalmazási lehetőségét mutatták be az új robbanószerkezetnek. Ami vizsgálódásunk szempontjából érdekes, az a cikk alábbi részében olvasható: „A tulajdonképpeni gyakorlat véget ért, de a java csak ezután következett. Eltelve a látottakkal, egy közel fekvő csárdába mentünk. Elöl a honvédelmi miniszter, utána a bizottság s

¹⁰ Lásd a 7. ábrát.

¹¹ Egyes irodalmakban Zubovits néven szerepel.

nehány néző. Az udvarba menve, egy igénytelen köpenyeg fekszik a kapuban. Semmit sem gyanítva, félrelökjük s íme felrobban lábaink alatt egy éles fegyvertölténnyel töltött gyakorlati torpedó. E kissé nagyon is erős meglepetésből felocsúdva, vezetőnk egy kútra mutat s elmagyarázza, hogy abból élete kockáztatása nélkül senki sem ihatik. Ez épen nem kedvező biztatás után hajlandók lettünk volna egyszer s mindenkorra lemondani a vízvásról, de kíváncsiságból megérintjük a vedret, s íme, egy második robbanás. A kút alá volt aknázva. Ez a két intermezzo a legnagyobb óvatosságra inte bennünket, kerültünk minden gyanús tárgyat s jó is volt, mert egy utunkból félretolt dézsa újabb robbanást idézett elő. Még egy parasztszekér sem volt ment minden veszélytől, mert alig nyúltunk botunkkal ülése alá, ismét egy robbanás. Itt nem tanácsos lézengni! Elmenekülünk a kertbe, a hol a lombos eperfák oly hívogatólag intenek s árnyékukban terített asztal vár reánk. A közhangulatot tolmácsolandó térparancsnokunk: Palkovics alezredes, a VI. honvéd huszár-ezred parancsnoka, ékes szavak kíséretében akar a miniszter egészségére poharat emelni s alig érint egy poharat, siketítő durranás hallatszik az asztal alól. Per amorem Dei!¹² a vízvásról könnyen lemondottunk, de a borról? Az nehéz lesz. Szerencse, hogy azután háborítatlanul élvezhettük a nemes nedűt, mert a többi pohárnak fölemelése robbanást nem okozott. Hanem a miniszter annyira elvesztette bizodalmát, hogy még saját köpönyegével is próbát tett, a melyet időközben levetett volt, vajjon nem sül-e el. S íme, egek csodája, az előérzet alapos volt. Alig emelte le a köpenyeg egy derék hadfi, újabb s ezúttal utolsó robbanás történt, közvetlen a köpenyeg mögött. E sok baj közepett csak az volt a szerencse, hogy a torpedók üresek voltak. Álmélkodva láttuk, mi minden célra lehet a robbanó anyagot felhasználni s mily különféle módon lehet az égbe jutni. Siettünk is a feltalálónak kifejezni szerencsekívánatainkat.” [18]

A részletdús tudósítás írója, de talán még a bemutatón részt vevő katonai szakemberek sem fogták fel, hogy – többek között – *a magyar meglepő akna születésénél* voltak jelen.

MEGLEPŐ AKNÁK AZ I. VILÁGHÁBORÚBAN

A kényszer szülte első harcjármű elleni aknák egyszerű gyújtószerkezeteit már az I. világháborúban is használták meglepő aknák készítésére is. Ilyeneket alkalmaztak Veremejev szerint – többek között – „az ellenséges állások elfoglalását követően, az eredeti állásokba való visszavonulás során, ha az ellenség túlerővel ellentámadásba lendült. A lövészárkokban, azok partjain és egyéb védelmi építményekben nyomásra működő aknákat és akna csapdákat telepítettek, hogy megnehezítsék az ellenség számára a saját lövészárkai és védművei használatát. A háború utolsó szakaszában a visszavonulás fedezésére is egyre gyakoribbá vált az ilyen aknák telepítése. A sikeres Cambrai-i csata (1918. június 5–7.) után például a szövetségesek nem tudták üldözni a sietve visszavonuló németeket a hátrahagyott aknák miatt, így a német parancsnokok a menekülést szisztematikus visszavonulássá tudták alakítani. A németek késleltetett hatású gyutacsokat is használtak, amelyek 48 órán belül robbantották fel a lövedéket. Az ilyen aknákat (»pokolgépeket«, ahogy akkoriban nevezték őket) lehetetlen volt felderíteni. Ez egyes esetekben azt eredményezte, hogy a francia és brit katonák nem voltak hajlandók visszatérni a saját korábbi lövészárkaikba.” [19. 35. o.]

¹² Az Isten szerelmére!

Nick Evans a Brit Hadsereg által 1877–1943 között alkalmazott improvizált robbanószerkezetekről írt cikkében ezt olvashatjuk: „A statikus hadviselés során, a háború közepén mindkét fél bevetett IED-ket, melyek főleg mechanikus indításúak voltak. A németek a Hindenburg-vonalhoz történő visszavonulás során tömegesen alkalmaztak aknacsapdákat és IED-ket, hogy késleltessék a szövetségesek előrenyomulását 1917-ben.” [20. 270. o.]

Az IED kifejezést eredetileg a brit hadsereg alkalmazta először az 1970-es években azokra a házi készítésű robbanószerkezetekre, melyeket az Ír Köztársasági Hadsereg használt, mezőgazdasági műtrágyából és plasztikus robbanóanyagból előállítva. Evans 2013-ban írt cikkében tehát elvileg tévesen szerepel ez a megnevezés, hiszen az I. világháborúban még nem létezett ez a név az aknacsapdákra. Ha az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által elfogadott IED definíciót nézzük, akkor azonban egyértelmű a korabeli és a mai eszközök azonossága: „Az IED egy rögtönzött eszközben elhelyezett vagy gyártott romboló, halálos, mérgező, pirotechnikai vagy gyújtó hatású vegyi anyagokat tartalmaz, amelynek célja az elpusztítás, cselekvésképtelenné tétel, zaklatás vagy figyelemelterelés”. [21. 2. o.]

Arról, hogy az aknacsapdákat nem csak a németek alkalmazták a háborúban, egy német tiszt visszaemlékezéseiben ezt olvashatjuk: „A lövészárkokban az emberek egész napokat töltenek azzal, hogy minden fedezéket halálos csapdává változtatnak, és a legártatlanabb dolgok pokoli gépezetökké válnak. Néhány fedezék felrobban, ha kinyitják az ajtókat. Egy rajzasztal, amelyen néhány könyv hever, csapda, és minden könyvből egy elektromos vezeték nyúlik ki egy olyan töltethez, amely képes egy szakasz megsemmisítésére. Az asztalon hagyott gramofon, amelyen lemez szól, szintén csapda, és felrobban, amikor a dallam véget ér. A marhapörkölt konzervek szétszórt kupacai ördögi lövedékeké válnak. A lövészárkok előtt húzásra működő aknák százeit helyezik el... Valóban, soha nem gondoltam volna, hogy a brit Tommy ilyen ördögi leleményességgel rendelkezik.” Veremejev Mike Croll véleményét is idézi könyvében: „az aknák ilyen, kizárólag a katonai (harcászati) szükségyszerűségein túlmutató veszteségek okozására irányuló alkalmazása általában véve jellemző az első világháborúra, amelyet ő grandiózus mészárlásnak nevez.” [19. 36. o.]

Ardasev az alábbiakban foglalja össze az I. világháború aknaharcairól szóló könyvében az aknacsapdák hatását:

„Egy, az ellenségtől éppen visszafoglalt árokban, az asztalon egy közönséges telefon. Belép egy katona, és a telefon csörögni kezd, ami arra készíti, hogy felvegye a kagylót. Ez egyrészt egy civilizált ember sztereotip tudattalan reakciója (kondicionált reflexe), másrészt megtagadná magától az örömet, hogy a hívónak (a hívó nyilvánvalóan egy ellenséges tiszt, aki azt hiszi, hogy még mindig vannak katonák az árokban) valami ilyesmit mondjon: »Már itt vagyunk, helló«. Az áldozat nem veszi észre, hogy ez valójában egy hívás a másik világból, ahová meghívják. Az asztalon nem telefon van, hanem egy meglepő akna, aminek a drótjai az ajtóhoz vannak kötve, és az, aki kinyitotta az ajtót, saját maga csöngette meg ez által a telefont. A kagyló felemelése aztán robbanást okoz.

Az íróasztal fiókja nyitva van. Papírok láthatók benne. A természetes reakció az, hogy kinyitjuk a fiókot, és megnézzük, mik azok a papírok. A csapda csak erre vár. Robbanás.

A tűzhelyen egy fazék van, a fedele nyitva. Nyilvánvalóan valami finomság van benne. De emelje fel a fedelet, és az evés vágya örökre a katona utolsó kívánsága marad. Egy akna lapul a fazékban, és várja az áldozatát.

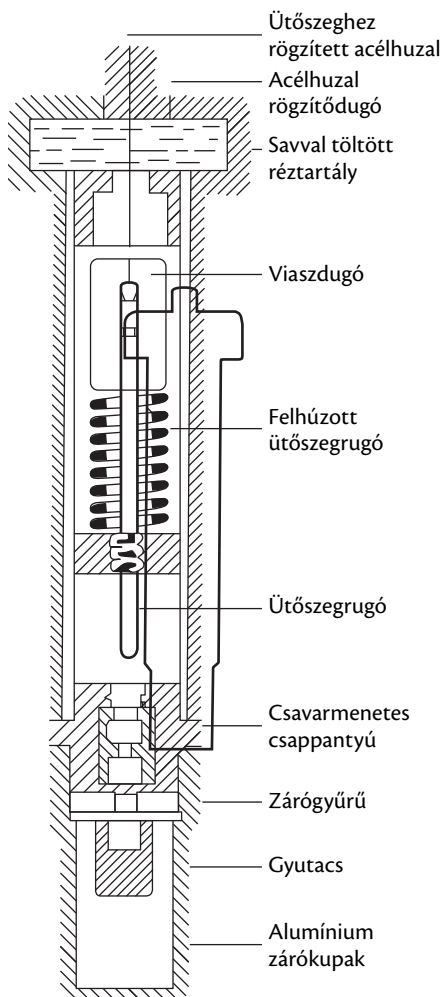
Tél van, a fűtetlen házban a kályha ajtaja nyitva, és látható benne a bekészített fa. Csak egy meggyújtott gyufát kell beledugni, és hamarosan meleg lesz. Olyan meleg, hogy a harcos soha többé nem fog fájni. A kályhában egy akna lapul, készen arra, hogy felrobbanjon, amint a tűz eléri a gyújtószerkezetét.

Egy felborult szék fekszik az ajtó mellett, elzárva az utat. De ha felemeled, vagy arrébb tolod, robbanás történik.

Meg kell jegyezni, hogy az ellenséges katona megsebesítése vagy megölése, bármilyen furcsának is tűnik, nem a gyalogsági aknák és csapdák fő célja. Ezek csak arra szolgálnak, hogy a katonák féljenek az aknáktól, hogy félelmet alakítsanak ki bennük az aknáktól. Pontosan ez a félelem oldja meg az aknák fő feladatát – megállítani az ellenséget, arra kényszeríteni, hogy felhagyjon bizonyos akciókkal, például a helyiségek, elhagyott járművek, felszerelések, és háztartási cikkek használatával.” [22. 60–61. o.]

Youngblood a PhD-értekezésében szintén foglalkozott ezzel a kérdéssel. „1918-ra a rögtönzött gyalogsági aknák és csapdák meglehetősen elterjedtek a nyugati fronton. A britek 1918 szeptemberében egy utasítást adtak ki a német csapdákról és aknákról. Ebben figyelmeztették a katonákat, hogy legyenek óvatosak, amikor a németek által nemrég elhagyott területekre lépnek. A tanácsadás különösen óva intett attól, hogy a katonák »vonzóan berendezett házakba lépjenek be, melyeket megkímélt a pusztítás«, valamint a háborús emléktárgyak felszedésétől és a drótkadályok, lőszeres ládák és szén mozgatásától, mivel ezek bármelyike robbanó csapdát rejtethet. A csapdák többféle típusba sorolhatók, beleértve a késleltetett eszközöket, amelyeknek napokig vagy hónapokig is eltarthat a felrobbanásuk, és a pillanat hatású gyújtószerkezeteket, amelyek egy kioldó nyomólapra, egy csapszeg eltávolítására vagy egy elektromos áramkör zárására támaszkodnak.” [23. 135–136. o.]

A németek által kifejlesztett, késleltetett működésű diverziós gyújtószerkezetekről viszonylag kevés információ maradt fenn (lásd 9. ábra). A *Magyar Nemzet*-ben 1940-ben jelent meg Lucien Zacharoff „This is War!” című, 1939-ben Amerikában kiadott könyvének ismertetése, melyből a szerző érdekességként a következőket idézi: „1918-ban, a fegyverszünet megkötése után a nyugati fronton hamarosan megindultak az eltakarítási és helyreállítási munkálatok s akkor sorozatosan fordultak elő a németek által elhagyott frontszakaszokon súlyos kimenetelű robbanások, melyek ellen a munkálatokat végző franciák tehetetlenek s védtelenek voltak. A németek, akiktől számonkérték, se tehettek semmit; kiderült azonban, hogy a visszavonuló német csapatok az elhagyott frontszakaszokon még a harcok idején aknákat raktak le, melyek időre voltak beállítva, hetekre, hónapokra előre: az aknán kalapács volt, melyet vékony drót tartott fölemelve, a drót pedig savval megtöltött tubuson húzódott keresztül. A sav lassan, de elkerülhetetlenül rágta a drótot, végül a drót elszakadt, a kalapács lehullt s az akna fölrobbant. A francia szappörök [utászok] sem tudtak tenni semmit: még hónapok múlva is történtek ilyfajta robbanások.” [24] Az eredeti könyv 80–81. oldalain valóban írt a szerző ezekről a franciák által „Mines of Delayed Action” elnevezésű szerkezetekről. [25] A gyújtó működéséről azonban Veremejev könyvében találjuk a megfejtést, ahol egy ábrát is közöl róla. Ezen az látható, hogy egy rugó ellenében felhúzott ütőszeget valóban egy fémszállal rögzítettek a gyújtóházhoz. Ez a drót egy savat tartalmazó réz tartályon vezetett át – amikor a sav elroncsolta a drótot, a rugó



9. ábra. Német késleltetett működésű diverziós gyújtó [19. 39. o.]

hatására az ütőszeg belecsapott a gyutacs előtt elhelyezett csappantyúba, indítva ez által a gyújtási láncot, melynek végeredményeként a gyutacs felrobbantotta a tetőszöleges tömegű robbanóanyag-töltetet. Veremejev idéz egy francia tisztet is, aki a következőkről számolt be: „1918 októberének végén szisztematikusan szembesültünk Le Havre és Roy környékén a késleltetett aknák okozta pusztítással. A német fél által a fegyverszünet után nekünk átadott nyilvántartás szerint,¹³ az aknák elhelyezése augusztus 15-én kezdődött, és a robbantások időzítési ideje négy hét volt.” [19. 39. o.]

A Youngblood által a meglepő aknára vonatkozó fent említett brit intelmek fontosságát bizonyítja, hogy a II. világháború alatt az amerikai hadsereg is fontosnak tartott 1944-ben kiadni egy hasonló anyagot, melyben karikatúrák segítségével hívta fel a figyelmet a robbanó csapdák jelentette veszélyre. [26]

Azt, hogy a mai napig fennálló problémáról van szó, a délszláv háború utáni IFOR/SFOR misszió egyik példája is igazolja. A Szarajevói Központi Parancsnokság egyik őrkatonája a fél éves szolgálati ideje utolsó napján elindult, hogy az őrhelyéről nap, mint nap látott egyik lerombolt épületből valamilyen emléktárgyat vigyen haza. A több éve ott lapuló meglepő akna robbanását nem élte túl...

MEGLEPŐ AKNÁK A II. VILÁGHÁBORÚBAN

A háború tapasztalatait feldolgozó kiadványsorozat 1942. december 31-én zárult és 1943-ban megjelentetett, *A K-i harctér terepviszonyai és az ellenség méltatása* című kiadványában ez olvasható (lásd 10. ábra):

¹³ A békekötés feltétele Woodrow Wilson amerikai elnök úgynevezett 14 pontjának az elfogadása volt. Ezek közül a 8. pont kimondta, hogy: „A német parancsnokság felelős azért, hogy a fegyverszünet aláírását követő negyvennyolc órán belül a német csapatok által kiürített területen lévő minden aknát vagy késleltetett működésű gyújtószerkezetet feltárjon, és közreműködjön azok felderítésében és megsemmisítésében. Ugyancsak köteles felfedni minden esetlegesen végrehajtott romboló intézkedést (mint például a források és kutak megmérgezése vagy szennyezése stb.). Mindezt büntetés terhe mellett.”



10. ábra. Amerikai kiadvány ábrái meglepő aknák veszélyeiről [26. 5. 13. o.]

„A bolsevista ellenség nem ismer nemzetközi jogot, genfi egyezményt, becsületes harcot. Nem kíméli saját lakosságát és katonáit sem, természetes tehát, hogy az elggel [ellenséggel] szemben mindent megengedhetőnek tart és gátlás nélkül alkalmaz is minden gázságot, így pl.: [...]

Visszavonulásukkor az általuk telepített aknamezőn német »Minenfrei« vagy magyar »Aknamentes«, »Aknák eltávolítva« stb. feliratú táblákat helyeznek el. Mikor csapataink gondtalanul rálépnek, az aknák robbannak. [...]

Elesett katonáink sírját aknákkal veszik körül, hogy ha visszavonulnak és a miénk ezt feltalálják, felrobbanjanak. Pénzdarabokra robbanó anyagot tesznek.

»Frissítő«, »Marchgetrank« feliratú fiolákat, kulacsokat helyeznek el visszavonulási vonaluk mentén, melyek nyitáskor robbannak.» [27. 27–28. o.]

A magyar hadvezetés felháborodása a robbanószerkezetek ilyen módon való alkalmazása kapcsán egyrészt érthető, és valóban nem állná ki a nemzetközi hadijog vonatkozó passzusainak betartására vonatkozó vizsgálatot. Ugyanakkor a szövetséges német hadsereg hasonló robbanószerkezetei ellen sehol sem olvashatunk hazai tiltakozó sorokat. Pedig egy német katonai szakfolyóirat 1939-es száma alapján, a *Magyar Katonai Szemlé*ben 1940-ben megjelent „Német nézet a műszaki záróharc harcászati alkalmazásáról” szóló cikkben ez olvasható: „Megállás után elsősorban az ellenség készenlétbe helyezését fogjuk megnehezíteni. [...] Fedett terepen ennek eszköze a műszaki zárás. Erre alkalmas nagy számban telepített kis akna, elrejtett robbanó töltet a műszaki felszerelésben levő gyújtóeszközök valamelyikével felszerelve (dörzsgyújtó, elektromosgyújtó stb.), botlódóróttal ellátott kis töltetek fűben és cserjésekben telepítve, ahol az ellenségnek át kell vonulnia. [...] A saját tűzfegyverek hatását községek is csökken-
tik. Ilyenekben különösen hálás szerephez jut az utász a záróharc eszközeivel. Ez elsősorban olyan községekre is vonatkozik, melyek az ellenség részére elhelyezési körletül alkalmasak. Ha az ellenség számos rejtett akna elhelyezése által már annyira megrendült, hogy minden ajtó mögött, vagy látszólag szanaszét heverő tárgyban aknát sejt, inkább kivonul a községből és szabadban fog táborozni. Hogy ez a csapat harcértékét

menyire csökkenti, különösen kedvezőtlen időjárásnál, azt külön említeni nem szükséges.” [28. 463. o.]

Hogy a meglepő aknák valóban használt harceszközök voltak a német haderőben is, arról az 1943-ban kiadott *Booby Traps* (meglepő aknák vagy aknacsapdák) című, a brit Gyalogsági Iskolák részére készült kiképzési segédkönyv VI. fejezetében ezt írták:

„a.) A németek először az első világháború utolsó napjaiban alkalmazták széles körben az aknacsapdákat. Amikor hátrébb vonulva elhagyták a szállásukat és más létesítményeiket, ártatlannak tűnő porosz gárdistasisakokra, Luger-pisztolyokra, bármi másra, ami a szuvenír vadászok figyelmét felkelthette, rögzített robbanószerkezeteket hagytak hátra. Amikor ezeket a tárgyakat megérintették vagy megmozdították, a kézigránát vagy az akna robbant fel.

b.) Az aknacsapdákat és a gyalogság elleni aknákat a németek már a jelenlegi világháború kezdete óta szisztematikusan fejlesztették és alkalmazták. Az 1939-es és 1940-es években a kiküldött francia járőrök egy része nem tért vissza. Több őrjáratot megsemmisítettek, mire kiderült, hogy a németek vékony drótokat fűztek gyalogösvényekre. A drótok meghúzásakor aknák és meglepő aknák robbantak fel. Ezután a francia őrjáratok szarvasmarhákat és disznókat hajtottak maguk előtt. Szintén a francia harctereken fedeztek fel töltőtollakat, amelyeket, ha felvettek, azok a közelben elhelyezett erős aknákat robbantották fel.

c.) A különböző frontokról továbbra is érkeznek jelentések zseniális német aknacsapdákról. Egy német repülőgép, amely nemrégiben Máltán szállt le, új típusú rádióval rendelkezett. Amikor a britek megpróbálták eltávolítani a rádiót, robbanás következett be, amelyben öt ember meghalt. Hasonló eredményeket tapasztaltak más német repülőgépek rádióinak eltávolításával kapcsolatban is. Egy sötétbarna német síp testében egy kis töltetet találtak. A síp megfújásakor a síp rezgő golyója egy gyújtószerkezetet indítva okozott robbanást.

d.) Észak-Afrikában, a sivatagban függőlegesen álló termoszos palackokat találtak, amelyeket látszólag az olaszok hagytak ott visszavonuláskor; a palack ártalmatlan volt, de amikor megdöntötték, a benne lévő higanycsepp érintkezett egy töltet robbanó elemeivel, és robbanás következett be. Ez a szerkezet a 4 A. R. (termosz) bombaként ismert. [...] Egy algériai légitámadás során a németek töltőtollakra, órákra, karórákra és zsebtárcákra emlékeztető »bombákat« dobtak le, amelyek felemelkedkor felrobbantak. Az egyik esetben az egyik bomba két embert ölt meg, az egyiket kilenc méterrel arrébb. Úgy vélik, hogy ezek a bombák röviddel a földbe csapódás után élesednek és érzékennyé válnak egy nagyon kis helyváltoztatásra. Ezt egy speciális gyújtószerkezet segítségével érhetik el, amely általánosságban hasonló az olasz Thermos-bombákhoz.

e.) A líbiai hadjárat során a németek a csapdák elhelyezését az állások feladása előtt végrehajtandó műveletek rutinszerű részének tekintették. Részletes utasításokat adtak ki a Tellermine és a rögtönzött aknák elhelyezésére vonatkozóan, amelyek gyakorlati javaslatokat tartalmaztak a csapdák elhelyezésére. Sok esetben szándékosan érintetlenül hagyták a kutakat és a ciszternákat, de a csapdákat úgy készítették elő, hogy a ciszterna fedelének eltávolításakor vagy a kút használatakor, a csapdák működésbe lépjenek. A németek által kiürített épületek tele voltak csapdákkal, amelyek általában egy Tellermine-ből álltak, amelyet egy húzása

működő gyújtószerkezettel közvetlenül az ajtóra vagy az ajtón átvezető drótra kötöttek. Néhány esetben kézigránátot rögzítettek az ajtó belsejébe, ami azt jelezte, hogy a csapdát felállító ember azután az ablakon keresztül távozott.” [29. 30–31. o.]

Ugyanígy „megemlékeznek” a német meglepő aknákról az 1943-as amerikai *Training Bulletin No. GT-16 – Booby Traps* [29] a *TM 5-325. Technical Manual – Enemy Land Mines and Booby Traps* [30] és az *FM 5-31. Land Mines and Booby Traps* [31] kiadványok, továbbá a brit *Mines and Booby Traps – Military Training Pamphlet No. 40* [32].

Azt csak mellékesen jegyezzük meg, hogy a Szövetséges csapatok által használt kiképzési segédkönyv a saját csapatok által készítendő meglepő aknákra is oktatta a katonákat, a rendszeresített brit és amerikai, továbbá a saját készítésű gyújtószerkezetekkel.

Végezetül – szintén a német hadsereg meglepő aknáinál maradva – idézzük egy részt Daniel Butlernek, *A tábornagy – Erwin Rommel élete és halála* című könyvéből, az észak-afrikai hadszíntéren alkalmazott ilyen robbanószerkezetekről. 1942 végén, a Montgomery vezette 8. hadsereg szenvedte meg a visszavonuló Afrika-Korps által telepített meglepő aknák előrenyomulást lassító hatását. Butler így ír erről: ez „az észak-afrikai hadművelet egyik meg nem énekelt zsenijének, Karl Bülowius vezérőrnagynak az érdeme. A porosz származású Bülowius 35 éve szolgált a hadseregben, mindvégig műszaki alakulatoknál, és 1942. október végén vette át az Afrika-Korps utászszázlójainak vezetését. Mikor Montgomery a Supercharge során végül áttörte a tengelyhatalmak vonalát El-Alameinnél, Rommel Bülowiust bízta meg, hogy amennyire lehet, lassítsa le a britek előrenyomulását. Bülowius ördögi leleményességgel aknamező-utánpótlókat telepített, amelyeket ugyanolyan műgonddal és elővigyázatossággal kellett felszámolni, mint az igaziakat, mivel a másolatok között elszórtan valódi aknákat is elhelyezett.

Valahányszor az Afrika-Korps megállt – ha csak egyetlen napra is –, Bülowius utászai csapdákat és rejtett robbanószerkezeteket telepítettek az üldöző angolok feltartóztatására. Egy ferdén lógó kép, egy félig nyitva álló ajtó, egy őszibarackkonzerv a polcon, egy rozoga, mégis hívogató lóca, egy eldobott pisztoly, egy elhajított tábori sapka, egy lefelé fordított nyitott könyv mind-mind egy kioldószerkezet lehetett kisebb robbanóeszközökhöz, melyek megölhették vagy megsebesíthették azokat, akik elég vigyázatlanok voltak, hogy hozzájuk érjenek.

Baljós híruk ellenére a rejtett robbanószerkezeteknek nem az volt a feladatuk, hogy minél több halálesetet vagy sérülést okozzanak, hanem, hogy késleltessék az ellenség haladását azzal, hogy fokozott nyugtalanságot és óvatosságot ébresztenek a katonáikban, ami lassúságot, sőt csigalassúságot eredményezett; e csapdákat a felelőtlenül könnyelmű katonáknak szánták. Az első ilyen rejtett robbanószerkezet megtalálása (akár felrobbant, akár időben észrevették) azonnal aggodalmat és elővigyázatosságot keltett, ami szinte teljesen megbénította a közelben lévőket: nem tudván, vannak-e más hasonló szerkezetek, és ha igen, hol, a gyalogsegerségnek rendkívül óvatosan – és ennek megfelelő lassúsággal – kellett áthaladnia az adott helyen, mivel minden lépés halálos lehetett. E módszerrel Bülowius sokszor napokat nyert az Afrika páncélos-hadsereg számára. A 8. hadsereg viszonylagos lassúsága nem teljesen Montgomery ötlettelenségének a számlájára írható, nagyrészt a közkatonák jogos óvatosságának lehetett betudni. Bülowius pusztítói tehetősége jóvoltából Rommel rendezetten vonulhatott vissza Buerathoz.” [31. 376. o.]

A korabeli hazai katonai szakfolyóiratokban még egy cikk foglalkozik az orosz meglepő aknákkal, melyet egy, a fronton ténylegesen szolgáló tiszt írt 1943-ban. Takách Gyula, „Szojjet háborús trükkök” című közleményéből idézzük az alábbiakat.

„Akármennyi hibát követett is el a Szojjet felső- és középső vezetése, egyet el kell ismerni: az erkölcstelen hadviselésének és az erősen érvényesülő züllesztő vezetésnek megfelelően rengeteg olyan furfangos eszközt, fogást alkalmazott, melyekre a mi becsületes magyar észjárásunkkal először nem is gondoltunk. Mikor századom 1941-ben gépkocsiszállítással átlépte a Dnyepert, kezdtem feljegyezni ezeket és most, amikor – remélem – újabb meglepetések már nem érhetnek, közreadom a »gyűjteményt«. [...] Ez évre esik a faaknák alkalmazása is. Ezekkel az igen szellemes, de kezdetlegesen telepített és alkalmazott aknákkal való találkozás is a mi javunkra dőlt el. [...]

Úgy látszik az 1941. év telét a szovjet bazárárugyártói is kihasználták, mert az 1942. év nyarán egész áruraktár várt már ránk, melytől tervezői nagyon sokat várhattak, különben nem pocsékolnak volna rá annyi anyagot és fáradságot. [...] Magyar kézigránát – persze szovjet gyártmány – ládákban, rakásokban hatarahagyva. A szállítási biztosíték kihúzásakor kézben robban. Magyar puskatöltény utánzat, elsütésekor széjjelrobbantja a töltényűrt. Különben az 1941. évi nagy orosz visszavonulás zsákmányában láttam automatapuskát, melynek töltényűre át volt fúrva és rászelve a sértetlen ágy. Elsütésekor a gyanútlanul célzó kezét széjjel roncsolta volna. Sebktőző csomag, felbontásakor robban. Doboz, – ráírva legtöbbször németül – legyen és tetvek ellen: a felbontónak szétroncsolja a kezét. Töltőtoll, írón, óra, ha hozzányúlunk, a benne lévő gyutacs többé-kevésbé súlyos sebet ejt. Különösen célszerű volt óvakodni elhagyott, nyilvánvalóan katonai felszerelést tartalmazó ládák felbontásától. Szerepeltek még ritkábban robbanó balaljka és telefonkagyló is.

Különösen furfangos eszközökkel élt a szovjetkatoná az aknaharcban, mint utásznak módomból volt ezzel bővebben megismerkedni. Ők botlódrótos aknáikat gyakran távbeszélő kábellel telepítették. Saját járőr, vezetékek híve azt, nem óvakodott tőle, sőt el is próbálta vágni, így kiváltotta a robbanást. Különösen igyekezett saját aknáinkat felszedve máshová telepíteni. Táblákat helyezett el megtévesztő magyar, illetve német felírásokkal, melyek aknás területre igyekeztek csalni a gyanútlan honvédet. Egész elhihető felírások is szerepeltek a sok rossz mellett. Például: aknamentes ösvény a felszedett aknák a horhosban gyűjtve. Persze az ösvény volt legjobban megrakva aknákkal. Ha az orosz beásás nélkül rakta le jellegzetes zöldre festett dobozokait, akkor sosem volt szabad elővigyázat nélkül a felszedéséhez hozzáfogni. Ugyanis a nyíltan lerakott akna elé gondosan rejtve egy beásott volt legtöbbször telepítve. Ha az utász örömmel nyúl, hogy az általa jól ismert orosz aknát felszedje, előrelépéskor rálép a beásott aknára. [...]

Elhagyott orosz óvóhelyen, nem volt célszerű vigyázatlanul felszereléshez, fegyverhez nyúlni, mindez aknát hozhatott működésbe. A Don mellett láttam először gyakorlatban az aknazár felderítést és felszedést állatokkal. Éjjel a saját figyelő visszafelé evező csónakot vesz észre a hirtelen felbukkanó holdfényben. Mit tehetett partra? Világító töltények felfedeznek egy pár kecskét. Nem indultak, mint az

orosz tervezte hegynek föl aknazárunk felé, erre a túlpartról aknavetőtűzzel próbálták terelni őket. Végül a kecskék a kétoldali tűzből egy horhosba menekültek, a század másnapi kosztját feljavítva. Sokkal eredményesebb volt tehenek elindítása vonalunk felé. Sok aknát nem robbantottak fel ugyan, de az aknazár jelenlétét jelezték és kimúlásuk után a nyári melegben hetekre megmérgezték a levegőt. [...]

Ha ezeket a furfangokat átgondoljuk, nyilvánvalóvá válik a tény; nem szabad ilyen dolgokra oly nagy súlyt helyezni és egyetemlegesen alkalmazni, mint a szovjet vezetés tette. Ezek a trükkök egy-egy agyafúrt járőrtől alkalmazva hatásosak lehetnek, de csak egyszer. Az első alkalmazás után ugyanis a vezetésünk rögtön megtalálta a módját, hogy az új ötletre felhívja a figyelmünket és így a következő alkalmazást hatástalanná tegye. Bazárárunkkal, tipikusan ravasz ötletekkel nem lehet tartós és komoly eredményt elérni.” [32. 58–60. o.]

Amikor a szovjet meglepő aknákról, aknacsapdákról olvasunk, akkor azt is tudnunk kell, hogy ezek készítésére központi kiképzéseket is tartottak a Vörös Hadseregben, és ennek talán legkimagaslóbb alakja Ilja Sztarinov volt.¹⁴ Egy munkásságát összefoglaló anyagban az alábbi összefoglalót írták róla:

- Kifejlesztette az első rádióvezérlésű robbanószerkezetet és támogatta annak operatív felhasználását.
- Felügyelte a történelem legintenzívebb meglepőakna-harcait, és ezeken keresztül befolyásolta a II. világháború és a forradalmi felkelések menetét világszerte.
- Kidolgozta a szovjet „Szpecnaz” koncepciót.
- Legalább három háborúban harcolt, kifejlesztette a modern partizántechnikákat, és – nyíltan és titokban – tanácsokat adott a Szovjetunióknak és a szövetségeseinek ezekben a témakörökben évtizedeken át.
- Személyesen hajtott végre tucatnyi támadást, személyesen épített több száz meglepő aknát, és több tízezer másikat tervezett.
- Emberek ezreit képezte ki a meglepő aknák használatára, olyan technikai képességeket fejlesztett ki, amelyek korábban nem léteztek, és olyan műveleti koncepciókat tervezett, amelyek a lehető legjobban kihasználják az alkalmazásuk által nyújtott lehetőségeket. [33]

Meglepő aknák a II. világháború után

A II. világháború befejezése után a Szovjetunió érdekeltségi zónájába került Magyarország haderejének most már a nyugati országok hadseregei jelentették az ellenséget. Ezek a hadseregek pedig talán még felkészültebbek voltak – többek között – a meglepő aknák alkalmazására is, gyári gyújtókészülékekkel és megfelelő szabályzatokkal támogatva a katonák ez irányú kiképzését. Ahogy a következőkben látni fogjuk, az ezekben a szabályzatokban leírtak így-úgy megjelentek a saját műszaki szabályzatainkban és a vizsgált időszakban a témában közreadott öt szakcikkben is.

¹⁴ Илья Григорьевич Старинов (1900–2000).

Meglepő aknák a nyugati haderőkben

Elsőként vizsgáljuk meg, milyen speciális gyári gyújtószerkezetek és kiképzési segédletek segítették a brit és az amerikai hadsereg „booby trap” telepítő katonáit ebben az időszakban.

A II. világháború alatt mind az amerikai, mind pedig a brit hadsereg jelentetett meg meglepő aknákkal foglalkozó szabályzatokat, melyeket aztán a háború befejezése után továbbiak követtek.

Az Amerikai Egyesült Államokban kiadott ilyen szakanyagok közül említünk néhányat:

- *FM 5-31. Boobytraps* – 1965. [36]
- *Manual of Mines and Booby Traps of the Far East*. 1967. Az 1949-ben kiadott francia „Manuel des Mines et Pièges d’ Extrême-Orient” fordítása az amerikai fegyveres erők részére. [37]
- *TM 31-210. Improvised Munitions Handbook* – 1969. [38]
- *FM 20-32. Mine/Countermine Operations* – 1992. [39]¹⁵

Nagy Britanniában is szolgálták megfelelő kiadványok a meglepő aknák alkalmazásával és felderítésével kapcsolatos képzést:

- *Field Engineering and Mine Warfare, Pamphlet No. 7 – Booby Traps* – 1952. [40]
- *Field Engineering and Mine Warfare, Pamphlet No. 4 – Mines – Individual mechanism* – 1961. [41]
- *Military Engineering. Volume II. Field Engineering. Pamphlet No 5. – Minelaying* – 1982. [42]

Ugyancsak a világháború alatt jelentek meg azok a rendszerezett mechanikus gyújtószerkezetek, melyeket a meglepő aknák készítéséhez alkalmaztak, és legtöbbjüket alkalmaznak még ma is:

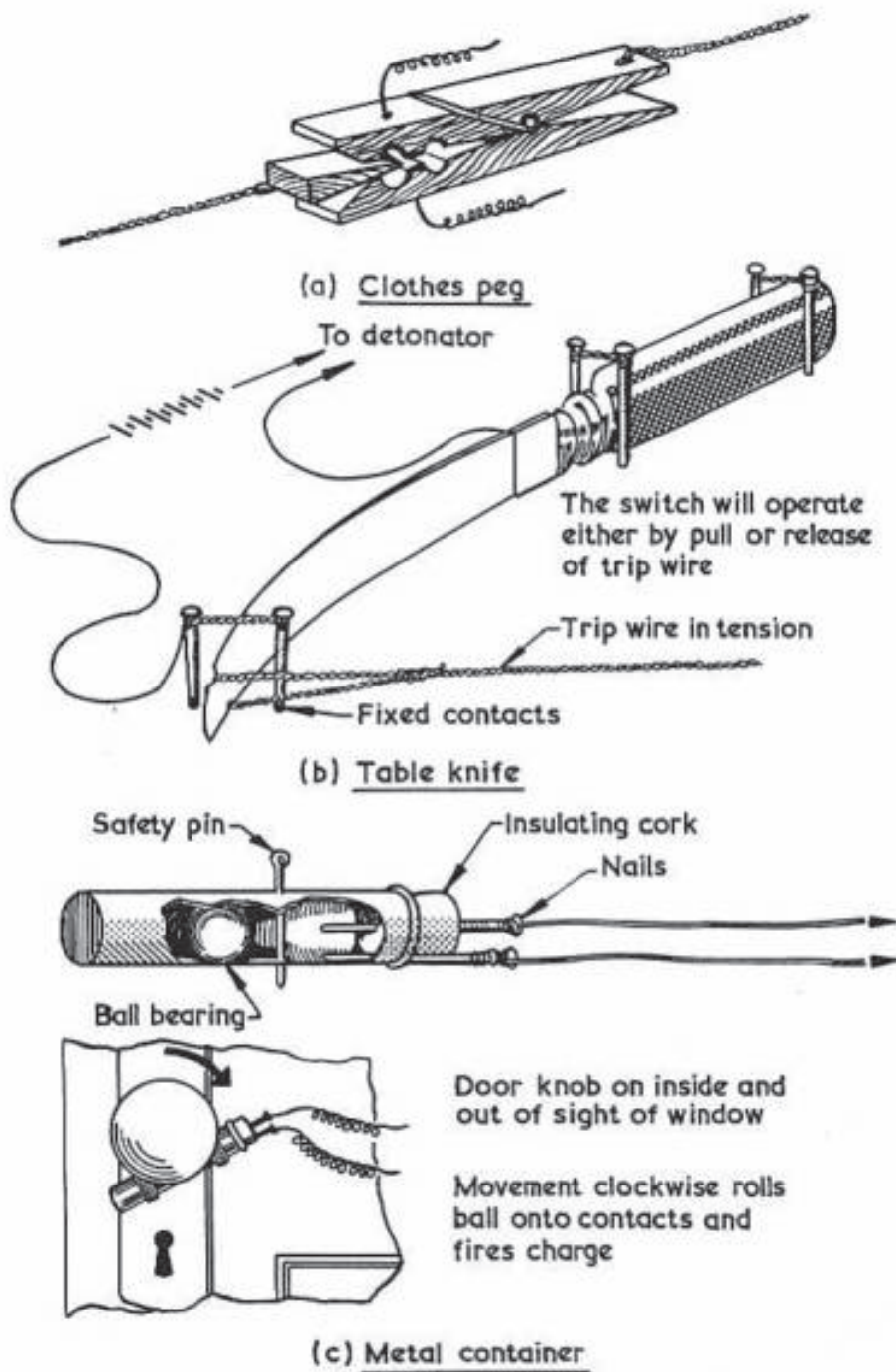
- az amerikai M1 húzásra, nyomásra és teherelvételre, és az M5 teherelvételre működő gyújtók;
- az angol No1 húzásra, No2 nyomásra, No3 teherelvételre, No4 húzásra, No5 nyomásra (döntőpálcás vasúti) és No6 teherelvételre működő gyújtók.

A katonai szakutasítások útmutatással szolgáltak a saját készítésű, főleg áramkörzáró elvén működő gyújtószerkezetekről is, melyek a látszólag veszélytelen eszközben, berendezésben lévő töltet villamos gyutacsát indították (lásd 11. ábra). Átnézve a fenti szabályzatokat azt látjuk, hogy pl. a brit haderőben – többek között – ugyanazokat a „gyújtókat” mutatja be az 1982-es kiadványuk, amelyeket már az 1943-as, majd az 1952-es elődeiben is láthattunk.

Az amerikai és a brit katonai szabályzatok nemcsak a meglepő aknák, mint robbanószerkezetek, de a házi készítésű robbanóanyagokról is bőséges ismeretek nyújtottak. A továbbiakban ezekből mutatunk be néhányat.

Az 1967-es amerikai *FM 5-25 Explosives and demolitions* [43] című robbantási szabályzat F-melléklet „Special demolition materials and techniques”, „Expedient demolitions”

¹⁵ Folyamatosan jelentek meg újabb – módosított – kiadásai pl.: 1998; 1999; 2001; 2002.



11. ábra. Saját készítésű áramkörzárók meglepő aknákhhoz egy brit szabályzatban
[42. Fig. 8/7. 8–14. o.]

című II. fejezetében bemutatja a saját készítésű ammóniumnitrát + dízelolaj robbanóanyagot (ANDO). [43. 172–175. o.] A „Commodities useful for making improvised explosive” című III. fejezetben a házi készítésű robbanóanyagok, szabadon beszerezhető alkotóelemeit találjuk [43. 175–176. o.]. Az 1992-ben megjelent FM 5–250 *Robbantási szabályzat* annyiban tér el elődjétől, hogy a D-mellékletben foglalkozik a fenti anyag, II. fejezetében bemutatott ANDO robbanóanyaggal. [44]. A robbanóanyag-gyártás alapanyagai már kimaradtak belőle.

Az 1965-ös FM 31–20 *Specials Forces Operational Techniques* című szabályzat „Demolitions and engineering” című 11. fejezetének, I. „Unkonventional Warfare” részében útmutatást kap az olvasó arról, hogyan készíthetők az alábbiak:

- ANDO robbanóanyag műtrágyából, valamint olajból, benzinből, kerozinből vagy dízel olajból; [45. 294–295. o.]
- különböző háztartási vegyszerekből, konyhai anyagokból előállítható gyújtószerkezetek (a 309. oldal táblázatában megadja az anyagok vegyjelét és a beszerezhetőségét). [45. 303–309. o.]

A fentebb már említett 1969-es TM 31–210 *Improvised Munitions Handbook* című szabályzatban 273 oldalon keresztül ismertetik részletesen és szemléletesen különböző robbanóanyagok és gyújtószerkezetek házi körülmények közötti előállítását.

Az Egyesült Királyság 1988-ban kiadott műszaki szakutasítása *Robbantás* kötetének O melléklete szintén mintegy három és fél oldalon keresztül, nagy pontossággal bemutatja az ANFO jellemzőit, előállítását. Azt is kiemeli, hogy a mezőgazdasági műtrágya nem alkalmas robbanóanyag-gyártásra, mivel egyéb összetevői olyan reakciót idéznek elő, amely veszélyessé teheti a folyamatot (ezért tiszta ammónium-nitrát prillt kell használni). [46]

A „másik oldalt” nézve azt látjuk, hogy úgy az amerikai, mint a brit haderőben a várható ellenség által alkalmazható ilyen jellegű robbanószerkezetekről is készültek további speciális kiadványok. A szovjet és vele szövetséges csapatok vonatkozásában pl. a következők:

- TM 5–223A. *Soviet Mine Warfare Equipment* 1953. [47];
- TM 5–280. *Foreign Mine Warfare Equipment* 1963. [48]¹⁶

A vietnami háború megkezdését követően arra a hadszíntérre vonatkozó szakutasítások is készültek:

- TC 5–31 *Viet Cong Boobytraps, Mines and Mine Warfare Techniques* 1967. [49]¹⁷

A városharc megvívásával kapcsolatban az amerikai szárazföldi csapatok részére ugyanúgy, mint a tengerészgyalogságnak készült szabályzat, de az ausztrál hadsereg is fontosnak tartotta hasonló anyag kiadását. Ezekben természetesen szintén szerepeltek az aknacsapdák alkalmazásával, illetve azok hatástalanításával kapcsolatos feladatok is:

- FM 90–10 *Military Operations on Urbanized Terrain (MOUT)* 1979. [50]
- MCWP 3–35.3. *Military Operation on Urbanized Terrain* 1998. [51]
- LWP-G 3–9–6 (Land Warfare Procedures – General) *Operatinos in Urban Environments*. Australian Army, 2008. [52]

¹⁶ 1971-ben egy frissítet kiadása is megjelent.

¹⁷ 1969-ben egy frissítet kiadása is megjelent.

Az FM 90–10 többek között külön mellékletet szentelt (D) az akadályok és aknák alkalmazására. Az 1998-as *tengerészgyalogos szabályzat* az F-mellékletben ír az ellenség mozgását akadályozó zákról, ezen belül a meglepő aknákról. Az ellenség által készített aknacsapdáról ezt olvashatjuk:

„Az épületekben sok olyan terület és tárgy van, amelyek potenciális helyei lehetnek a meglepő aknáknak: például ajtók, ablakok, telefonok, lépcsők, könyvek, étkezdék, és így tovább.

Az épületben való mozgás közben a tengerészgyalogosok nem vehetnek fel semmit – élelmiszert, értéktárgyakat, ellenséges fegyvereket vagy más tárgyakat. Ezek olyan gyújtószerkezetekkel lehetnek felszerelve, amelyek felrobbannak, amikor megmozdítják őket. A tengerészgyalogosoknak olyan táv- és térközzel kell mozogniuk az építményben, hogy egy esetleges robbanócsapda robbanása a lehető legkisebb veszteséget okozza. Az aknák és a robbanócsapdák számos különböző típusával találkozhatnak a harcok során a beépített területeken (egy ábrán négy különböző típust mutat be).

A legtöbb robbanócsapdát a robbanószerkezetek mentesítésével foglalkozó szaklegységeknek kell semlegesítenie. Ha tűzszerész alegységek nem állnak rendelkezésre, a csapdákat a helyükön is fel lehet robbantani. Ez alatt a katonákat megfelelő fedezékkel kell védeni. Ha a robbanócsapda egy épületben van, a robbantás előtt el kell hagyni azt. A veszélyes területet rendszeresített jelzőszalaggal kell körbe keríteni, ha ez nem áll rendelkezésre, ágyneműből tépett csíkok is használhatók. Ha lehetséges, a harcoló katonákat egy, a mentesítésben résztvevő szakembernek kell átvezetnie a csapdák teli területeken. A hadifoglyok és a civilek jó információforrást jelenthetnek arról, hogy az ellenség hol és hogyan alkalmazta a robbanócsapdákat.” [50. F melléklet]

Arról pedig, hogy a volt szovjet, majd orosz hadsereg meglepő aknákkal kapcsolatos kiképzésének hiányosságai mit eredményeztek, a szabályzat J mellékletében írtak, melyben a csecsenföldi 1994–1996 közötti háború katonai tapasztalatait összegezték. Csak néhány, ezzel kapcsolatos mondatot idézünk. „A városi harcokról szóló számos történelmi tanulmány elavult. Ez elsősorban a technológiai fejlődés katonai képességeire és a taktikákra gyakorolt hatásának köszönhető. A városi harc bizonyos alapelvei azonban állandóak maradtak. A Csecsen Köztársaságba történő orosz beavatkozás során, a Groznij városáért vívott harcok fontos példáját szolgáltatják a nagyszabású városi hadműveleteknek. A grozniji harcok egy nagy, technológiailag kifinomult katonai erő (az oroszok) és egy kis létszámú, viszonylag egyszerű irreguláris erő (csecsenek) között folytak, az utóbbi győzelmével. Groznij számos új ismerettel szolgál, és megerősíti a városi hadviselés régóta ismert alapelveit, a modern városi hadviseléshez kapcsolódó tevékenységek egész sorát. [...] A tipikus orosz katonai egységek szervezete, amelyek a nyílt terekre és a gépesített műveletekre kerültek kialakításra, alkalmatlannak bizonyultak a városi harcokhoz. Végül kénytelenek voltak speciális rohamcsapatokat kialakítani, amelyek – többek között – lényegesen nagyobb tűzerővel és műszaki képességekkel rendelkeztek. [...] A »baráti tűz« komoly és folyamatos problémát jelentett a hadjárat során. A rosszul kiképzett orosz egységek, akik zavaros és bizonytalan városi környezetben tevékenykedtek, gyakran nem tudták megkülönböztetni a barátot az ellenségtől, és hiányzott a minőségi

vezetés és az egységek közötti koordináció. [...] A csecsenek széles körben és hatékonyan alkalmazták a meglepő aknákat, mindent aláaknáztak. Jól ismerték az átlagos orosz katonák kiképzettségét, felkészültségét, és ennek megfelelően rejtették el az aknacsapdákat. Az oroszoknak ezzel szemben gondot jelentett saját csapataik meglepő aknák elleni harcra történő felkészítése.” [50. J melléklet]

Meglepő aknákat a magyar haderőben

Magyarországon ugyanebben az időben – meglepő módon – mintha elfelejtkeztek volna az aknacsapdákról. Pedig a Vörös Hadsereg, mint ahogy erről a világháború alatt megjelent tájékoztatókból, és a hadszíntéren harcoló műszaki tisztek katonai folyóiratokban megjelent cikkeiből is értesülhettünk, széles körben alkalmazta az aknaharc e speciális formáját.

A mai napig az 1953-ban megjelent (akkor titkos minősítésű) *Robbantások* című az egyetlen kiadvány, amely helyszínen előállítható robbanóanyagokkal és saját készítésű gyújtóanyaggal foglalkozott. Ebben háromféle robbanóanyag keverék készítésének „receptjét” közli:

- a gyutaccsal is felrobbantható, „bertolet-sónak”¹⁸ nevezett kálium-klorát¹⁹ és valamilyen éghető anyag keveréke – ez utóbbit tovább osztja úgy, mint:
 - híg „égőanyagok”: benzin, petróleum, benzol, terpentín;
 - sűrű „égőanyagok”: nyersolaj, kenőolaj;
 - plasztikus „égőanyagok”: parafin, kátrány, szurok (ez utóbbi megolvasztva);
- a „dinamonnak” nevezett, 90% mezőgazdasági „ammonsalétrom” műtrágya (ammónium-nitrát²⁰) és 10% fűrészpor keveréke;
- a tiszta ammonsalétrom, mely viszont a könyv szerint csak 5 tömeg% trotil indítótöltettel robbantható fel.

Ugyanebben a könyvben ismerteti „időzített (késleltető) gyújtóelegyek” készítését, melyhez a benzin, petróleum, alkohol mellett, többek között „bármilyen gyógyszerárban kapható kálium-manganátot”,²¹ sósavat, glicerint, kálium-klorátot és porcukrot, de termit készítéshez vasoxid és kálium-klorát keveréket is alkalmaz. [53. 12-14. o.]

1945 és 1990 között hazai katonai szakfolyóirataiban összesen öt publikáció foglalkozott a meglepő aknákkal. Ugyanakkor a későbbiekben már egyetlen közleményt sem találunk ebben a témában.

Sárközi István és Harmat Ferenc 1958-ban a *Honvédségi Szemlében* jelentett meg egy cikket a meglepő aknákról. Ennek bevezetőjében az alábbiakat írták.

„A második világháború tapasztalatai azt mutatják, hogy a Szovjet Hadsereg műszaki csapatai és főként a partizán csoportok igen hatékonyan alkalmazták a meglepő aknákat (aknacsapdákat) a fasiszta megszállók ellen. Meg kell azonban jelezni, hogy a Szovjet Hadseregen kívül a fasiszta hadseregek is alkalmazták és a

¹⁸ Claude Louis Berthollet francia kémikus 1786-ban fedezte fel a róla elnevezett szert.

¹⁹ KClO₃, erős oxidálószer.

²⁰ NH₄NO₃.

²¹ KMnO₄ – kálium-permanganát, hipermangán.

jelenlegi kiképzésükben is szerepel a meglepő aknákkal (aknacsapdák) való kiképzés. Ha tanulmányozzuk az USA hadseregben a meglepő akna (akna csapdák) alkalmazásával kapcsolatosan elfogadott elveket, akkor azokból következtetéseket vonhatunk le a NATO kötelékébe tartozó többi hadseregben alkalmazott elvekről is, mert a NATO kötelékébe tartozó kapitalista országok hadseregeiben általában az USA hadsereg hadműveleti és harcászati elveit követik. Az egyes kérdések gyakorlati kivitelezésében azonban lehetnek és lesznek is eltérések. Ez jelen esetben a meglepő akna telepítésének módszereiben biztosan fent fog állni. Ezen lehetőségek figyelembevételére, valamint a különböző telepítési módra, illetve ebből eredően az elhárítási módok helyes megválasztására is ki kell képezni a katonáinkat. [...]

A meglepő akna telepítésénél harcászati szempontokat nem vesznek figyelembe, csupán arra töreksenek, hogy sebesüléseket okozzanak és az ellenség erkölcsi erejét rombolják. A meglepő akna (aknacsapdák) alkalmazhatók:

- hátramozgások alkalmával, terület feladásakor,
- járőrözések alkalmával, ha az ellenséges terület mélységébe behatolnak saját járőreink,
- aknamezőkben, az aknamentesítés megnehezítése céljából.

Az USA szabályzat szerint a meglepő akna hatását főként az határozza meg, hogy milyen leleményesen telepítették azokat.” [54. 46. o.]

Ezt követően ábrákkal szemléltetve mutatják be a nyomásra, húzásra és teherelvételre működő mechanikus gyújtószerkezetű, majd az elektromos gyújtású aknacsapdákat.

A cikk további részében az aknacsapdák felderítéséről és hatástalanításáról írtak a szerzők, majd a hazai műszaki katonák, meglepő akna telepítésére történő felkészítésének fontosságát hangsúlyozták.

„Műszaki katonáinkat nemcsak a telepített meglepő akna (aknacsapdák) felderítésére és hatástalanítására, hanem ezek létesítésére is meg kell tanítani. Az Aknazárak c. szabályzatunk lerögzíti, hogy meglepő aknákat a következő célokból telepíthetünk:

- Hogy megakadályozzuk velük más akna, pl. időzített akna, harckocsiakna felszedését;
- hogy az ellenség ne használhassa zavartalanul az elhagyott épületeket, védelmi építményeket vagy hátrahagyott gépeket, fegyverzetet és gazdasági felszereléseket stb.

Műszaki katonáinkat a felsorolt feladatok végrehajtására a jelenleg meglévő kiképzési eszközökkel kell megtanítani. A rövid idő alatt legyártható és kevés anyagi befektetést igénylő eszközöket meg kell tervezni és le kell gyártatni, pl. teher elvételre működő gyújtó készüléket stb.” [54. 51. o.]

A példaként bemutatott aknacsapdák azonban a harcjármű elleni akna felszedés elleni biztosításán kívül egyrészt kivitelezhetetlenek voltak, mert a közölt időzítő szerkezettel nem rendelkezett a Magyar Néphadsereg, másrészt az angol-amerikai szabályzatokból vett mintaábrákra utalt, csak ehhez a saját gyújtószerkezeteinket ajánlja. Az orosz

MV-5-ös nyomásra működő golyós biztosítású gyújtó és a húzásra (speciális kiegészítővel nyomásra) is működő MUV-gyújtó alkalmazásánál arra viszont nem tért ki, hogy ezek segítségével hogyan telepíthető biztonságosan egy meglepő akna? Ezek ugyanis elsősorban harcjármű és gyalogság elleni aknák gyújtóinak készültek, de az aknák szabályzatban rögzített, és a saját „alkotású” – valamilyen használati tárgy „működtetéséhez” kötött – meglepő aknák élesítése között nagy eltérés van. A hivatkozott nyugati szakirodalmak ezt mind egyik gyújtónál megtették.

A *Honvédségi Szemle* az „Idegen Hadseregekről” rovatában egy szerző nélküli cikket közölt 1970-ben, „A potenciális ellenség aknacsapdái címmel”. A közleményben foglaltak az 1965-ben kiadott amerikai FM 5-31. Boobytraps szabályzat alapján készültek, az ábrák is innen kerültek felhasználásra. A bevezető részben az aknacsapdák rendeltetéséről, alkalmazásuk elveiről olvashatunk.

„Az aknacsapda olyan »aknasított« tárgy, amely a figyelmet magára vonja és a rendszeresített aknáktól eltérően a robbanás az akna helyzetének megváltoztatásakor, áthelyezésekor, érintésre, esetleg súlycsökkenéskor (a felette levő súly elmozdításával) következik be. Az aknacsapdákat rendszeresített vagy a helyszínen talált, esetleg a kereskedelemben is megvásárolható szükséganyagokból készíthetik.

A rendszeresített anyagokból készített aknacsapdákat többnyire az ellenség reguláris csapatai alkalmazzák. »Meglepő aknáknak« is nevezik. Ilyen célokra a hadseregekben rendszeresített szinte valamennyi aknatípust felhasználhatják. A helyszíni anyagokból készített akna elsősorban a gerilla- és a diverziós csoportok eszköze. Mint a neve is mondja, a helyszínen található robbanóanyagokból vagy lőszerekből (kézigránátok, aknavető gránátok, tűzérségi lövedékek, repülőbombák, ipari célra alkalmazott robbanóanyagok, továbbá a kereskedelemben is megvásárolható vegyi anyagokból) készíthetik el. Elkészítéséhez: robbanóanyag, gyújtó, gyutacs és működtető szerkezet (utóbbi rendszerint az álcázó tárgy) szükséges. Az elmondottakon kívül az aknacsapdákat azzal a céllal telepítik, hogy; a csapatokat dezorganizálják; akadályozzák, vagy lassítsák felvonulását; bénítsák a hátszág ipari termelését a vasúti és a közúti szállítást, a vízellátást stb.; szabotázscselekményeket hajtsanak végre; merényletet kíséreljenek meg politikai, állami és katonai vezetők ellen; az élőerőben veszteséget okozzanak és zavarják a csapatok ellátását. Elkészítésekor az egyszerű szerkezeti felépítés és a jó álcázás mellett a megfelelő hatásfokra nagy gondot fordítanak. A telepítésnél olyan helyeket választanak, ahol a maximális robbanóhatás biztosítható. Visszavonuláskor a hadtápkörletekben és a hátszágban a műtárgyakon, az épületekben – elsősorban a közhasználatú építményekben – a fedezékekben, az utakon, az ösvényeken, a vasutakon, az úttorlaszokban, a hidakon, a gázlókban, a mezőgazdasági kultúrákban stb. alkalmazzák.” [55. 98. o.]

A következő részben az aknacsapdák készítésére alkalmazott amerikai robbanóanyagokat (M1 és M2 trotil, C3, C4 és M18 plasztikus, valamint a „H” jelű hexotol, a nitropenta és az amatol), majd az ugyanilyen célra felhasználható M26 kézigránátot, tűzérségi lőszereket (80 mm aknagránát és tűzérségi repeszgránát) és repülőbombákat mutatja be a cikk. Az épületekben és az utak műtárgyain elhelyezett aknacsapdák mellett bemutat olyan II.

világháborús robbanószerkezeteket, mint a német csokoládé- és síp-, a japán pipa- és elhagyhatatlan íróasztalbomba is.

Érdekes része az anyagnak a „tábori viszonyok között elkészíthető aknák néhány típusa” című alfejezet.

„A tábori körülmények között készített aknacsapdákhoz a rendszeresített eszközökön kívül a kereskedelembe is beszerezhető különféle vegyi anyagokat és az ipari üzemekből – elsősorban a bányákból – származó robbanóanyagokat is felhasználják. Az ilyen gyújtózsínórok, gyutacsok és robbanótestek néhány változatát a következőkben ismertetjük.

Lassanégő gyújtózsínór. Égési sebessége megközelítően 1 méter percenként. Elkészítése a következő:

- három vastag pamutszálból zsinórt sodornak;
- megnedvesített fekete lőporból masszát készítenek, ezzel a zsinórt bevonják, majd megszárazítják. A szárítás után az égési sebességet kipróbálják.

Gyorsanégő gyújtózsínór. Égési sebessége 5 m/perc körül van. Elkészítése a következőképpen történik:

- a három vastag pamutszálat vagy zsinórt szappanos vízben kimossák, majd kiöblítik;
- oldatot készítenek, ennek során két rész forró vízben, egy rész salétromsavat és egy rész cukrot feloldanak;
- az oldatban a pamutszálatokat (zsínórokat) átnedvesítik, majd összesodorják és megszárazítják;
- a száradás után ellenőrzik a zsinór égési sebességét;
- végül a zsinórnak azt a végét, amelyet a gyutacsba helyeznek, fekete lőpormasszával bekenik.

Elektromos gyutacs. Elkészítésének módja:

- az izzólámpa buráján reszelővel vagy más szerszámmal nyílást készítenek;
- az izzószálakhoz két huzalszálat forrasztanak;
- az izzólámpa buráját fekete lőporral megtöltik;
- elektromos impulzus esetén a robbanás bekövetkezik.

*Késleltető, száraz szemes terményből (búza stb.)*²² Elkészítésének módja:

- megállapítják, hogy egy rövidre záró fémtárcsa a szemes termény megduzzasztásakor milyen gyorsan emelkedik;
- az edénybe szemes terményt töltenek, majd vizet töltenek rá és egy fém tárcsával lefedik;
- az edény tetejére fa, vagy műanyag fedelet helyeznek, amelyen két furatot készítenek, az érintkezőket ezekbe helyezik;
- szemes termény megduzzadásakor a fémtárcsát megemeli és az meghatározott idő után az edény fedelén elhelyezett érintkezőket rövidre zárja.

²² Ugyanez a „recept” szárazbab alkalmazásával szerepel a legtöbb hasonló tartalmú kiadványban.

Repeszakna. Elkészítéséhez csődarabot használnak fel. A cső egy részét úgy lapítják el, hogy az elektromos gyutacs, vagy a robbanó gyújtózsínór számára nyílás maradjon. A csőben a gyutacsot és gyújtózsínórt, majd a robbanóanyag-töltetet elhelyezik. A robbanóanyagra vasreszeléket vagy szögeket helyeznek, és az egészet lefojtják. A robbanótöltet nagysága a cső szilárdságától és az elérendő hatástól függ.” [55. 105. o.]

A cikk befejező része az aknacsapdák felderítéséről közöl információkat. Az épületeken belül az alábbi szabályok betartását tartja fontosnak:

- „az épület valamennyi különálló helyiségét csak egy személy derítse fel, az épületbe, amíg azt teljesen fel nem derítették, a személyi állomány ne lépjen be;
- az épület megközelítésekor a feljárót, a lépcsőt és az ajtót a kinyitás előtt vizsgálják meg. Ha mód van rá, az ajtót az ablakon keresztül tekintsük meg. Amennyiben lehetséges, az ajtót és az ablakot 1,5-2 m-es rúd segítségével nyissuk ki;
- az épület szobáiban óvatosan haladjunk, mivel az aknacsapdákat a padlódeszkákkal, a szőnyeggel, a fogantyúkkal stb. összeköthetik;
- a bútorokat nem szabad a helyükről elmozdítani. Ha erre mégis szükség van, azt vashorog és kötél segítségével nagyobb távolságról, vagy a másik szobából végezzük el;
- a képeket és háztartási tárgyakat megfogni, vagy a helyükről elmozdítani csak akkor szabad, ha meggyőződünk róla, hogy robbanószerkezettel nincsenek összekötve;
- megbízható ellenőrzés nélkül a szekrények ajtóit, fiókjait felnyitni, a székekre, a heverőre ráülni, az elszakadt elektromos vezetékeket összekötni, a látszólag jó állapotban levő elektromos-rendszert ellenőrzés nélkül bekapcsolni szigorúan tilos;
- a kályhák tűztereit ellenőrizzük, tisztítsuk ki, a felhasználható tűzfát és szenet szintén ellenőrizzük.

Az épületek átvizsgálását minden esetben a pincénél, illetve a legalsó szinten kezdjük el. Az átvizsgálás során gyanússá vált helyeket és tárgyakat jelöljük meg. A felderítés során különös gonddal vizsgáljuk át a füstjáratokat, a lifteket, a szellőző berendezéseket, a »vakfalazási« nyílásokat és a mellékhelyiségeket. [...] Az aknacsapdák hatástalanítását a műszaki, és a polgári védelmi alakulatok speciális alegységei végzik.” [55. 106. o.]

Az utolsó három aknacsapdáról szóló cikket Kender Antal írta. Ezek közül az első kettő 1978-ban jelent meg a *Honvédségi Szemle* két, egymást követő számában.

Akár e témához fűzött bevezető gondolatainak is tekinthetők a lap 6. számában megjelent, *A meglepő aknák jelentősége* című anyaga. Ebben a meglepő akná fogalmát, telepítésük céljait és általános elveit az alábbiakban foglalta össze.

„A meglepő akna tulajdonképpen valamilyen robbanótöltet (ez nem feltétlenül a műszaki csapatoknál rendszeresített akna, lehet tűzérségi gránát, repülőbomba, vagy a helyszínen összeállított, rögtönzött töltetcsomag), amely a látszólag teljesen veszélytelen művelet (pl. ajtónyitás, egy tárgy felemelése stb.) végrehajtása során robban fel. Így a meglepő akna célja elsősorban félelemkeltés, dezorganizálás és csak másodsorban a pusztítás, a harcképtelenné tétel, illetve rombolás. Az a cél, hogy az ellenség ne merjen megmozdulni, ne merjen semmit tenni semmihez

hozzányúl. Egyes esetekben pár darab jól elhelyezett meglepő aknával is elérhető olyan, vagy még nagyobb feltartóztató, illetve késleltető hatás, mint egy összefüggő, sok száz aknát tartalmazó aknamezővel. Erre főként hátramozgó harctevékenységnél (visszavonulásnál) van lehetőség, de nem kizárt ilyenek létesítése az ellenség mélységébe kijuttatott különleges csoportok alkalmazásával sem.

A telepítési formát tekintve alkalmazhatók tömegesen, egyenként, esetleg kisebb csoportokban. A visszavonulás során telepítettek főként az előbbi, míg a diverziós csoportok által alkalmazottakra az utóbbi lesz a jellemző. A meglepő aknamezők – vagy az USA terminológia szerint zavaró aknamezők – tehát elsősorban hátramozgó harctevékenység során kerülnek alkalmazásra azzal a céllal, hogy feltartóztassák és dezorganizálják az ellenséget, akadályozzák mozgását és egyes területrészek, objektumok saját célra való igénybevételét.

A meglepő aknákat (aknazárakat) rendszerint az adott terület kiürítésére vonatkozó elhatározás meghozatalakor tervezik és a kiürítés megkezdésekor telepítik olyan biztonsági intézkedések bevezetése mellett, amelyek megelőzik a saját erők veszélyeztetését, ugyanakkor maximálisan biztosítják az álcázást és a dezinformálást. A meglepő aknák (aknazárak) alkalmazását általában csak abban az esetben rendelik el, illetve engedélyezik, ha nem számolnak rövid időn belül az adott terület visszafoglalásával, ugyanis ezek a zárok a saját csapatok számára is igen nagy problémát (akadályt és veszélyforrást) jelentenek.

A meglepő aknák (aknazárak) alkalmazásának hatékonysága igen nagymértékben függ az ellenség várható tevékenysége helyes értékelésétől. Ki kell választani ugyanis a terepnek azokat a kulcsfontosságú pontjait, objektumait, amelyek igénybevételére az ellenségnek feltétlenül szüksége van. Ezek közül is azokra kell a fő figyelmet fordítani, ahol a bekövetkező robbanás a legnagyobb pszichikai hatást és legérzékenyebb veszteségeket eredményezheti. Ilyenek lehetnek a parancsnokságok, hírközpontok berendezésére alkalmas objektumok, a sorakozók, gyűlések, esetleges ünnepségek megtartására alkalmas helyek, valamint a lőszer, robbanóanyag, üzemanyag és élelmiszerraktárak várható berendezési területei.

Hidak és más műtárgyak rombolása, torlaszok és akadályok létesítése után az akadályelhárítás, illetve a helyreállítás megnehezítésére ugyancsak célszerűen lehet alkalmazni különféle meglepő aknákat. [...]

A meglepő aknazárak telepítése általában a műszaki csapatok feladata, bár egyes egyszerűbb megoldású meglepő aknák elhelyezésére más fegyvernemi katonák és alegységek is bevonhatók. [...]

Az aknaharcra való felkészítés két irányban folyik. Az egyik a saját műszaki záró tevékenységre, a másik az ellenség műszaki zárainak leküzdésére irányul. A két irányon belül azonban – megítélésem szerint – igen kevés figyelem fordítódik a meglepő aknák telepítésére, felderítésük és hatástalanításuk feladatainak gyakorlására. Ez olyan tevékenység, amely igen sokirányú elméleti felkészültséget (elsősorban a fizika különböző területeiről), jó pszichikai képességeket és nagy gyakorlati jártasságot igényel. [...]

Az egyes meglepő aknák telepítésének lehetséges sokféle változatai közül több példát kiemelni a cikk keretében nem tartottam célszerűnek, inkább

a téma-kérdés elméleti és néhány gyakorlati oldalára kívántam irányítani a figyelmet a műszaki zárás e sajátos területén, amely kérdésekkel véleményem szerint jelenleg nem foglalkozunk a jelentőségének megfelelő mértékben.” [56. 0–52. o.]

A másik 1978-as cikkében az aknacsapdák létesítéséről és hatástalanításukról értekezett Kender Antal. Az aknacsapdák főbb jellemzőit az alábbiak szerint foglalta össze a szerző.

„Az aknacsapdákat általában jellemzi, hogy egyedileg készülnek, a legkülönbélebb anyagok és eszközök felhasználásával. Telepítésük nagy szakértelmet és gondos munkát igényel. Felderítésük és hatástalanításuk igen nehéz, azt csak sokoldalúan képzett műszaki utász, illetőleg tűzszerész katonák képesek elvégezni. [...] Aszerint, hogy az adott szerkezetet hányféle hatás hozhatja működésbe, megkülönböztethetünk:

- egyszerű, egy hatásra működő;
- egyszerű, kettős hatásra működő; és
- összetett (kombinált) működtetésű aknacsapdákat. [...]

A működésbehozás módja szerint megkülönböztethetünk: mechanikus; elektromos; vibrációs; akusztikus; fotocellás; időzített, és távirányított aknacsapdákat. [...]

Mivel a bonyolultabb, nagyobb jelentőségű aknacsapdák telepítését is speciális részlegek végzik, igen nagy jelentősége van az általuk alkalmazott módszerek, irányítási és biztosítási rendszerek megismerésének. Ezért minden egyes felderített és hatástalanított aknacsapdát részletesen leírnak s e leírások tanulmányozása jelentős segítséget adhat a hatástalanításhoz. [...]

A felderítés és hatástalanítás eszközei, fogásai tehát olyan sokfélék lehetnek, mint maguk az aknacsapdák. Ezért úgy gondolom, hogy az elmondottak a kívánatos mértékben ráirányítják a tárgyalt problémakör feldolgozására, szélesebb körben való tanulmányozására, a kiképzéshez szükséges eszközök elkészítésének szorgalmazására a figyelmet. A kiképzési feladatok feldolgozása, megvalósítása során ugyanis nincs feltétlenül szükség éles robbanóanyag és gyújtószerkek felhasználására sem (egy csengő megszólalása, egy lámpa kigyulladás is jelezheti a töltet felrobbanását). A parancsnokok igényességén, leleményességén múlik, pl., hogy a barkács-szakkörök egy műszaki alegységnél szolgálhatnak ilyen célt is, de ami még fontosabb lehet, hogy a műszaki tiszt- és tiszthelyettes képzés bázisán folyó ilyen irányú tevékenységet kezdeményezőbbben, céltudatosabban szorgalmazzák.” [57. 41–45. o.]

1982-ben a szükségaknáknak készítéséről jelent meg egy cikke Kender Antalnak. Bevezetőjében az alábbiakkal indokolja ezek létjogosultságát, még a modern harctéri viszonyok között is. „Napjainkban a legkorszerűbb hadseregek az atom-, a gyújtó-, a robbanó- és a vegyiaknáknak több típusával rendelkeznek. A hadiipari üzemek milliós tételben gyártanak különböző rendeltetésű aknákat. A tömegtermelés ellenére sem jut azonban mindig, mindenhol elegendő a szabványos aknákból, pedig ezek a harc sikeres megvívásához nélkülözhetetlenek. A tapasztalatok (főleg a második világháborúban) viszont azt mutatják, hogy a harcterületen mindig találhatók különféle robbanótestek és -anyagok, amelyekből szükségaknákat

készíthetünk. A szükségaknák olyan, eredetileg más célra szolgáló szerkezetek, amelyeket különféle eljárásokkal átalakítva, aknaként alkalmazhatunk.”

A szükségaknák készítéséhez használható robbanóanyag töltetként az alábbiakat javasolja a szerző.

„A romboló hatású aknák készítésekor célszerű figyelembe venni azt az általános tapasztalatot, hogy a harckocsi megsemmisítéséhez legalább 15-20 kg, mozgásképtelenné tételéhez mintegy 5-6 kg tömegű hagyományos, közepes hatóerejű robbanóanyag szükséges. A kerek és a könnyű láncfalpas eszközöket 1-2 kg, a gyalogos élőerőt 0,2-0,4 kg robbanóanyag teszi harcképtelenné. Ezek a mennyiségek meghaladják az újabb szabványos aknák töltetmennyiségét, de figyelembe kell venni, hogy ezek az aknák már a speciális célnak megfelelő alakkal (pl. kumulatív üreg kemény béléssel) és gyakran magasabb hatóerejű robbanóanyagból készülnek. [...]

Amennyiben a főtöltet már kilőtt vagy ledobott tűzérési gránát, illetve légibomba, az aknát külső töltettel kell indítani. A lövedék (bomba) acél falára, a robbanótöltet irányába 0,8-1,2 kg tömegű TNT-indítótöltetet kell elhelyezni. Nem biztos ugyanis, hogy a lövedék gyújtójához elhelyezett töltet elindítja a főtöltetet. Hasonlóképp nem valószínű, hogy a gyújtóval felfelé állóan beásott lövedék felrobban a ráhajtó jármű hatására. A gyújtókészülékek ugyanis olyan szerkezetűek, hogy a gyújtási lánc csak akkor kezd működni, ha a gránát a löveg csövében, a kilövéskor fellépő gyorsulás egy meghatározott értékét elérte. Ha ez elmarad, a gyújtó a nyomásra csak megsérül. [...]

Gyalogság ellen elsősorban tűzérési repesz- és aknagránátokat, esetleg védő típusú kézigránátokat alkalmazzunk. Ezek hiányában készíthetünk repeszhatású aknákat úgy is, hogy a robbanóanyag köré repesznek alkalmas anyagokat halmozunk fel.”

Ezt követően megemlíti a kőszóró aknák készítésének lehetőségét is, melyek már az ókortól kezdve jelen voltak és vannak jelenleg is a harcmezőkön, mint a gyalogság pusztításának egyszerűen elkészíthető és hatékony eszközei.

„A védő típusú kézigránátokkal mintegy 15, a tűzérési gránátok közül az 50-100 mm közöttiekkel 20-25, a 100-155 mm közöttiekkel 40-45, az ennél nagyobbakkal 70-80 m sugarú körben tehetik harcképtelenné az ott elhelyezkedő »puha« célokat (személyeket, gépjárműveket). A gépjárművek ellen egy-egy tűzérési gránátot is alkalmazhatunk, míg a harckocsik ellen ezekből több darab, esetleg légibomba szükséges. A gránátok mennyiségének meghatározásához célszerű figyelembe venni a bennük található robbanóanyag mennyiségét.”

A közleményt az alábbi sorok zárják. „A szükségaknák készítésével azért is időszerű foglalkoznunk, mert a korszerű harcban a győzelem érdekében a szabványos eszközök mellett minden más eszközt, lehetőséget, szükségmegoldásokat is fel kell használni az ellenség pusztítására, tevékenységének akadályozására.” [58. 73–75. o.]

A bemutatott öt cikkben mindenhol kihangsúlyozzák, hogy úgy a meglepő aknák (aknacsapdák) készítésére, mint azok felderítésére fel kell készíteni a műszaki utász és

a tüzserész katonákat. Lássuk, erre vonatkozóan milyen ismereteket, szabályokat találunk az időszak hazai szakutasításaiban?

1963-ban jelent meg a *Vasutak műszaki zárása és aknamentesítése*²³ című szolgálati könyv, melyben az összes későbbiekben bemutatott szabályzónál részletesebben foglalkoztak a témával. A XIII. fejezet az idegen hadseregek aknáit, azok szerkezetét és hatástalanításuk módszereit foglalta össze mintegy 40 oldal terjedelemben. Az 5. pontban, a 337–341. oldalon olvashatunk a csapda (meglepő) aknákról. Ezen kívül a II. világháborúban alkalmazott német EZ.SM2 teherelvételre működő óraműves gyújtót mutatta be részletesen. Még egy helyen foglalkozik a csapda aknákkal a kiadvány, amikor az aknák hatástalanításával foglalkozó alfejezet 362–363. oldalain arról ír, hogy a „csapda aknákat telepítési módszereik és a gyújtókészülék szerkezetének megfelelően kell hatástalanítani. Ezen aknák telepítési módszereinek sokfélesége a hatástalanításnál rendkívül körütekintő és hozzáértő tevékenységet követel meg. A húzásra és nyomásra működő gyújtókkal ellátott csapda (meglepő) aknákat ugyanúgy kell hatástalanítani, mint a megfelelő (azonos) típusú gyújtókkal ellátott gyalogsági aknákat. A tehermentesítésre működő gyújtókkal szerelt csapda (meglepő) aknák hatástalanítása tilos.” Az aknamentesítés során betartandó biztonsági rendszabályoknál viszont már csak az alábbi előírás olvasható a 374. oldalon: „gyalogsági és harcokcsi aknák, továbbá csapda (meglepő) aknák vasúti pályatesten történő felderítésénél a talpfákon és a vizsgálandó vágány sínjein kell járni (lépkedni).” [59]

Tovább lépve nézzük meg, hogy a meglepő aknák telepítésére/hatástalanítására hivatott műszaki-utász és tüzserész szakalegységek kiképzéséhez írt tankönyvekben mi szerepelt a témában.

1967-ben jelent meg a *Tankönyv a műszaki-utász alegységek kiképzéséhez*²⁴ című szolgálati könyv. A Robbantás című első fejezetben a rohamcsoporthoz tevékenységénél várható lenne, hogy megemlítésre kerül a meglepő aknák hatástalanítása, hiszen ilyen szerkezetek megjelenésére számítani kell(ene) a megtámadott objektumnál. Úgy tűnik azonban, hogy az erődök elfoglalására szervezett alegység műszaki feladatai kimerültek az ellenséges műszaki záracon történő átjárónyitásban és az erőd robbantással történő felszámolásában. A második fejezet a műszaki zárás utász feladatainak ismertetéséről szól. Meglepő aknák telepítésével foglalkozó rész nem szerepel az anyagban, csak aknamező-telepítési munkák. Ugyanígy ennek ellentettje, a robbanózárak leküzdése is csak az átjárónyitás kérdéseire korlátozódik, és a terep teljes aknamentesítésével le is zárják a feladatokat. Lakott település aknásítása, illetve aknamentesítése egyáltalán nem szerepel a tankönyvben. Arról, hogy a meglepő aknákkal kapcsolatos munkák mégis csak utász feladatok lennének, az aknásítás általános biztonsági rendszabályai között találunk egy elejtett mondatot, a 263. oldalon: „Az aknacsapdákat azok az utászok élesítik, akik telepítik.” Az aknamentesítés általános biztonsági rendszabályai között már több, aknacsapdákra vonatkozó kitéletet is olvashatunk a 264–265. oldalon.

„Minden alegységparancsnok a munka megkezdése előtt köteles eligazítani saját alegységét, és meggyőződni arról, hogy ismerik-e az elvégzendő munka végrehajtásának technikáját és a szükséges biztonsági rendszabályokat. [...] Minden akna-

²³ Közl/7. *Vasutak műszaki zárása és aknamentesítése* 1963.

²⁴ *Tankönyv a műszaki-utász alegységek kiképzéséhez* 1967.

mentesítést végző utász pontosan ismerje a feladatát és hogyan, milyen sorrendben kell azt végrehajtani. A következő alapvető szabályokat szükséges betartani:

- [...]
- ha rendkívüli dolgot vesz észre, figyelmesen vizsgálja meg a gyanús helyet és ellenőrizze, hogy nincs-e ott csapda;
- mielőtt valamit is csinálna a felderített aknával, vagy aknacsapdával, körös-körül gondosan vizsgáljon meg mindent;
- [...]
- hatástalanítani csak azokat az aknákat szabad, amelyeknek a felépítése jól ismert;
- új, még ismeretlen akna, vagy meglepő akna felfedezése esetén érintés nélkül meg kell jelölni a helyet és jelenteni kell az alegységparancsnoknak;
- [...]
- nem szabad felemelni és helyéről elmozdítani az ellenség anyagát és fegyverzetét, katonai személyi és háztartási felszerelési tárgyakat.”

A biztonsági rendszabályok az alábbi mondattal zárulnak: „Az akna (csapda) felszedésekor szigorúan be kell tartani az aknamentesítési módokra és az egyes aknaszerkezetekre megállapított biztonsági rendszabályokat.”

A negyedik fejezet a műszaki felderítéssel foglalkozik, de ezen belül is csak az aknamezők felderítésével találkozunk, az aknacsapdákról semmilyen anyagot nem tartalmaz a tankönyv.

Hogy aztán a műszaki-utász alegység parancsnoka hogyan tudta betartani a tankönyv alapján felkészített katonáival, például a biztonsági rendszabályokban meghatározottak szerinti, az aknacsapdák telepítési, illetve mentesítési fogásainak ismeretére vonatkozó előírást, az szerencsére a béke-kiképzés viszonyai között nem derült ki.

Korábban bemutattuk az Amerikai Egyesült Államokban megjelent, aknacsapdákval foglalkozó szakutasításokat. Ezek után azt várhatnánk, hogy az 1969-ben, a Magyar Néphadsereg Műszaki Főnöksége által kiadott 178 oldalas, *„A műszaki zárás elvei és eszközei az USA hadseregben”* című szolgálati használatú könyvben legalább olyan részletességgel foglalkoznak ezzel a kérdéssel, mint ahogy erről a fentebb bemutatott szakfolyóiratokban megjelent cikkekben olvashattunk. Érthetetlen módon, a hazai katonai szerkesztők itt is nagyon „szemérmesen” kezelték ezt a kérdést. Egy-egy ábrával szemléltették az M1, az M2, az M2A1, az M3 és az M5 típusú gyújtókészülékeket azzal a megjegyzéssel, hogy azok jellemző adatait a 2. számú melléklet tartalmazza. A jelölt négyoldalas melléklet táblázatában aztán azt a kiegészítő információt találjuk róluk, hogy az alkalmazásuk aknacsapdáknak és harcokocsiaknak felszedés elleni biztosításában történik. A továbbiakban az aknák osztályozásával foglalkozó részben találkozunk a szakanyagban a meglepő aknákkal utoljára, az alábbi két mondat erejéig: „A meglepő akna tulajdonképpen egy robbanóanyag töltet, amely egy látszólag teljesen veszélytelen művelet végrehajtása során robban fel. A meglepő akna felrobbanhat az alapgyújtó működésbe hozatala nélkül is.” [62. 16. o.] A fennmaradó – eléggé tekintélyes terjedelmű – részben leírtak alapján azt a következtetést vonhattuk le, hogy az amerikai haderő csak aknamezőket fog telepíteni, így tehát a saját támadó hadműveletünk során csak ezek leküzdésére kell számítanunk.

Az 1970-ben megjelent *Tankönyv az aknakutató-tűzszerész alegységek kiképzéséhez* kiadványtól azt várhatnánk, hogy legalább ebben bőséges információkat találunk a meglepő aknák telepítéséről/hatástalanításáról. Ezzel szemben a tűzszerész katonáknak a második világháborúból visszamaradt robbanótestek – gyalogsági löszerek és kézigránátok, aknagránátok, tűzérési löszerek és bombák – felderítésére és hatástalanítására történő felkészítésre összpontosít a szakkönyv. Az újabb, 1984-es kiadásában is csak a gyalogsági és harckocsiaknákkal foglalkozó hatodik fejezet végén, a 316–319. oldalon találunk egy rövid szakaszt a különleges rendeltetésű aknákról. Ezen belül a szükségaknák és a meglepő aknák kerülnek vázlatosan ismertetésre. A meglepő aknák hatástalanításáról a következőket írja a tankönyv: „Minden visszahagyott ellenséges haditechnikai eszközknél számítani kell a meglepő aknákra, ezért az eszközök felvétele, eltávolítása csak alapos vizsgálat után lehetséges. Ugyanilyen óvatossággal kell eljárni különböző objektumokba való behatolás esetén (ajtó, ablak kinyitására, becsukására stb. működhet meglepő akna). Mivel a meglepő aknáknak számtalan változata lehet, ismerni kell az ellenség telepítési elveit és eszközeit és képesnek kell lenni azok felismerésére. A meglepő aknák hatástalanításánál elsősorban az indítószervezet hatástalanítását kell végrehajtani az adott típusnak megfelelően. Bonyolult, több oldalúan biztosított szerkezeteket a helyszínen meg kell semmisíteni.” [61. 319. o.] Az nem derül ki, hogy minek alapján kellene ismernie a tűzszerésznek az ellenséges meglepő aknákat. Az aknásítás biztonsági rendszabályainál szó szerint megegyező előírásokat olvashatunk az utász tankönyvnél bemutatottakkal.

A tűzszerészek esetén azért is furcsa a meglepő aknákkal kapcsolatos ismeretek oktatásának hiánya, mivel a vietnami háború utáni Nemzetközi Ellenőrző és Felügyelő Bizottság kötelékében Lengyelország, Indonézia és Kanada mellett a negyedik résztvevő ország Magyarország volt. 1973. január 26. és 1975. május 8-a között három turnusban utaztak ki magyar katonák és civil személyek a kontingensbe mint megfigyelők. Köztük voltak hivatásos katonák az akkori 1. Önálló Tűzszerész és Aknakutató Zászlóalj állományából is, akik első kézből szerezhettek információkat az aknacsapdák és meglepő aknák kérdésében, mégsem jelentek meg szakanyagok erről az alakulatnál. Első tisztí beosztásomat én is a Zászlóalj kötelékében kezdtem 1977-ben és – mivel a Belügyminisztérium akkor még nem rendelkezett ilyen képzettségű szakemberekkel – a honvéd tűzszerészek végezték a nagy állami rendezvények helyszíneinek előzetes, robbanószervezetek felderítésével kapcsolatos átvizsgálását is. Később, az akkor „divatba jött” telefonos bombafenyegetéssel kapcsolatos bejelentések helyszíneire is az ügyeletes tűzszerész alegységeinek kellett kivonulnia, átvizsgálandó, ellenőrizendő az adott létesítményt. Az egyedüli gondot az jelentette, hogy ezek a tűzszerészek csak a II. világháborús robbanószervezetek felderítésére és hatástalanítására kaptak kiképzést. Ifjú tisztként javasoltam, hogy az egyébként is kötelező havi „tisztí tanulónapokon” legalább imitációs anyaggal készítsünk meglepő aknákat, amiket azután egy másik társunknak kellene hatástalanítania, de az ötletem nem nyert támogatást. Aztán megalakult a Készenléti Rendőrség Tűzszerész alakulata, melynek első parancsnoka Pácsr István (az én volt tűzszerész századparancsnokom) bevezette ezt a módszert a szakemberei továbbképzésére.

Az 1981-ben megjelent, „titkos” minősítésű *Mű/116 Szakutastítás a műszaki záruk létesítésére és leküzdésére* című honvédelmi minisztériumi kiadvány sem nyújtott sokkal több információt a meglepő aknákról. Alapjául az 1966-ban kiadott szovjet műszaki zárás

szakutasítás szolgált [64] a címlap hátoldalán található kolofon²⁵ szerint. Ez került kiegészítésre a magyar gyártású UKA–63 harcjármű elleni akna és gyújtói, valamint a GYATA–64 gyalogság elleni taposóakna szerkezetére és telepítési fogásaira vonatkozó ismeretekkel. Az aknák típusait és telepítésük módjait tartalmazó második fejezetben nincs megemlítve a meglepő akna. Egyedül az UKA–63 harckocsiakna felszedés elleni biztosítását tárgyalja az anyag, a 91. ábrán bemutatott módon.

Az Utak, repülőterek, helységek aknásítása és rombolása című IV. fejezetben várhatnánk, hogy részletes ismereteket közöl a szakutasítás az aknacsapdákra vonatkozóan. Ezzel szemben a vasutak aknásításával foglalkozó alfejezetnél kerülnek először megemlítésre, a 149. pontban: „A meglepő aknákat különállóan telepítjük, rendszerint az építőanyag rakásokban, a sínpályán, a gördülőanyagokban, a vízellátó és a térközbiztosító berendezések épületeiben, valamint a nyílt pályán, továbbá a vasútállomásokon előre végrehajtott rombolások helyein.” [63. 127. o.] A helységek aknásításával foglalkozó alfejezetben szintén egy pont erejéig tér ki az anyag az aknacsapdákra: „A meglepő aknákat a helységekben az építményromboló, a szállításgátló és harckocsi aknákkal együtt alkalmazzuk azzal a céllal, hogy az ellenség részére megnehezítsük felderítésüket. A meglepő aknákat a többi aknafajtától elkülönítve is alkalmazhatjuk az épületek bejáratai, különböző elhagyott anyagok, felszerelési eszközök és használati tárgyak felhasználásával.” [63. 132–133. o.] Ehhez négy ábrát közöl:

- az íróasztalba szerelt meglepő akna – 56a ábra, az 1943-as brit szabályzatból való;
- a gépjárműbomba 56-b ábráját az 1953-as amerikai TM 5–223A-ban is láthattuk;
- a fegyver alá helyezett aknacsapda az 56c ábrán szintén több nyugati szabályzatban szerepelt;
- az 56d ábra telefonba szerelt meglepő aknával a korábban bemutatott 1958-as, *Honvédségi Szemlében* megjelent cikk 12. ábráján találkoztunk.

Ezt követően a műszaki záruk felderítésével foglalkozó VI. fejezet egyáltalán nem említi, a robbanó záruk leküzdésének feladatait összefoglaló VII. fejezetben pedig, a helységek aknamentesítésekor két mondatot ír a meglepő aknákról: „Épületek és építmények aknamentesítésekor a feladat megszervezésének sorrendje: a meglepő aknák felderítése és hatástalanítása; az épületek (építmények) gondos átvizsgálása, az időzített építményromboló aknák felderítése céljából; a felfedett aknák és töltetek hatástalanítása. A meglepő aknák felderítésekor gondosan meg kell vizsgálni az ellenség által elszórt, vagy elhagyott tárgyakat. Azokat csak fedezékből, zsinórokra kötött kampókkal – horgokkal – legalább 10 m távolságról szabad elmozdítani a helyükről.” [63. 260. o.] A biztonsági rendszabályok között még a korábbi utász és tűzszerész tankönyvben lévő néhány – meglepő aknákra vonatkozó – előírást sem találjuk ebben a szakutasításban.

1986-ban egy kiegészítést csatoltak a Mű-116-hoz, a VGY–62 vasúti gyújtókészülék leírásával és alkalmazásának szabályaival. Az anyag végén egy rövid utalást tesznek arra, hogy a gyújtókészülék alkalmas meglepő aknák készítésére is, melyhez egy ábrát is mellékeltek.

²⁵ Az a záradék, melyben a szerzői jogra, valamint a kiadvány kiadására és gyártására (nyomda neve, nyomtatott darabszám stb.) vonatkozó technikai jellegű információk szerepelnek.

A fentiek alapján az már nem meglepő, hogy az 1984-ben kiadott *Kézikönyv a műszaki alegységek szakkiképzéséhez*, műszaki zárással foglalkozó II. fejezete egyáltalán nem, az aknatelepítés és aknamentesítés biztonsági rendszabályait összefoglaló része pedig egy mondat erejéig említi a meglepő aknákat. „[a]z ellenség által elhagyott technikai és felszerelési eszközöket, a katonai, személyi és egyéb tárgyakat ellenőrizni kell, nincs-e aknával, robbanó töltettel összekötve, helyükről csak kampóval, fedezékből szabad eltávolítani.” [67. 188. o.]

Bármennyire is hihetetlenek tűnik, de ha a műszaki katona bővebb ismereteket akart szerezni – az egyébként feladatának tekintett – saját készítésű meglepő aknák telepítésével, és a várható ellenség által alkalmazott aknacsapdák hatástalanításával kapcsolatban, akkor azt az időszak öt, fentebb bemutatott cikkéből, esetleg valamilyen módon megszerzett külföldi szabályzatból tehette meg. Az is nehezen érthető, hogy a – kötelezően – etalonnak tekintendő szovjet szabályzatok miért nem szenteltek több figyelmet ennek a kérdésnek? Az 1984-es *orosz műszaki biztosítási szakutasítás* is csak az idegen hadseregek aknáival és aknamezőivel kapcsolatos ismereteket összefoglaló 14. mellékletében tér ki két mondat erejéig a meglepő aknákra, melyekhez az 5. táblázatában kis ábrákkal szemléltetve mutatja be a húzásra, nyomásra, megfeszített huzal elvágására és teherelvételre működő gyújtókkal készíthető aknacsapdákat és az elektromos áramkörzárókkal működő hasonló szerkezeteket. [66. 553–557. o.] Hasonló terjedelemben találkozunk a „külföldi aknacsapdák és meglepő aknák” alponnttal az 1989-es, szintén Moszkvában kiadott *Műszaki tisztai kézikönyv*ben is. [68]

Tudva, hogy a Varsói Szerződés Szervezetének hadereje a támadást tekintette alapvető harcmódnak, az esetlegesen elfoglalt területeken mindenképpen szembesültek volna a „nyugati hadseregek” által telepített meglepő aknákkal. Ezek hatástalanítására azonban a bemutatott szabályzatok alapján nem lehetett felkészíteni a műszaki alegységeket. „A Varsói Szerződés haditerveiben az szerepelt, hogy Magyarország és a magyar haderő a szovjet vezetés alárendeltségében Jugoszlávián, esetleg Ausztrián keresztül nyomult volna be Olaszország területére. A legoptimistább haditervek szerint a magyar erők hét-huszonegy nap alatt érték volna el Milánó-Velence-Udine térségét.” [69] Még ha így is lett volna, a közbeeső lakott településeket kikerültük volna? Vagy úgy jártunk volna, mint a II. világháborúban az észak-afrikai hadszíntéren a Rommel visszavonuló csapatait üldöző Montgomery 8. brit hadserege, melyet jelentősen késleltettek a fentebb bemutatott porosz Bülowius vezérőrnagy műszaki katonái által telepített meglepő aknák? Pedig ott „csak” a sivatagban kellett előre nyomulni, és nem a hegyekkel övezett, sokszor csak az utakra korlátozott járható irányokban biztosítani a csapatok mozgását.

A meglepő aknák témáját lezárva vizsgáljuk meg, hogy az 1994-ben megjelent (szintén titkos minősítésű) *Szakutasítás az összefegyvernemi harc műszaki biztosítására* kiadványban mi olvasható erről. Sajnos meg kell állapítanunk, hogy ez is a korábbiakban bemutatott szabályzókat követi: szinte semmilyen támaszt nem ad ebben a kérdésben. A szervezetszerű műszaki alegységek feladatainak felsorolásánál az 5–6. oldalon az utászoknál egyáltalán nem említi, a tűzszerészeknél „más robbanószerkezetek hatástalanítása vagy megsemmisítése szerepel.” A védelem műszaki biztosításáról szóló IV. fejezetben, a lakott települések és ipari körzetek védelmének műszaki biztosítása során, a 113. pontban szerepel egy fél mondat: „Széles körben alkalmazzák a meglepő és az irányított

hatású repeszaknákat.” Az V. fejezet a támadás műszaki biztosításáról szól, ebben a lakott településeknél már csak a terület és az objektumok aknamentesítéséről írt a 116–117. oldalon, külön nem kerülnek kiemelésre a felderítendő aknacsapdák és a meglepő aknák. [65]

A fent bemutatottakon kívül volt-e és milyen speciális szakanyag a honi fegyveres erőknél? A mai nevén Magyar Honvédség 2. vitéz Bertalan Árpád Különleges Rendeltetésű Dandár jogelődje, a szolnoki Mélységi Felderítő Zászlóalj tiszthelyettesei részére, a Kossuth Lajos Katonai Főiskolától egy egyhetes felkészítést kért az alakulat az 1990-es évek elején a meglepő aknák telepítésével és hatástalanításával kapcsolatban. Akkor, már a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia oktatójaként, mint felkért „vendég előadó”, a Mueller Othmár Robbantástechnikai szakkönyvtár állományában található, a Paladin Press kiadó által megjelentetett amerikai FM 5–31 Boobytraps szabályzatból és egyéb hasonló témájú kiadványaiból tudtam felkészülni a foglalkozások megtartására, más elérhető hazai szakmai anyag nem lévén. Kutakodásom az ebben a témában esetleg később megjelent hivatalos katonai kiadványok iránt szintén eredménytelennek bizonyult.

ÖSSZEGZÉS

A fentiekben arról írtunk, hogy a szovjet Vörös Hadseregben, és így a Varsói Szerződés többi állama hadseregében sem fordítottak különösebb gondot a meglepő aknák, aknacsapdák oktatására, szemben a nyugati haderőkkel. A különleges rendeltetésű erőknél biztos, hogy voltak saját anyagaik erre vonatkozóan, de a műszaki zárasi szabályzatokban, szakutasításokban csak néhány sorban írtak róluk, a hatástalanításukról pedig semmit. Ennek aztán meg is lett az „eredménye” az 1994–1996 közötti csecsenföldi háborúban, ahogy erről az amerikai tengerészgyalogság MCWP 3-35.3. *Military Operation on Urbanized Terrain* című kiadványában leírtakat fentebb idéztük.

Talán ennek kapcsán jelent meg a 2004-ben alapított Nyizsnij Novgorodi Katonai-Műszaki Parancsnoki Főiskolán, a Műszaki zárás tanszék oktatói által írt *Műszaki aknák nem szabványos telepítésének módszerei* című monográfia 2010-ben. [70] A kiadványban az Orosz Hadsereg rendszeresített gyalogság és harcjármű elleni aknáinak meglepő aknaként történő alkalmazási lehetőségeinek bemutatása mellett, a szovjet csapatok ellen Afganisztánban hasonló módon telepített aknacsapdákról is írtak a szerzők. A könyv második részében a meglepő aknák felderítésének módszereit foglalták össze.

Velikij Novgorodban²⁶ 2022-ben adtak ki az orosz légideszantcsapatok kiképzéséhez egy módszertani kézikönyvet: a *Szovjet és az Orosz Hadsereg harcjármű és gyalogság elleni, valamint a speciális aknáiról*. [71] Ezen belül a meglepő aknák készítéséhez használható 8-féle rendszeresített, speciális műszaki harcanyag (MSz-3, MSz-4, ML-7, ML-8, MZU-2,

²⁶ Velikij Novgorod és Nyizsnij Novgorod csak a nevükben hasonlítanak egymásra. Nyizsnij az Oka és a Volga folyók találkozásánál (Oroszország középső részén), Velikij pedig a Volkhov folyónál épült (az északnyugati régióban, Moszkva és Szentpétervár között).

MZD-21, MPM,²⁷ SzPM²⁸), továbbá 4 gyutacs, gyújtókészülék (VZD-1M, VZD-3M, VZD-20M, ZMG) részletes leírását, alkalmazásuk és hatástalanításuk módszereit írja le a szerző. Az anyag végén saját készítésű meglepő aknák készítéséhez is ad ötleteket.

A megszerzett tudás felhasználásáról aztán Végh Krisztián *Az improvizált robbanószerkezetek alkalmazása a hibrid hadviselés során: az orosz–ukrán konfliktus* című 2022-ben írt cikkében olvashatunk részletes információkat.

Előzetesen tisztáznunk kell, hogy az anyagban IED néven említett robbanószerkezetek alatt az orosz katonák által harcászati céllal telepített meglepő aknák, aknacsapdák értendők.

„A rendelkezésre álló adatok alapján a 2011 és 2013 közötti időszakból mindössze 11 IED-eseményt regisztráltak, ezek egyike sem a Donbasz területén történt, ugyanakkor érintette Kijevet. Célpontjait tekintve az akkori kormányzati tisztségviselőket és azok kollaboránsait érintették elsősorban. A 2014. január és 2016. június közötti időszakban több mint 700 ukrain IED-eseményt regisztráltak, amelyek az ország egész területére kiterjedtek. Az IED-k alkalmazásának az egész országra való kiterjesztése összhangot mutat azzal az orosz vélekedéssel, amely szerint hibrid háború három kiválasztott területen folyik: a konfliktuszónában élő népesség, lakosság körében; a hátszög lakossága körében és a nemzetközi közösségekben. [...] A donbaszi területeken végrehajtott IED-támadások legfontosabb célpontjai alapvetően a közlekedési, szállítási útvonalak és azok műtárgyai voltak. [...]

Ukrajnát láthatóan felkészületlenül érte az IED-jelenség, jól látható, hogy az év első hat hónapjában mennyire »sikeresnek« tekinthetők az IED-t alkalmazó erők, míg az ukrán kormányerők bizonyos értelemben egész évben csupán követni tudták az eseményeket. Ezt mutatja az IED-k (eszköz, összetevők, alkalmazó erők) felderítésére tett sikeres kísérleteik alacsony száma, másrészt a jelentős számú téves riasztás.” [72. 12–15. o.]

A tanulmány befejezéseként az alábbi gondolatait írta le a szerző.

„Úgy gondolom, hogy valamivel több, mint 700 IED-esemény feldolgozása elégséges volt az alkalmazásuk mögött húzódó összefüggések megértéséhez, hiszen egyértelmű választ szolgáltatott arra a tanulmány elején feltett kérdésre, van-e értelme az IED-k okozta kihívásokat vizsgálni egy esetleges hibrid háborúban. Az IED-k tömeges alkalmazása jelentős hatással volt Ukrajna állami, biztonsági szerveinek működőképességére, jelentősen lefogta azok erőforrásait. Az ukrán kormányerők által az IED-események megelőzésére tett erőfeszítések eredménye 2015 júliusától látható egyértelműen, ami ebben az esetben azt jelenti, hogy az alap C-IED képességek kialakítására, gyakorlati alkalmazásuk elérésére minimálisan 16–18 hónapra volt szükségük. Az IED-k hatása a társadalom egészére

²⁷ Kis tapadóakna: műanyag testű, időzített gyújtós, mágneses tapadóakna. A II. világháború alatt a brit hadseregben rendszeresítet Clam MK III. orosz megfelelője.

²⁸ Közepes tapadóakna: műanyag testű, időzítő szerkezettel ellátott akna. Mágnessel rögzíthető fémtárgyakra. A haditengerészetnél került főleg rendszeresítésre, mivel víz alatti tárgyra is felhelyezhető. A II. világháború alatt a brit hadseregben rendszeresítet Rigid Limpet MK I, MK LA, MK II. akna orosz megfelelője.

megkérdőjelezhetetlen, hiszen a polgári áldozatok száma több százas nagyságrendben mérhető. Véleményem szerint egyértelmű tényként fogadhatjuk el, hogy az IED-események szerves részét képezték Oroszország hibrid háborújának Ukrajnában. Nem csupán az volt megfigyelhető, hogy a harci cselekmények során alkalmazták az IED-ket, használatuk a jelentősebb politikai jellegű események során sem maradt el, sőt némely esetben jelentősen emelkedett. [...]

[A]z IED-k alkalmazásának lehetséges hatásait, [...] összevetve az ukrajnai eseményekkel, úgy vélem, kijelenthető, hogy beváltották a hozzájuk fűzött reményeket a szállítási útvonalak rombolásában, és a civil lakosságra kifejtett nyomásgyakorlás közvetlen eszközeiként is. Úgy vélem, sikerült rávilágítani, hogy az IED-k alapvető faktorként voltak jelen a vizsgált időszak eseményei között úgy is, mint a konfliktus eszkalálásának eszköze a direkt konfrontáció »láthatósági vonal«²⁹ alatti szakaszában, és úgy is, mint a folyamatosan fenntartott fenyegetés eszköze a konfliktus mai napig tartó teljes időszakában.” [72. 20–22. o.]

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Magyar Köztársaság. (1984). 1984. évi 2. számú törvényerejű rendelet a „Mértéktelen sérülést okozónak vagy megkülönböztetés nélkül hatónak tekinthető egyes hagyományos fegyverek alkalmazásának betiltásáról, illetőleg korlátozásáról” szövegéről, Genfben, az 1980. évi október hó 10. napján kelt egyezmény és a hozzá csatolt jegyzőkönyvek kihirdetéséről. 2. cikk.
- [2] Barber, J. F. (1924). Destruction of enemy traps and mines. *The Military Engineer*, 16(89), 374–377. Retrieved Online: <https://www.jstor.org/stable/44693621>
- [3] Hiskey, D. (2014, March). Why certain types of traps are called “booby traps”. *Today I Found Out*. Online: <https://www.todayifoundout.com/index.php/2014/03/certain-types-traps-called-booby-traps/>
- [4] Huolongjing. (n.d.). In *New World Encyclopedia*. Online: https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Jiao_Yu#The_Huolongjing
- [5] Great Ming Military. (2016, November). *Gang Lun Fa Huo (Steel wheel)*. Online: <https://greatmingmilitary.blogspot.com/2016/11/gang-lun-fa-huo-steel-wheel.html>
- [6] Wubei Zhi. (n.d.). In *Wikipedia*. Online: https://en.wikipedia.org/wiki/Wubei_Zhi
- [7] Great Ming Military. (2019, May). *Fu Di Chong Tian Lei*. Online: <https://greatmingmilitary.blogspot.com/2019/05/fu-di-chong-tian-lei.html>
- [8] Great Ming Military. (2017, August). *Zhong Huo Ku*. Online: <https://greatmingmilitary.blogspot.com/2017/08/zhong-huo-ku.html>
- [9] Cívás Vasműves Kft. (n.d.). *Fegyverkészítés*. Online: <https://fegyverkeszites.gportal.hu>
- [10] (n.d.). Az előlőttöltő fegyveres lövészet alapjai 6.: A keréklakat és használata. *Kapszli.hu*. Online: <https://kapszli.hu/a-kerekklakat-es-hasznalata/>
- [11] Németh, B. (n.d.). The wheel lock Part I. – The birth of the Wheel lock. *Cap & Ball*. Online: <https://capandball.com/the-wheel-lock-part-i-the-birth-of-the-wheel-lock/>
- [12] *Löffelholz-Kodex* (1505). Biblioteka Jagiellońska, Kraków. Online: <https://jbc.bj.uj.edu.pl/dlibra/doccontent?id=258834>
- [13] Da Vinci, L. (n.d.). *Codice Atlantico*. Online: https://www.academia.edu/5271724/Da_Vinci_Leonardo_C%C3%B3dice_Atl%C3%A1ntico

²⁹ Eredeti angol kifejezés: visibility threshold.

- [14] (2019). Command initiated explosive device from 1582. *Standing Well Back*. Online: <https://www.standingwellback.com/command-initiated-explosive-device-from-1582/>
- [15] Revill, J. (2016). *Improvised explosive devices – The paradigmatic weapon of new wars*. (University of Sussex, Brighton). Palgrave Macmillan.
- [16] Révai Nagylexikon (XV. kötet). (1922). Budapest: Révai Rt.
- [17] Arday, G. (1910). *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Kassa: Szent Erzsébet Nyomda Rt.
- [18] Galsai Kovách, Ö. (1887, May 22). A szárazföldi torpedók. *Budapesti Hírlap*, 9–10.
- [19] Veremejev, J. G. (2008). *Míny vchera, segodnya, zavtra* [Mines: yesterday, today, tomorrow]. Minsk: Современная школа. ISBN 978-985-513-138-1.
- [20] Evans, N. (2013). 'Hoist with his own petard.' Landmines, improvised explosive devices (IEDs), booby traps and mining in the British Army 1877–1943. *Journal of the Society for Army Historical Research*, 91. (article).
- [21] Nolin, P. C. (2011, October). *Countering the Afghan insurgency: Low-tech threats, high-tech solutions* (Special Report). NATO Parliamentary Assembly.
- [22] Ardashev (Ардашев), A. N. (2009). *Velikaya okopnaya vojna. Pozitsionnaya bojna Pervoy mirovoy*. Moscow: Яуза, Эксмо. ISBN 978-5-699-37315-4.
- [23] Youngblood IV., N. E. (2002). *The development of landmine warfare* (Doctoral dissertation). Texas Tech University.
- [24] Ferenczy, V. (1940, April 23). Ez a háború! *Magyar Nemzet*, p. 9.
- [25] Zacharoff, E. (1939). *This is War! Every Man's Guide to Modern Warfare*. New York: Scheridan House.
- [26] U.S. War Department. (1944). *Don't get killed by mines and booby traps* (Pamphlet No. 21-23).
- [27] (1943). *A folyó háború tapasztalatainak összefoglaló ismertetése (Zárult 1942. XII.31.)*. 18. szám. *A K-i harctér terepviszonyai és az ellenség méltatása*. Budapest: Attila-nyomda Rt.
- [28] Tschandl, T. (1940). Német nézet a műszaki záróharc harcászati alkalmazásáról. *Magyar Katonai Szemle*, 10(3), 461–465. (Forrás: Wehrtechnische Monatshefte, 1939).
- [29] (1943, February 1). *Booby Traps – Training Bulletin No. GT-16*. Prepared at the Infantry School under direction of the Commanding General, Army Ground Forces. (Restricted).
- [30] U.S. War Department. (1943, April 19). *TM 5-325: Technical Manual – Enemy Land Mines and Booby Traps*.
- [31] U.S. Government. (1943). *FM 5-31. Land Mines and Booby Traps*. Washington, D. C.: U.S. Government Printing Office.
- [32] The Chief of the Imperial General Staff. (1943). *Mines and Booby Traps – Military Training Pamphlet No. 40*. London.
- [33] Butler, D. A. (2021). *A tábornagy – Erwin Rommel élete és halála*. Debrecen: Hajja & Fiai.
- [34] Takách, G. (1943). Szovjet háborús trükkök. *Magyar Katonai Szemle*, 13(2).
- [35] Standing Well Back. (n.d.). Ilya Starinov – The Godfather of Modern Insurgent IED Warfare. Online: <https://www.standingwellback.com/ilya-starinov-the-godfather-of-modern-insurgent-ied-warfare/>
- [36] U.S. Department of the Army. (1965). *FM 5-31. Boobytraps*. Washington, D. C.: Headquarters, Department of the Army.
- [37] (1967). *Manual of Mines and Booby Traps of the Far East* (Translation of "Manuel des Mines et Pièges d' Extrême-Orient"). (U.S. Armed Forces translation).
- [38] U.S. Department of the Army. (1969). *TM 31-210. Improvised Munitions Handbook*. Washington, D.C.: Headquarters, Department of the Army.

- [39] U.S. Department of the Army. (1992). *FM 20–32. Mine/Countermining Operations*. Washington, D.C.
- [40] The Chief of the Imperial General Staff. (1952). *Field Engineering and Mine Warfare, Pamphlet No. 7 – Booby Traps*. London.
- [41] The Chief of the Imperial General Staff. (1961). *Field Engineering and Mine Warfare, Pamphlet No. 4 – Mines – Individual mechanisms*. London.
- [42] United Kingdom Ministry of Defence. (1982). *Military Engineering. Volume II. Field Engineering. Pamphlet No. 5 – Minelaying*.
- [43] U.S. Department of the Army. (1967). *FM 5–25. Explosives and demolitions*. Washington, D.C.
- [44] U.S. Department of the Army. (1992). *FM 5–250. Explosives and demolitions*. Washington, D.C.
- [45] U.S. Department of the Army. (1965). *FM 31–20. Special Forces Operational Techniques*. Washington, D. C.
- [46] United Kingdom Ministry of Defence. (1969). *Military Engineering, Volume II. Field Engineering, Pamphlet No. 4. Demolitions*. Army Code No. 712771 (Pam 4).
- [47] U.S. Department of the Army. (1953). *TM 5–223A. Soviet Mine Warfare Equipment*. Washington, D.C.
- [48] U.S. Departments of the Army, Navy, and Air Force. (1963). *TM 5–280. Foreign Mine Warfare Equipment*.
- [49] U.S. Department of the Army. (1967). *TC 5–3.1 Viet Cong Boobytraps, Mines and Mine Warfare Techniques*. Washington, D.C.
- [50] U.S. Department of the Army. (1979). *FM 90–10. Military Operations on Urbanized Terrain (MOUT)*. Washington, D.C.
- [51] United States Marine Corps. (1998). *MCWP 3-35.3. Military Operations on Urbanized Terrain*. Washington, D.C.
- [52] Australian Army. (2008). *LWP-G 3-9-6 (Land Warfare Procedures – General) Operations in Urban Environments*.
- [53] Honvédelmi Minisztérium. (1953). *Robbantások*. Budapest.
- [54] Sárközi, I. – Harmat, F. (1958). Meglepő aknák telepítése és hatástalanítása. *Katonai Szemle*, 6, 46–53.
- [55] (1970). A potenciális ellenség aknacsapdái. *Honvédségi Szemle*, 8, 98–106.
- [56] Kender, A. (1978). A meglepő aknák jelentősége. *Honvédségi Szemle*, 6, 49–52.
- [57] Kender, A. (1978). Aknacsapdák létesítése és hatástalanítása. *Honvédségi Szemle*, 7, 41–45.
- [58] Kender, A. (1982). Szükségaknák készítése. *Honvédségi Szemle*, 2, 73–75.
- [59] Honvédelmi Minisztérium. (1963). *Közl/7. Vasutak műszaki zárása és aknamentesítése*. Budapest.
- [60] Magyar Néphadsereg Kiképzési Főcsoportfőnökség. (1967). *Tankönyv a műszaki-utász alegységek kiképzéséhez*. Budapest.
- [61] Magyar Néphadsereg Kiképzési Főcsoportfőnökség. (1970; 1984). *Tankönyv az aknakutató-tűzszerész alegységek kiképzéséhez*. Budapest.
- [62] Magyar Néphadsereg Műszaki Főnökség. (1969). *A műszaki zárás elvei és eszközei az USA hadseregben*. Budapest.
- [63] Honvédelmi Minisztérium. (1981). *Mű/116. Szakutasítás a műszaki záruk létesítésére és leküzdésére*. Budapest.
- [64] (1966). Руководство по устройству и преодолению инженерных заграждений.
- [65] Magyar Honvédség. (1994). *Mű/91. Szakutasítás az összefegyvernemi harc műszaki biztosítására*. Budapest.

- [66] Военное Издательство. (1984). Наставление по военно-инженерному делу для Советской Армии. Москва.
- [67] Magyar Néphadsereg. (1984). *Kézikönyv a műszaki alegységek szakkiképzéséhez (21/462)*. Budapest.
- [68] Колибернов, Е. С., Корнев, В. И., – Сосков, А. А. (eds.). (1989). Справочник офицера инженерных войск. Москва: Военное Издательство.
- [69] Szűcs, L. (2013, September 28). Tíz kevésbé ismert tény a Magyar Néphadseregről. *Honvedelem.hu*. Online: <https://honvedelem.hu/hatter/multidezo/tiz-kevesbe-kozismert-teny-a-magyar-nephadseregrol.html>
- [70] Терешин, И. Г., Галушкин, В. В., – Лешкович, Л. Т. (2010). Нестандартные способы установки инженерных мин (Monograph). Ministry of Defence Russian Federation, Нижегородское высшее военно-инженерное Командное училище.
- [71] Михайлов, А. Н. (2022). Методическое пособие для проведения занятий по инженерной подготовке – Противотанковые, противопехотные и специальные мины Советской и Российской армии. Великий Новгород.
- [72] Végh, K. (2022). Az improvizált robbanószerkezetek alkalmazása a hibrid hadviselés során: az orosz–ukrán konfliktus. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(1), 5–23.

ZUBOVITS FEDOR SZÁRAZFÖLDI TORPEDÓJA¹

Dr. Kazareczki Noémi²

ABSTRACT

Hussar Captain Fedor Zubovits was one of the most colourful personalities of Hungary during the Dualism era. His talent was evident in many fields, but his activities in the military technical field were the most significant. The rights to use the land torpedo he developed and patented in 1882 were purchased not only by the joint army of the Austro–Hungarian Monarchy, but also by numerous countries. The torpedo squadron was organized very late, just before World War I, and was then successfully used on the Carpathian and Italian frontlines.

Keywords: *invention, land torpedo, training, World War I, flashbacks*

ÖSSZEFOGLALÁS

Zubovits Fedor (1846–1920) huszárkaptány a dualizmus-kori Magyarország egyik legszínesebb egyénisége volt. Tehetsége számos területen megmutatkozott, de katonai műszaki téren kifejtett tevékenysége volt a legjelentősebb. Az általa kifejlesztett és 1882-ben szabadalmaztatott szárazföldi torpedó használati jogát nemcsak az Osztrák–Magyar Monarchia közös hadserege, hanem számos ország is megvásárolta. A torpedó osztag megszervezésére igen későn, csak közvetlenül az I. világháború előtt került sor, majd sikerrel alkalmazták a kárpáti és olasz frontvonalakon.

Kulcsszavak: *találmány, szárazföldi torpedó, kiképzés, I. világháború, visszaemlékezések*

BEVEZETÉS

A Zubovits Fedor (1846–1920) huszárkaptány neve ismerősen csenghet sokak számára, mivel nemcsak katona, hanem haditudósító, vadász, sportember, feltaláló, diplomata, publicista, megyei tisztségviselő, illetve nem utolsósorban a 19. század utolsó párbajhőseinek egyike is volt. Zubovits hírneve még életében – sokoldalúságának köszönhetően – túlmutatott az Osztrák–Magyar Monarchia határain. Napjainkban a 19. századi „katonacelebet”, a boldog békeidőket idéző izgalmas karaktert látjuk benne.³ [1] Azonban a haditechnika

¹ Fedor Zubovits's Land Torpedo

² A történelemtudományi doktori (PhD) fokozat birtokosa; e-mail: kazareczki.noemi@gmail.com; MTMT: 10050327.

³ A korabeli irodalmak egy részében Zubovics néven is szerepel. Zubovits Fedor életútjáról a Zrínyi Kiadónál 2024-ben megjelent könyvben olvashatnak részletes információkat az érdeklődők.

iránt érdeklődők, és főként a robbantástechnikával hivatásszerűen foglalkozó szakemberek tudják, hogy az általa feltalált szárazföldi torpedó egy jelentős mérföldkő volt a robbanó műszaki záruk történetében.

A ZUBOVITS-FÉLE AKNA, A SZÁRAZFÖLDI TORPEDÓ

Zubovits kísérleteit megelőzően a 18. század második felében a robbanóanyagok területén jelentős változások történtek: a ma is használt, alapvető robbanóanyagok jelentős részének a felfedezése erre az időszakra tehető. [2. pp. 50.] Kiemelkedő munkát végeztek e téren a Monarchia katonai szakemberei. Például Fülöp Hess a robbanóanyagok vizsgálatában végzett kutatásai által ért el eredményeket (Hess-féle döngölő próba és ingás erőmérő), valamint a „pillanatnyi durranózsínór gyújtózsínór” felfedezése által vált ismertté. Trauzl Izidor nevét említhetjük még, aki 1869-ben műszaki főhadnagyként a tűzérzségi lögyapotot vizsgálta Angliában. Ennek eredménye lett a nevéhez fűződő lögyapot-dinamit feltalálása. [2. pp. 50.]

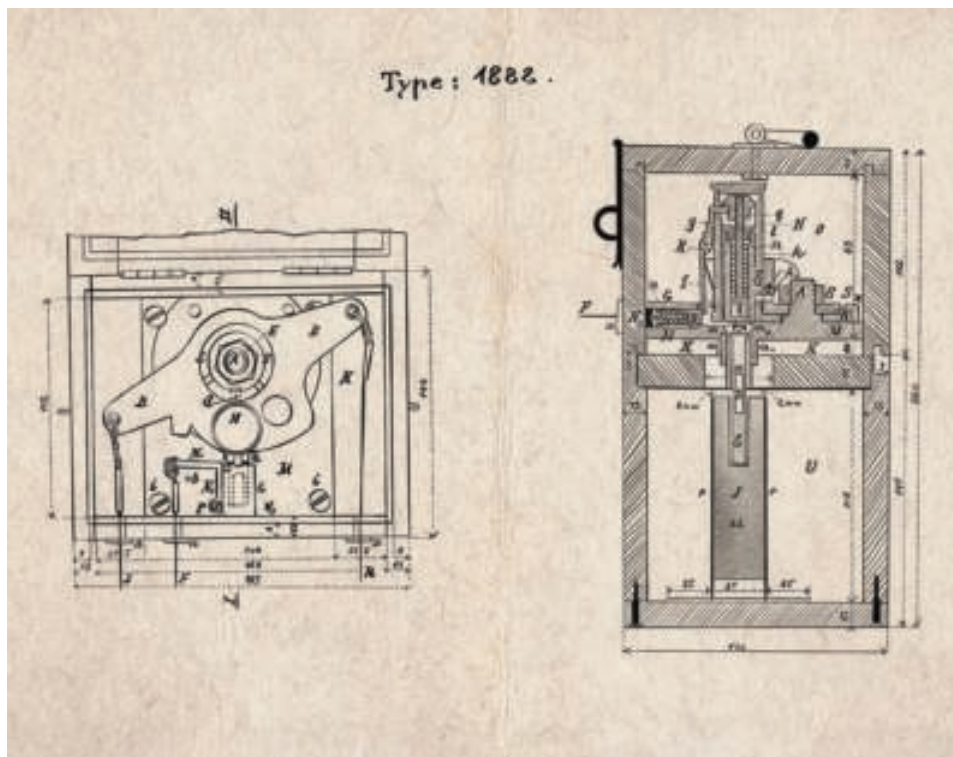
Zubovits találmányának, a szárazföldi torpedónak a működési elvét a *Pallas Nagy Lexikona* leírásából ismerhetjük meg leginkább:

„Robbanóanyaggal telített vas, vagy faedény, amely utakon, útszorosokon elásva oly szerkezettel bír, hogyha egy csapat reája lép, felrobban. E torpedónak további fejlesztése Zubovits Fedor honvéd huszárszázados érdeme, ki a csapatok által vihető 2 kg robbantó gelatint tartalmazó repülő torpedót, tábori erősítésekénél használt, 10 kg robbanóanyaggal ellátott torpedót és állandó erősítésekénél alkalmazott 15 kg gelatintöltetű torpedókat készített. Torpedói, minőségük szerint, a reátaposás folytán bizonyos akadálytárgyak eltávolításánál vagy pedig villamoság által tetszés szerinti pillanatban, végre egy szabályozható óramű-szerkezet segítségével, előre meghatározott időben robbannak.” [3. pp. 281.]

A legújabb haditechnikai kutatások szerint „1885M Land-Torpedo” néven rendszeresítették a Zubovits által kifejlesztett aknát a Császári és Királyi Hadseregben. Ez a típus egy két részre osztott fából készült doboz volt: alsó részében kapott helyet a robbanótöltet, felső felében a gyújtószerkezet, amely működtette az aknát. A gyújtás a gyújtószerkezethez kapcsolt drót meghúzásával lépett működésbe. (1. ábra) [4. pp. 67.]

Zubovits a torpedó használati jogát elsőként a közös Hadügyminisztériumnak adta el 1882. november 16-án.⁴ Az ezt követő három évben Svájcnak, Svédországnak, Dániának, Kínának, Szerbiának és Törökországnak is értékesítette találmányát. Az eladás tényét

⁴ A sajtó is tudósított az eseményről. A találmányt valóságos remekműnek ítélték meg, amely a hadászat átalakulását is maga után vonja. Nemere, 1882. november 26. 95. sz. 3. Zubovits 4000 ezer forintot kapott találmányáért. A közös Hadügyminisztérium 5. osztálya által készített referátum Zubovits torpedóinak használatát során szerzett tapasztalatokról. 1912. október 26. ÖStA KA, KM Hauptreihen, Akten 5A 25/241 (1912).



1. ábra. A szárazföldi torpedó 1882-es változata (ÖStA KA KM HR1912 5A 25/241)

nemcsak a Zubovits könyvében mellékelt dokumentumok bizonyítják, hanem a fenti országok uralkodói által adományozott rendjelek és kitüntetések is.⁵

1883-ban Zubovits elkezdte oktatni a torpedó működését a Császári és Királyi Hadseregben, erről tanúskodik barátjához, Hentaller Lajos képviselőhöz Bécsből írott levele, amely szerint éppen szárazfölditorpedó-tanfolyamot tart, és már a második torpedóosztályt oktatja, s ehhez át is vette a 70 mázsa dinamitot. A korabeli sajtóban viszont azzal kapcsolatban is megjelent híradás, hogy kifogásolták, hogy éppen a honvédségnél nem alkalmazzák, amelynek maga a feltaláló is tagja.⁶

Valószínűleg találmányának köszönhetően léptették elő Zubovits főhadnagyot 1884-től a váci VI. honvédezred címzetes II. osztályú századosává, s ettől kezdve Zubovits kapitány néven ismerte a nagyközönség a hazai és a nemzetközi sajtóban.⁷

⁵ Az 1880-as években kapott rendjelek és kitüntetések mindegyikét a találmányáért, valamint a katonai műszaki téren szerzett eredményeiért kapta. Ezek: a török császár által adományozott Medsidje Rendjel III. osztálya, a Svéd Királyi Koronarend keresztje, a dán királyi Danebrog-rend III. osztálya, a szerb királyi Taokva-rend IV. osztálya, a kínai Kettős Sárkány Rendjel I. fokozat III. osztálya, a perzsa Nap- és Oroszlán-rend III. osztálya. *Békés*, 1883. november 11. 3.; *Fővárosi Lapok*, 1884. február 15. 256.; *Rendeleti Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára*, 1888. január 26. 27.

⁶ Zubovits Fedor Hentaller Lajoshoz. Bécs, 1883. június 30. OSZK Kézirattár, Levelestár 1923/43; *Békés*, 1883. november 11. 3. *Hazai hírek*.

⁷ A szabadság megújításáról a közlönyök adtak hírt: *Központi Értesítő*, 1885. december 20. 786.; *Budapesti Közlöny*, 1885. február 4. 2.; *Budapesti Közlöny*, 1887. augusztus 6. 3.

Ferenc József végül 1887. március 23-án döntött egy honvéd torpedótanosztály felállításáról, miután Zubovits felajánlotta szolgálatait. Ennek köszönhetően saját ezredében, a váci VI. honvédezrednél megkezdte a kiképzést. A szakaszhoz tiszteket és csapatot kapott a gyalogságból, lovasságból, csendőrségből és a rohamosztagból, így azonnal elkezdhette a betanítást a Vác melletti Szentendrei-szigeten. A kapitány 42 nap alatt képezte ki a katonákat. 1887-ben egy terjedelmes beszámoló jelent meg a Szentendrei-szigeten bemutatott robbantási kísérletekről, amelyet a *Wiener Tagblatt* is közölt. Az 1887. május 20-án katonai vezetők körében végzett gyakorlaton jelen volt a honvédelmi miniszter, báró Fejérváry Géza, továbbá Henneberg Károly és Ghyczy Béla altábornagyok. A tényleges bemutató után Zubovits még a terített asztal körül is meglepetésszerű robbantásokkal ijesztgette a vendégeket. Az egyes torpedók 7 perc alatt lettek lefektetve, s Zubovits kapitány bebonyolította, hogy nemcsak védekező helyzetben, hanem nyílt harcban is használhatók.⁸

A kapitány legnagyobb vágya, az önálló torpedóosztag, a kiképzések ellenére sem alakult meg, mert a torpedószakasz csak ideiglenesen állt fenn a Három császár szövetségének felbomlása, és így az Oroszországgal megromlott helyzet miatt.⁹

Zubovits az elkövetkezendő években továbbfejlesztette találmányát, s az új változattal 1901-ben lépett a nyilvánosság elé, ismét a közös Hadügyminisztérium figyelmébe ajánlva az új fejlesztésű torpedókat.

AZ AUTOMATA ELŐŐRS ÉS A TORPEDÓ MEGÚJÍTÁSA

Továbbfejlesztett találmányának ismertetését Zubovits az Otthon Kör¹⁰ budapesti dísztermében, nagy érdeklődésre számot tartó előadás keretében mutatta be. Az előadás azért is volt figyelemre méltó, mert Zubovits mondandójába belefoglalta a szárazföldi torpedó keletkezéstörténetét is. Elmondása szerint a spanyolországi karlista háborúban történt, hogy egy hegyszorosba szorulva azt ajánlotta ezredesének, hogy a birtokukban levő piroxilin lőgyapotot fölhasználva piroxilin aknák segítségével próbáljanak szerencsét. A sikeres kísérletnek köszönhetően meg is megmenekültek, és ekkor fogalmazódott meg először Zubovits fejében a szárazföldi torpedó gondolata, amelyet az orosz–török háborúban volt lehetősége legelőször kipróbálni. Az előadáson kiemelte, hogy találmánya Kínában is nagy sikert aratott, Ji Csang Vu londoni kínai nagykövetet még nógrádi birtokán tanította meg a torpedó használatára.¹¹

Zubovits ismertetéséből kiderült, hogy az automata előőr s egy 80–85 dkg súlyú, 25 cm magas, 10 cm széles kis doboz. Az apró dobozok hajszálnyi fémsodronnyal vannak összekötve, melyet, ha megérintenek, bekövetkezik a robbanás, tehát botlódórótos aknát fejlesztett ki. Mivel a hágai békekonferencia 1899-ben deklarálta, hogy dinamittal, ekrazittal, melinittel (pikrinsav) nem harcolhatnak az ellenséges felek, Zubovits úgy alakította át az automata előőr s egyes dobozait, hogy a sodrony érintése során a dobozokból erős fénysugár szökjön fel a levegőbe, figyelmeztetve az ellenséget a veszélyre, s csak 20–25

⁸ Nógrádi Lapok és Honti Híradó, 1887. június 5. 4; *Budapesti Hírlap*, 1887. május 22. 9–10.

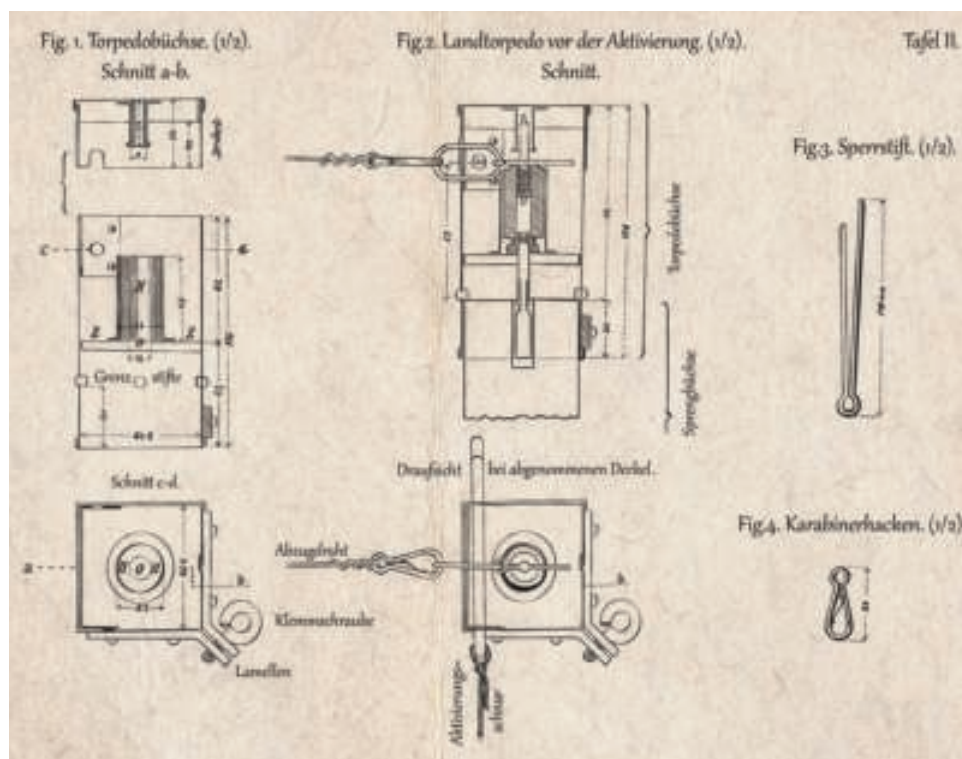
⁹ Zubovits Fedor Moritz von Auffenberg hadügyminiszterhez. Visegrád, 1912. október 14. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/241 (1912).

¹⁰ Írók és hírlapírók köre.

¹¹ *Pesti Hírlap*, 1901. december 2. 5

másodperc múlva explodálnak. Ennek a vészjelző berendezésnek a népszerűsítésére adta ki könyvét Triesztben angol és francia nyelven. [5] A kapitány előadásának egyik célja az volt, hogy ne vádolhassa őt senki hazaárulással azért, ha találmányát valamely külföldi állam megveszi és a Monarchia ellen felhasználja. Ebben a tekintetben előrelátó volt, mivel Szerbia is rendelkezett torpedóezreddel. Végül azt is elmondta, hogy angol konzorcium alakult találmánya értékesítésére, de egy magyar konzorcium is ajánlatot tett, és ez utóbbit részesítette előnyben. 1903-ban létre is jött a megállapodás a Hadügyminisztérium és Zubovits között, amely szerint az általa bemutatott hét új szárazföldi torpedómintát elfogadták, valamint megszerezték a készítési és használati jogot az egész közös hadsereg számára.¹² (2. ábra) A Hadügyminisztérium egy jelentése alapján ezek a torpedók jelentősen könnyebben kezelhetők voltak az első változatnál. Zubovits szerint egy állam által sem voltak ismertek az általa fejlesztett új típusok (kerek aknák, csigaaknák, aszfaltaknák, párhuzamos aknák).¹³

1904-ben a szárazföldi torpedót az oroszok is bevetették Port Arthurnál, ahol 17 ezer japán esett el a torpedók miatt, amelyeket a kapitány szerint az oroszok elloptak a közös



2. ábra. Szárazföldi torpedó 1901-es változata (ÖStA KA KM HR1912 5A 25/241)

¹² Budapesti Hírlap, 1903. május 14. 8.

¹³ Az új torpedók használatáért Zubovits Fedor 20 ezer koronát kapott a közös Hadügyminisztériumtól. A közös Hadügyminisztérium 5. osztálya által készített referátum Zubovits torpedóinak használata során szerzett tapasztalatokról. 1912. október 26. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/241 (1912.); Zubovits Fedor Moritz von Auffenberg hadügyminiszterhez. Visegrád, 1912. október 14. Uo.

hadsereg utászezredétől. Zubovits a találmányaért ugyanebben az évben megkapta a kínai császártól a kínai I. fokozatú III. osztályú Kettős Sárkány Rendjelet.¹⁴

Ferenc József 1906. december 29-én kitüntetéssel jutalmazta a tevékenységét, elismerve a katonai műszaki téren szerzett érdemeit: a Vaskorona-rend III. osztályát adományozta a szolgálaton kívüli, viszonybeli címzetes honvéd századosnak, aki ezzel együtt elnyerte a lovagi címet.¹⁵

A SZÁRAZFÖLDI TORPEDÓ A KÖZÖS HADSEREGBEN

Zubovits már 1901-ben javasolta egy torpedóosztály létrehozását a Honvédelmi Minisztériumnak, ezt azonban elodázták, mivel a Magyar Királyi Honvédségnek csak 1913-ban lett tüzérségi alakulata. [6. pp. 153.] 1903-tól a technikai katonai bizottság kísérleteket hajtott végre, amelyek azonban nem mutattak kedvező eredményt a gyújtórendszert illetően, mivel azokat nem lehetett megbízhatóan hatástalanítani, ezért továbbfejlesztették a torpedódobozokat. A hadvezetés még 1912 őszén sem tervezett önálló aknafektető csapatot felállítani.¹⁶

Zubovits a közös Hadügyminisztériummal és a hadvezetéssel folytatott levélváltása arról tanúskodik, hogy 1912-től egyeztetések történtek a torpedó-szakasz felállításáról. A kapitány leveleiből egyértelműen látszik, hogy a háborús készülődés során úgy vélte „eljött az ő ideje” és végre bevetésre kerülhetnek a torpedói.

Zubovits 1912 őszén hosszú levelet intézett a közös hadügyminiszterhez, amelyben a harminc éve tartó mély megbántottságára, mellőzésére hivatkozott. Panaszaik között szerepelt, hogy 1883-ban nagyon alacsony árat ajánlottak a találmányaért, majd kilátásba helyezték számára, hogy a fegyverétől nem választják el, s a legmagasabb rendfokozatot is megszerezheti általa. Ezt az ígéretet nem váltották be, sőt – mint írta – még a féltékenység is közbe szőtt, mivel az akkori műszaki hadtest vezetője nem tűrte, hogy oda helyeztesse magát – technikai ismeretei ellenére – egyszerű ezredtiszként. Ezen okok miatt kénytelen volt külföldön érvényesíteni a tudását. Az új típusú torpedók elfogadása után biztatóan alakult a helyzete, mert Moritz von Brunner tábornok minden javaslatát jóváhagyta, a torpedó nyílt harcban való bevetését is támogatta. A tábornok egy „offenzív” torpedó-szakasz vezetésével bízta meg, és azt ígérte, hogy háború esetén kinevezik Przemyslbe aknagazgatónak.¹⁷

Zubovits levelében kérte a hadügyminisztert, hogy háború esetén osszák be a közös hadseregbe, s felajánlotta szolgálatait:

„[...] kérem azonban Excellenciás Uramat, hogy a nyílt harctéren történő aknaháborúban is vegye tekintetbe tapasztalataimat, még ha a háború fúriája – egy rövid

¹⁴ Uo.; *Budapesti Hírlap*, 1904. szeptember 1. 8.; Ezen kívül még a perzsa Nap- és Oroszlán-rend III. osztályát is neki adományozták. *Rendeleti Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára*, 1904. október 31. 259. Személyes ügyek c. rovat; *Budapesti Hírlap*, 1904. július 29. 8.

¹⁵ *Rendeleti Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára* – Személyes ügyek, 1907. január 8. 1.

¹⁶ A közös Hadügyminisztérium 5. osztálya által készített referátum Zubovits torpedóinak használata során szerzett tapasztalatokról. 1912. október 26. 1912. október 26. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/241 (1912).

¹⁷ Zubovits Fedor Moritz von Auffenberg hadügyminiszterhez. Visegrád, 1912. október 14.

időre – ez alkalommal is megkímélt minket. Az életcélom tulajdonképpen nem más, mint hogy a fegyveremnek helyet teremtsék a harcolók beszédében. – És ha e világon a szerencsém véget is érne, akkor Excelenciás Uram az utolsó lefokozásom örömmel fogadnám.”¹⁸

A „Zubovits-rendszerű” torpedók kezeléséhez szükséges oktatásról 1912 őszén döntött a közös Hadügyminisztérium. Az oktatócsoportot több gyalogsági szakasz parancsnokaiból és legénységéből tervezték létrehozni. Az instrukciók megadásának lehetőségét a szolgálaton kívüli Zubovits Fedor kapitánynak kívánták meghagyni, de a „lehetséges balesetek” miatt egy aktív tisztet bíztak meg, aki minden biztonsági előkészületért felelős lett. Az oktatással kapcsolatos minden rendelkezést a 4. hadtestparancsnokság hatáskörébe helyezték. A Hadügyminisztérium 5. osztálya által kiadott dokumentumban azt is rögzítették, hogy a Magyar Királyi Honvédség tisztjeinek esetleges részvétele miatt a honvédelmi miniszternek is a 4. hadtestparancsnoksággal szükséges egyeztetni. A betanítás eredményéről, a szerzett tapasztalatokról a közös Hadügyminisztérium 1912. november 15-ig kért jelentést. A döntésről Zubovits kapitányt is értesítették.¹⁹

Zubovits 1912 decemberében felháborodásának adott hangot amiatt, hogy a 4. hadtestparancsnokság a torpedó-tanszakaszt Brnóban tervezi felállítani, nem pedig lakhelye, Barcola közelében. Szerinte az ügy elhúzódása „a veszély órájában” arról tanúskodik, hogy a tekintélyt parancsoló fegyvernek a fontosságát nem ismerték fel, ezért jelezte, hogy Bécsbe utazik a hadügyminiszterhez és a vezérkarhoz.²⁰

1913. május 22-én végül teljesült Zubovits Fedor legnagyobb életcélja. A hadügyminiszter és a Vezérkar vezetője végül döntött a torpedószakasz felállításáról. Zubovits Alexander von Krobotin hadügyminiszterhez intézett levelében sürgette a hadvezetést a mielőbbi teendők elvégzésére, nehogy megghiúsuljon a terv, s javasolta, hogy a szakasz Vácon kapjon szállást az 1. honvéd huszárezred mellett.²¹

Ezzel azonban nem zárult le az ügy, júniusban Zubovits újabb panasszal fordult a hadügyminiszterhez a csatolt utasítás miatt: „a lehetséges balesetekre való tekintettel meg kell, hogy bízzanak egy tisztet, aki minden biztonsági előkészületért felelős”. Minden késszen állt az oktatás megkezdésére, Zubovits a hadianyagot is megkapta, de a fenti utasítást nem fogadta el. Már korábban is felmerült ez a kérdés, amelyet Zubovits természetesen visszautasított. Megjegyezte, hogy „ez a passzus ugyanannyit tesz, mintha Bleriot mesterpilóta22 mögé olyan tábori helynököt helyeznének, aki azt a parancsot kapja, hogy Bleriot

¹⁸ Uo.

¹⁹ Döntés a Zubovits-rendszerű szárazföldi torpedó használatához szükséges oktatásról és annak megszervezéséről. 1912. november 15. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/141 (1913).

²⁰ Zubovits Fedor Georg Domaschnian alezredeshez. Trieszt, Barcola, 1912. december 12. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/241 (1912); Georg Domaschnian (1868–1940) román nemzetiségű vezérkari vezérkari tiszt volt, 1906-tól vezette a közös Hadügyminisztérium 5. osztályát, 1911-től vezérkari alezredesi, majd 1913-tól vezérkari ezredesi rendfokozatban. A Monarchia felbomlása után Romániában politikai szerepet vállalt.

²¹ Zubovits Fedor Alexander von Krobotin hadügyminiszterhez. Visegrád, 1913. május 29. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/141 (1913).

²² Louis Blériot francia mérnök, konstruktőr, pilóta, a repülés egyik úttörője. A La Manche-csatorna átrepülésével véghez vitte a repülés történetének első tenger feletti távrepülését.

munkáját irányítsa és őt megvédje a veszélytől.” Nemcsak sértőnek, hanem szégyenteljesnek is érzete, hogy fölé helyezzenek egy tisztet:

„[...] én, mint a fegyver feltalálója hat államban több mint 5 ezer torpedózt képeztem ki, és ezekben az államokban önálló parancsnok voltam, ahol soha nem robbant fel idő előtt egy hüvely sem abban a 27 évben, amíg a fegyver körül tevékenykedtem, két hadjáratban golyóesőben ástam aknát, ma egy utásztiszt parancsnoksága alá kell kerüljek? Aki a torpedók tulajdonképpeni lényegéből semmit sem ért!”²³

Zubovits szerint a műszaki csapatok intrikája miatt döntöttek így, s kérte a hadügyminisztert, bízson a tudásában, s jelezte, hogy amelyik tisztben az ambíciónak csak egy szikrája is megvan, nem tudja felhördülés nélkül elviselni ezt a visszaléptetést. Levele végén óvatosabban fogalmazott: „Bár, ha megválnék 27 évi álmaittól és éppen felépített menyországomtól – amit Öexcellenciája kegyének köszönhetek megvasadna a szívem, ha Öexcellenciája úgy akarja, úgy kívánsága számomra parancs és – engedelmeskedem.”²⁴

A kapitány – egy hónappal később – sérelmeit megírta a közös Hadügyminisztérium 5. osztálya vezetőjének, Georg Domaschnian alezredesnek is, és ismét tiltakozott a fölé helyezett árkásztiszt miatt.²⁵

Zubovits szinte fanatikusan levelezett ügyéért. Újból a hadügyminisztert „ostromolta” – leveléből úgy tűnik, beletörődve, hogy árkászfelügyelő tisztet helyeztek fölé. Türelmetlen volt, mert nem tudta időben elkezdni a munkáját a hosszú bürokratikus eljárás miatt. Utasítást kapott, hogy vegye fel a kapcsolatot az árkászfelügyelővel, akinek sürgönyözött, de szolgálati távollétre hivatkozott az illető (a forrásokból nem derül ki, hogy ki volt a tiszt).²⁶

Zubovits sürgette volna azt oktatást, de az árkásztiszt késedelmes szolgálatba állítása miatt ismét kitolódott a határidő. A kapitány felháborodásának adott hangot a Krobotinhoz írott újabb levelében, hogy kénytelen ezt az ellenségeskedést attól eltérni, akit fölé kijelöltek. Kifogásolta azt is, hogy Domaschnian vezérkari alezredes a legutóbbi tárgyalásukkor azt kérte tőle – a Škoda Művekre hivatkozva, amely próbaágyúkat bocsátott a hadsereg rendelkezésére –, hogy a torpedóit át kellene adni a Škodának. A másik kifogása az volt, hogy az alezredes tíz napban határozta meg az oktatás idejét, holott az eddigi képzésein ez hat hetet vett igénybe, s ez esetben is ezt az időt jelölte meg. Zubovits a küzdelmet feladni látszott:

„Hogy tehát honnan vette az alezredes úr az ötletet nem tudom, annyit tudok csupán, hogy nem vagyok képes ez ellen a nyílt ellenségeskedés ellen tovább harcolni. Ezen kívül bizony hagyományos balszerencsémhez tartozik az, hogy az

²³ Zubovits Fedor Alexander von Krobotin hadügyminiszterhez. Visegrád, 1913. június 2. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/141 (1913).

²⁴ Zubovits Fedor Alexander von Krobotin hadügyminiszterhez. Visegrád, 1913. június 2. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/141 (1913).

²⁵ Zubovits Fedor Georg Domaschnian alezredeshez. Visegrád, 1913. július 9. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/141 (1913).

²⁶ Zubovits Fedor Alexander von Krobotin hadügyminiszterhez. Visegrád, 1913. július 25. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/141 (1913).

ügyem egy olyan úr kezébe került, akinek a torpedókról és robbanóanyagokról fogalma sincs! És aki Őfelségének magának egykori parancsát is ellensúlyozta. Mivel Őfelsége már 15 évvel ezelőtt kegyeskedett a szakaszom önálló parancsnokává ki-nevezni, az alezredes úr azonban ezt a legfelsőbb parancsot nem találta jónak és egyszerűen figyelmen kívül hagyta.”²⁷

Zubovits augusztusban újabb levélben értesítette Alexander von Krobotin hadügyminisztert, hogy az árkászfelügyelővel elrendelt szakmai egyeztetése elmaradt a felügyelő utazása miatt, ezért a kezdés két héttel eltolódik. Felháborodásának adott hangot: „Következésképpen az év októberében lesz épp egy éve, hogy Domaschnian alezredes úr helytelen intézkedései és rosszindulata miatt kénytelen voltam ügyem végérvényes elintézésére várni.”²⁸

Az előkészületek további részleteit nem ismerjük, de a Zubovits-féle torpedóosztály felállítása valóban megkésve, az I. világháború kitörésekor történt meg. Zubovits kapitánynak az osztag vezetésére vonatkozó elképzeléseit sikerült érvényesíteni a hadvezetés köreiben. A háború során egyértelműen kiderült, hogy az Osztrák–Magyar Monarchia messze elmaradt a haditechnika fejlesztésében az európai nagyhatalmaktól. Balla Tibor hadtörténész szerint ez a politikusok és az uralkodó konzervativizmusaival is magyarázható, akik nem tulajdonítottak jelentőséget a harci eszközök robbanásszerű fejlődésének, ezért új fegyvereket, modern technikai vívmányokat késve, vagy egyáltalán nem vezettek be. A tüzérségi lőszeretek tekintetében a levegőben robbanó srapnelek gyártásának adtak elsőbbséget. [7. pp. 636–638.]

ZUBOVITS TORPEDÓJA AZ I. VILÁGHÁBORÚBAN

Az I. világháború kitörésekor Zubovits Fedor a váci külső huszárlaktanyában létrehozott, mintegy 500 főből álló hadifogolytábor felügyelő parancsnoki feladatait látta el, majd 1914 őszén, 68 évesen honvédhuszár századosként tényleges szolgálatot vállalt. 1914 szeptemberében kérelmet intézett báró Hazai Samu honvédelmi miniszterhez, hogy a címzetes századosi rangját ténylegesre változtassák. Anyagi helyzetére hivatkozott, amely jelentősen megromlott. Indoklásai között szerepelt a hadseregben eltöltött 51 év, s, hogy a háború alatt a családjáról is gondoskodnia kell. Kérelmét rövid időn belül elbírálták és megkapta az előléptetést.²⁹

A Zubovits Fedor vezetésével megalakult szárazföldi torpedóosztagról a sajtó is beszámolt. A *Váci Hírlap* tudósított először a torpedóosztagról, hogy a közel 100 főből

²⁷ Zubovits Fedor Alexander von Krobotin hadügyminiszterhez. Visegrád, 1913. július 25. ÖStA KA, KM Hauptreihe Akten 5A 25/141 (1913).

²⁸ Uo.

²⁹ Rákos Vidéke, 1914. szeptember 20. 5. A váci hadifoglyok.; Zubovits Fedor Hazai Samu honvédelmi miniszterhez. Vác, 1914. szeptember 4. ÖStA KA, KM, Hauptreihe, Akten 11A 6–55/40 (1914); Zubovits Fedor tényleges századosá kinevezése. A Honvédelmi Minisztérium felterjesztése Alexander von Krobotin közös hadügyminiszterhez. ÖStA KA, KM, Hauptreihe, Akten 11A 6–55/40 (1914).

álló legénysége először Vácon gyakorlatozott. Mielőtt áttették a gyakorlat helyszínét Kisorosziba és Diósjenőre, Zubovits megbízást adott Hirmann István szerszámgyárosnak, hogy néhány ezer példányt készítsen el a torpedókból.³⁰

A szárazföldi torpedók alkalmazása a kárpáti frontvonalon

1915 telén már a Kárpátokban találjuk a torpedóosztagot, amely ekkor valószínűleg a 17. cs. és kir. gyaloghadosztály alá tartozott. [8. pp. 32.] A hadosztály által 1915. január 23-án, valamint február 27-én indított offenzíva az oroszok által körülzárt Przemysl erőd felmentése érdekében sikertelen volt. Az oroszok a Duklai-szoroson át ismét benyomultak Magyarországra.

1915 februárjában a *Pesti Napló* újságírója tudósított a duklai frontvonalról, ahol interjút készített Zubovits kapitánnyal, akit a przemysli erődről is kérdezett. Zubovits elmondta, hogy az aknákat a leggyakrabban az éj leple alatt, kúszva, négykézláb helyezik el a két lövészárk között. Przemyslről azt nyilatkozta, hogy nagyon jól ismeri az erődöt, zseniális tervezőjével, Brunner altábornaggyal korábban együtt dolgozott.³¹ Zubovits torpedóiról készült Hadügyminisztériumi referátum is alátámasztja azt a tényt, amely szerint a kapitányt 1903-ban Przemysl várparancsnokságának műszaki osztályába sorozták be. A kapitány az interjúban kiemelte, hogy bizonyos mértékben részese a műnek, amelyet a világ egyik legnagyobb erődjének tartott.³²

A torpedó I. világháborús bevetésével kapcsolatos információkat a korabeli visszaemlékezésekből tudjuk rekonstruálni. Az első és legfontosabb ezek közül a Kárpátokban harcoló Lisznai Damó Elemér visszaemlékezése, amelyet Rózsafi János hadszíntérkutató tárt fel. Lisznai Damó Elemér a székesfehérvári 17. honvéd gyalogezred utász századosa 1915. március 14-én azt a feladatot kapta, hogy a Varházától délnyugatra húzódó Korumkó-hegy gerincén olyan műszaki akadályokat építtessen, amelyek csökkentik a meglepetésszerű rajtaütéseket. Ekkor vetették be a Zubovits-féle torpedót.

„1915. március 16-án délután három órára vártuk Zubovits Fedor százados érkezését. Kíváncsi voltam rá, mert már sokat hallottam emlegetni, de még nem láttam soha. 4 óra felé érkezett ki Zubovits Fedor egy nagyobb csoporttal. A zászlóaljparancsnokok, századparancsnokok odagyülekezettek köréje. Az egyik küldönc kész aknákat vett elő. Ezek dinamittal töltött dobozok voltak. A dobozba beépítve egy rugós, ütésre gyújtó szerkezet, melyben egy gyújtó

³⁰ Tolnai Világlapja, 1931. július 29. 51. Zubovits Fedor.; Váci Napló, 2014. október 31. 8. A huszárkapitány, aki Vácnál próbálta ki a szárazföldi torpedóját.; Váci Hírlap, 1914. november 1. 3. Zubovich torpedói.

³¹ Moritz von Brunner altábornagy (1839–1904) 1894-ben került a przemysli hadmérnöki stáb élére. Az északeleti, XIII. számú erőd az ő eredeti tervei alapján épült.

³² Pesti Napló, 1915. február 26. 5–6. Zubovits kapitány Przemyslről.; A közös Hadügyminisztérium 5. osztálya által készített referátum Zubovits torpedóinak használata során szerzett tapasztalatokról. 1912. október 26. 1912. október 26. ÖStA KA, KM, Hauptreihe Akten 5A 25/241 (1912).

szeg egy töltény gyutacsára vágott. Ez meggyújtotta a 2gr-os robbanó gyutacsot, az pedig a robbanószert.

A készülék az által jött működésbe, hogy egy botló huzal a rugóval megfeszített gyújtószegből kihúzta a biztosító sasszeget, miáltal a rugó előre csapja a gyújtószeget. Olyan, mint a puska elsütésekor lejátszódó művelet, csak itt a závarzat szerkezetű rész az aknára van szerelve. Mutatott még egy készüléket, mely olyan volt, mint egy vágott fél kg-os ekrazit szelence, mely belül üres. Ez ugyanolyan elcsattanó készüléket tartalmazott, mint a kész akna és bármely ekrazit szelencére ráhúzható, s egy csavar segítségével ráerősíthető volt. Egyébként azonos céllal, azonos módon működött, mint a kész akna, ez volt a szárazföldi torpedó!” [9]

Damó Elemér vállalta a 25 darab kész 5 kg-os aknának és 30 darab gyújtófejnek a telepítését. Zubovits ezután továbbment a szomszédos debreceni 3. honvéd gyalogezredhez. Az aknákat sakkáblaszzerűen helyezték el, a botlójuzalokat élő fákhöz erősítették, és levelekkel, bokrokkal takarták el. Március 24-én hajnali fél négykor hatalmas robbanásokra ébredtek a debreceni 3. honvéd gyalogezred állásánál. 50 akna robbanhatott fel, 37 orosz foglyot ejtettek. Damó százados utasítást kapott a helyszín ellenőrzésére, naplójában részletezte a széttépett emberi testek borzalmas látványát, amely fogadta. Az éjjeli harc során így a 17-es honvédeknek nem volt veszteségük, mert az oroszok megrohanással igyekeztek az állásba betörni, amit Zubovits Fedor szárazföldi torpedója akadályozott meg. [10]

Csabai István egykori reáliskolai tanár, aki a cs. és kir. 39. gyalogezred tartalékos századosa volt, az 1915-ös tavaszi kárpáti harcokban egy munkásosztágot irányított, amely a gyalogsághoz és a tüzérséghez egyaránt be volt osztva, és Zdinian bombavető állásokat készített. Csabai visszaemlékezésében az alábbiakat olvashatjuk.

„Zubovits Eperjesen székelt, itt gyártotta torpedóit és vagonszámra küldte ki a frontra, ahol az ezredek körletében beépített állásokból küldözgették őket a muszkák felé! ...Amint hírlett, ekkor még nehézkes volt ezeknek az aknának a kezelése, egy esztendő múlva már ez is tökéletesedett, s nagyon elterjedt, majdnem kiszorította az ágyút!” [11. pp. 51.]

Nyíri Elemér – civilben nyíregyházi vasutas – szintén a kárpáti harcok során találkozott Zubovits torpedóival. 1915 tavaszán ugyanis 165 emberével órákon keresztül védelmezett egy magaslatot, amelyet 3600 főnyi orosz gárdacsapat támadott. Nyíri a lövészárokból tartózkodott, onnan látta Zubovits torpedóit működés közben. Nyíri szerint az aknák egy része önmagától robbant, ha valaki rálépett, a többi pedig villamosvezetékekkel volt összekötve, s egy gombnyomásra egy egész mező repült a levegőbe. Minden akna 50 méteres körzetet pusztított el maga körül. Nyíri elmondása szerint maga is irányította az aknák és a torpedók bonyolult szerkezetét. Az eredmény: 800 halott és tömérdek sebesült az orosz oldalon, az orosz gárdaezred támadása ennek köszönhetően teljesen összeomlott, Nyírit zászlóssá léptették elő. [12. pp. 143.]

A harctérről küldött hivatalos jelentés szerint az orosz támadások ereje 1915. március 24. és 26. között érte el a tetőpontját, ekkor hatszoros túlerővel támadtak. Az egyes helységek és hadállások kétszer-háromszor is gazdát cseréltek, mivel az oroszok 15-20

éjszakai támadást intéztek egy-egy állás ellen, azonban akciójuk nem járt sikerrel. Az orosz áldozatok számát 18-20 ezerre becsülték. A legnagyobb veszteséget Szemelynyénél és Alsópagonynál szenvedték el. A sajtóban külön kiemelték Zubovits kapitánynak, az aknászszázlój parancsnokának érdemeit, akinek új eljárási módja lehetővé tette, hogy néhány perc alatt egy egész mezőiséget alá tudtak aknázni. Ugyanakkor – valószínűleg az aknák telepítése során – magyar áldozatokat is követelt a torpedók bevetése.³³

A Kárpátokban zajló harcok során 1915 áprilisában maga Zubovits is megsebesült. Urai Dezső, a *Pesti Hírlap* tudósítója a sebesülés előtt három napot töltött Zubovitscsal Eperjesen, s mint írta:

„[...] itt ismerte meg a kitűnő férfit, mint bátor katonát, mint a technikai tudományokban jártas embert és mint nyelvtalentumot. Az egész város ismerte. Amikor délben végigment az utcán panyókára vetett mentében, amelyen a torpedóosztály lángoló bombajelvényét viselte mellén az érdemkeresztekkel, még az ezredek is előre üdvözölték. A feszes testtartású, marcona bajuszú, hangos beszédű katonában senki sem sejtette az idős embert. Sokat mesélt életéről, kalandjairól, de gyakran emlegette, hogy meg akar halni, s az aknászait sajnálta, akiket elvesztett. Később újabb és újabb rendelkezéseket diktált segéd tisztjeinek arra az esetre, ha elesik, majd harmadnap kiment Szemelynyére, a rajvonalba, onnan érkezett a hír, hogy megsebesült.”³⁴

Ezután osztályát, mely négy szakaszból állt, kivették kezéből és a műszaki vezetők irányítása alá helyezték. Zubovits 1916-ban a nyugdíjazása ellen írott memorandumában utalt a történetekre. Úgy vélte, a Kárpátokban 1915 márciusától akadályozták kötelessége teljesítésében, véleménye szerint azért, mert Bártfán cseh tisztjek jelenlétében szóvá tette a 17. lovashadosztály fölösleges feláldozását és a 28. cseh ezred hűtlen magatartását.³⁵

Sebesülése után Zubovits botra támaszkodva ugyan, de 1915 júniusában jelentkezett Hazai Samu honvédelmi miniszternél, hogy küldjék őt újra a harctérre. Ezt követően tette közzé a Magyar Királyi Honvédség rendeleti közlönye, hogy „az ellenség előtt teljesített kitűnő szolgálataiért a legfelsőbb dicsérő elismerésben részesült”. A kitüntetési javaslat indoklásában az országos torpedórészleg formálásában, kialakításában, kiképzésében szerzett érdemeit ismerték el (3. ábra).³⁶

³³ A tudósítás szerint Zubovits drót és egyéb különös eljárás nélkül robbantotta föl aknatelepeit. *Pesti Hírlap*, 1915. április 14. 3.; *Pesti Hírlap*, 1915. április 12. 4–5. Zubovits Fedor megsebesült.

³⁴ *Pesti Hírlap*, 1915. április 12. 4–5. Zubovits Fedor megsebesült.

³⁵ Felmentése háttérben Zubovits bizonyos Maschek ezredes személyes bosszúját feltételezte. 1916. március 24-én memorandumot intézett báró Krobatin vezérezredeshez, amelyben nyugdíjazását kifogásolta, s amelyet becsületét sértő eljárásnak tekintett. A Magyar Királyi Honvéd Főparancsnokság felterjesztése a m. kir. honvédelmi miniszterhez. 1916. augusztus 4. HL, HFP, Elnöki iratok I. 75. 1916 eln. 2705.

³⁶ Ez a Ferenc József által alapított katonai érdemérem – Signum Laudis (a dicséret jele) ezüst fokozata volt. *Rendeleti Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára* – Személyes ügyek, 1915. július 31. 1050.; A K. u. k. Főparancsnokság (AOK) kitüntetési javaslata Zubovits Fedor számára az ellenség előtt teljesített kitűnő szolgálatainak elismeréséül. 1915. április 6. HL, 2661.

Zubovits és torpedói az olasz fronton

1915 júniusában Zubovitsot az olasz frontra küldték az Isonzóhoz, ahol azonban Svetozar Borojević hadseregparancsok nem tulajdonított nagy jelentőséget Zubovits torpedóosztágának, ezért nem a fővonalra, hanem egy mellékvonalra helyezte. Innen 1915 őszén Bruneckre került, ahol 1916 januárjáig működött Ludwig Goiginger altábornagy 17. gyaloghadosztálya alatt.³⁷ Az osztrák–magyar csapatoknak ezen a frontvonalon Cortinát, illetve a Kreutzberg-hágót kellett megtartaniuk, amely néhány kilométerre található Pusterthaltól, ahol az egyetlen vasútvonal futott keresztül. Pusterthal olasz kézre jutása Tirol elvágását jelentette volna a hátszágtól, az utánpótlástól.

Zubovits Fedor itt hajtotta végre utolsó vakmerő cselekedetét. 1915. szeptember 20-án a kapitány parancsot kapott, hogy a torpedóosztállyal haladók nélkül vegyen részt a Monte Pianón folyó ütközetben. Állásukat aznap óriási erővel támadták az olaszok. A kapitány, aki a völgyben levő Popenánál már 60 órája küzdött, azonnal hozzáfogott a parancs teljesítéséhez. A Monte Piano közel 3000 méter magas tetejére kellett följutnia osztályával a keskeny szerpentin-ösvényen, de a Szemelnyénél bal lábán kapott gránátseb miatt ő maga lóháton ment. 500 kilogrammnyi dinamitot vitt fel csapatával a gránáttűzben. Az 1000 méteres szakadékok és a gránátzapor ellenére sikerült feljutniuk a Monte Pianóra. Az út során 11 ember esett el, de gránátszilánk nem talált el egy torpedót sem. Ezt az „élményt” a kapitány egy versben is megörökítette.³⁸

Sikerei ellenére 1916 januárjában Zubovits osztagát feloszlatták és békeállomásra rendelték. Zubovits hősie tettét méltó elismerésben részesítette Ferenc József, ugyan-is 1916 márciusában vitéz magatartása elismerésül megkapta a hadidíszítményt a III. osztályú Vaskorona-rendhez.³⁹ A kitüntetési javaslatra adott válaszban olvasható, hogy Zubovitsnak

„az általa készített robbanó lemezek aktiválásához szükséges volt felkeresni az elűl-ső frontvonalakat és lelkesedésében személyesen vitte az aknákat a Mt. Pianon, a Col di Lano-on és a Val. Popenán. Zubovits minden pillanatban, minden nap személyes vitézségéről tett tanúbizonyságot. Nagyon jó szolgálatot tett a hadosztálynak. Ezt a kötelességtudó, hűséges offenzívát magas kora ellenére példamutató-nak tartom, kitüntetést érdemel.”⁴⁰

1916 májusában őrnaggyá léptették elő, illetve magas korára hivatkozva nyugdíjazták, amit Zubovits méltánytalannak érzett, ezért memorandumot írt Ferenc Józsefhez, melyben nyugdíjazása ellen tiltakozott.⁴¹

³⁷ Zubovits működését az altábornagy elismerte. A Magyar Királyi Honvéd Főparancsnokság felterjesztése a m. kir. honvédelmi miniszterhez. 1916. augusztus 4. HL, HFP, Elnöki iratok I. 75. 1916 eln. 2705.

³⁸ *Pesti Hírlap*, 1916. március 16.12.; *Tolnai Világlapja*, 1915. december 9. 26.

³⁹ Hazai Samu honvédelmi miniszter Alexander von Krobotin hadügyminiszterhez. Budapest, 1916. december 16. ÖStA KA, KM, Haupttreihe Akten 8A 58–1/337 134 (1906); *Rendeleti Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára – Személyes Ügyek*, 1916. március. 18. 581. *Nógrádi Hírlap*, 1916. július 9. 2.

⁴⁰ A K. u. k. ITD Pustertal kitüntetési javaslata Zubovits Fedor számára. 1916. január 26. HL, 19238.

⁴¹ *Rendeleti Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára – Személyes ügyek*, 1916. május 8. 1239.



3. ábra. Zubovits Fedor az I. világháború idején készült portréja
(*Képes Krónika*, 1920. november 16. [ADT PLUS])

Az igen szenvedélyes hangvételű memorandumból kiderül, hogy Zubovits az I. világháborúban szinte minden vagyonát feláldozta: az a tőke, amelyet katonai, harctéri és tudományos expedíciói alatt szerzett, mintegy 162 ezer koronát tett ki, amit Zubovits a Lemberg–Csernovitz–Jassy vasutak részvényeibe fektetett, a részvények azonban elértéktelenedtek; továbbá a 3. hadsereg számára egy váci gyárban rendelt 4000 darab torpedót, amelyeket csak személyes közbenjárása után fizetett ki a budapesti katonai parancsnokság, azonban időközben visegrádi házáat lefoglalták, és perköltséget is fizetnie kellett.⁴²

A főhadparancsnokság 1916. augusztus 4-i keltezésű fogalmazványából kiderül, hogy július 31-én Zubovits őrnagyot személyesen is kihallgatta ügyével kapcsolatban Baczynszky László ezredes, ennek figyelembevételével tettek javaslatot a végleges döntésre.⁴³

A hadsereg főparancsnok a döntés indoklásában kiemelte, hogy a modern haditechnika fejlődése a szárazföldi torpedók teljesítő képességét (hatását) már messze túlszárnyalta, de elismerte, hogy Zubovits bizonyos eredményeket ért el vele, melyet az uralkodó előléptetéssel és két alkalommal kitüntetéssel jutalmazott. Nyugdíjazása kapcsán idős korára hivatkoztak, elismerték kivételes egyéniségét, s hogy mind szellemileg, mind fizikailag erőteljes, de utaltak rá, hogy magán hordozza az „aggkór” jeleit, és úgy vélték, hogy fiatalabb katonáknak kell átadnia a helyét, továbbá kifogásolták, hogy a megengedhető határokat is túllépve, előjáróival szemben helyén nem való kritikát gyakorolt.⁴⁴

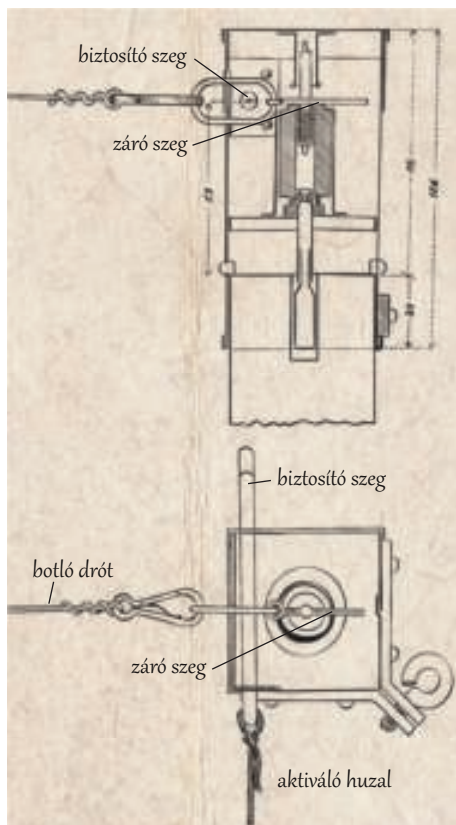
A döntési javaslat szerint Zubovits Fedor őrnagyot öt évre az öt megillető alacsonyabb kiszabású illetékek szerinti ellátással időleges nyugállományba helyezték.⁴⁵ A fenti állítás, mely szerint Zubovits találmányát az I. világháború időszakának haditechnikája már „messze túlszárnyalta”, nem állja meg a helyét. A nagy háborúban a brit tankok megjelenését követően, a védelmi vonalak áttörésének megakadályozásában a leghatékonyabbnak a „harckocsi elleni aknák” bizonyultak, amelyek első változatai hasonló elven alapultak, mint a Zubovits által kifejlesztett találmány. [13. pp. 517.] Németországban 1916 decemberében

⁴² A Magyar Királyi Honvéd Főparancsnokság felterjesztése a m. kir. honvédelmi miniszterhez. 1916. augusztus 4. HL, HL, HFP, Elnöki iratok I. 75. 1916 eln. 2705.

⁴³ Uo.; Ezt követően Zubovits még 80 ezer koronát hadikölcsönbe fektetett. *Pesti Hírlap*, 1917. január 9. 12.

⁴⁴ A Magyar Királyi Honvéd Főparancsnokság felterjesztése a m. kir. honvédelmi miniszterhez. 1916. augusztus 4. HL, HFP, Elnöki iratok I. 75. 1916 eln. 2705.

⁴⁵ Uo.



4. ábra. Torpedóakna 1928-ban
[15. 241. ábra, pp. 260.]

ipari méretekben kezdték gyártani a harc-
kocsi elleni aknákat, melyekből a háború
utolsó két évében 3 millió darabot készí-
tettek. [14. pp. 71–72.]

A hadsereg főparancsnok véleményé-
nek igazi kritikáját azonban az 1928-ban
a *Műszaki oktatás a műszaki csapatok szá-
mára* (2. füzet. *Robbantások*) című, a m.
kir. Honvédelmi Minisztérium által pub-
likált kiadvány jelenti. Ennek 43.§-a tár-
gyalja a szárazföldi torpedóaknákat, ahol
Zubovits aknája „köszön vissza” azzal a kü-
lönbséggel, hogy a korábbi 04M mintájú
húzásra működő gyújtót az újabb, ugyan-
olyan működési elvű 13-as mintájú gyújtó
váltotta fel. [15. pp. 355–365.] Vagyis a ma-
gyar haderő – az I. világháborúban szer-
zett tapasztalatok ellenére – még ekkor
sem rendelkezett a kor követelményei sze-
rinti aknákkal...

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Kazareczki, N. (2024). *Igazmondó Háy János – Zubovits Fedor rendhagyó katonai pályája*. Budapest: Zrínyi.
- [2] Lukács, L. (2014). A honi katonai robbanástechika az I. világháborúban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(2), 49–80.
- [3] *Pallas Nagy Lexikona* Vol. 16. (1897). Budapest: Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt. (Eredeti kiadás: 1893–1897).
- [4] Kelemen, F. (2014). Szárazföldi torpedó – a Zubovits-féle 1908M akna. *Haditechnika*, 48(3), 66–72.
- [5] Zubovits, F. von. (1902). *The automatic sentinels and land torpedoes*. Trieste: Meneghelli & C.
- [6] Balla, T., Pollmann, F. (2013). Magyarok az Osztrák–Magyar Monarchia haderejében és a vörös hadseregben. In H. Róbert (szerk.), *Kis magyar hadtörténet* (pp. 153–181). Budapest.
- [7] Balla, T. (2014). A militarista birodalom mítosza: Az osztrák–magyar haderő az első világháború előestéjén. *Hadtörténelmi Közlemények*, 127(3), 628–645.
- [8] Hermann, A., Szanyi, M. (2012). „Csak előre édes fiam...” A magyar Szent Korona országaiból sorozott hadosztályok, ezredek és zászlóaljok jelvényei a Nagy Háborúban. Debrecen.

- [9] Rózsafi, J. (2013. november 28.). Ezredparancsnok a rohamozók élén. *A Nagy Háború írásban és képből* [Blog]. Retrieved February 13, 2018, Online: http://nagyhaboru.blog.hu/2013/11/28/ezredparancsnok_a_rohamozok_elen
- [10] Rózsafi, J. (2011. augusztus 3.). Zubovics Fedor torpedója a Kárpátokban. *A Nagy Háború írásban és képből* [Blog]. Retrieved August 9, 2016, Online: https://nagyhaboru.blog.hu/2011/08/03/zubovics_fedor_szarazfoldi_torpedoja_a_karpatokban
- [11] Csabai, I. (1935). *Fakereszték mentén, népek országútján. Élmények, tanulmányok az 1914–18. évi világháborúról*. Budapest.
- [12] Tábori, K. (szerk.). (1916). *Magyar hősök, 1914–1916*. Budapest: Pesti Napló.
- [13] Lukács, L. (2023). *Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből*. Budapest: Ludovika. Retrieved August 30, 2025, Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/102291>
- [14] Lukács, L. (2023). *Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban az 1800-as évek végétől napjainkig*. Budapest: Ludovika. Retrieved August 30, 2025, Online: <https://tudasportal.uninke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/101950>
- [15] M. kir. Honvédelmi Minisztérium. (1928). *E.–34 (Műsz. okt. műsz.) Műszaki oktatás a műszaki csapatok számára. 2. Füzet – Robbantások I. rész*. Budapest.

ROBBANÓANYAGOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK TOXICITÁSA¹

Bara Attila²

ABSTRACT

Pollution by explosive ordnance can potentially lead to significant environmental and health impact; in addition to the danger of detonation, many ordinary explosives and byproducts are toxic. This paper describes some of the main environmental and health impacts of explosive substances, propellants and pyrotechnics. Common energetics like TNT, RDX, or their mixture are long-lasting toxins that can be metabolized in the body and the environment, producing toxic chemical intermediates. Environmental pollution can facilitate the transmission of these toxins across the food chain; this necessitates careful management and bioremediation in order to preserve the health of humans and animals. In reality, the toxic chemicals from military ordnance, munitions or hardware in drinking water, surface water, soil and air have a greater danger to more people than a simple accidental explosion.

Keywords: explosive ordnance pollution, persistent energetics (TNT, RDX), human and ecological toxicity, food chain bioaccumulation, bioremediation and pollution management

ÖSSZEFOGLALÁS

A robbanóanyagok okozta szennyezés jelentős környezeti és egészségügyi hatásokkal járhat; a detonáció veszélye mellett számos közönséges robbanóanyag és ennek mellékterméke mérgező. Ez a tanulmány a robbanóanyagok, hajtóanyagok és pirotechnikai elegyek néhány fő környezeti és egészségügyi hatását ismerteti. Az olyan elterjedt energetikai anyagok, mint a TNT, az RDX vagy ezek keverékei, hosszú távú mérgezőanyagok, amelyek metabolizálódhatnak a szervezetben és a környezetben, mérgező kémiai intermediereket termelve. A környezetszennyezés elősegítheti ezen mérgezőanyagok átvitelét az élelmiszerláncra keresztül; ez gondos kezelést és bioremediációt tesz szükségessé az emberek és állatok egészségének megőrzése érdekében. A valószínűleg a katonai robbanóeszközökből vagy a lőszerkekből származó mérgező vegyi anyagok az ivóvízben, a felszíni vízben, a talajban és a levegőben nagyobb veszélyt jelentenek az emberre, mint egy véletlenszerű robbanás. [1]

Kulcsszavak: robbanóanyag-szennyezés, perzisztens energetikumok (TNT, RDX), humán és ökológiai toxicitás, élelmiszerlánc bioakkumuláció, bioremediáció és szennyezéskezelés

¹ Toxicity Of Explosives And Related Compounds

² Drakon Group LTD., oktatási igazgató, tűzszerészvezető és főoktató, bányászati és ipari robbantástechnikai szakmérnök; E-mail: a.bara@outlook.fr; ORCID: 0009-0003-3935-5589.

BEVEZETÉS

A robbanóeszközök (EO)³ a környezet kémiai úton történő szennyezésének lehetséges forrásai. A robbanóanyagok, amelyeket néha energetikai anyagoknak is nevezünk, ki kerülhetnek a környezetbe, ami toxikológiai és környezeti kockázatot jelenthet az élővilágra. [2]

A robbanótestek úgynevezett gyújtólánccal rendelkeznek, ez egy olyan robbanóanyag-rendszer, melyben az anyagok érzékenyséjük szerint vannak elrendezve. Mindezek az összetevők környezetszennyezéshez vezethetnek, ha rendeltetésszerűen indítják be, illetve, ha a környezetben hagyják, vagy nyílt égetéssel, detonációval (OBOD)⁴ semmisítik meg őket.

A hadsereg és az aknamentesítési szektor a múltban nem feltétlenül ismerte fel teljes mértékben, hogy a robbanótestekben található robbanóanyagok és fémek nemcsak közvetlen robbanás és repeszhatás veszélyét hordozzák magukban, hanem potenciálisan hosszú távú kockázatot is jelentenek a környezetre és az emberi egészségre. Mindazonáltal könnyű félreértelmezni a toxikus veszélyt, amelyet bizonyos robbanóanyagok vagy fémek, például az ólom jelentenek.

A katonai, valamint az aknamentesítő szervezetek és a polgári szektor előtt álló kihívás nehézsége az, hogy olyan módszereket hozzanak létre, amelyek a lehető legnagyobb mértékben csökkentik a szennyeződés kockázatát. Ezek a mérséklő intézkedések lehetnek olyan egyszerűek, mint egy központi megsemmisítőhely (CDS)⁵ kiválasztása a végleges megsemmisítéshez, a talaj pH-értékének⁶ tesztelése vagy a kézi lőfegyverek lőszerének (SAA)⁷ szigorúbb megsemmisítési módszerei.

Az egyéb intézkedések magukban foglalhatják a veszélyes lőszer, például a kinetikus penetrátorok és az érzéketlen töltetű robbanóeszközök felismerésére irányuló fokozott képzést, valamint a robbanásveszélyes hulladék felelősségteljes hatástalanítására és a robbanásveszélyes vegyi anyagok maradékának csökkentésére irányuló fokozott erőfeszítéseket. Ezek az intézkedések, valamint más, még fejlesztési stádiumban lévő kezdeményezések korlátozott lehetőségeket kínálhatnak a robbanóanyag-hatástalanítás környezeti hatásainak minimalizálására.

A ROBBANÓANYAGOKBÓL SZÁRMAZÓ SZENNYEZŐDÉS FORRÁSAI

A robbanóanyagok és más vegyületek toxicitásának és környezeti következményeinek teljes megértéséhez meg kell érteni, hogy az anyagok hogyan mozognak a környezetben, és milyen hatásaik vannak. Az anyagok mozgásának vagy szállításának folyamata a környezetben három különálló komponensként írható le, amelyek közül az első a forrás, a második az útvonal, a harmadik pedig a receptor.

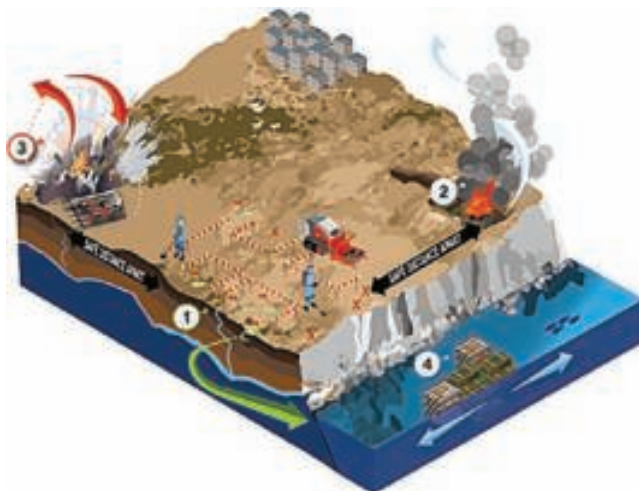
³ A robbanóeszközök angolszász megnevezésének rövidítése.

⁴ Nyílt égetés és nyílt robbantás angolszász megnevezésének rövidítése.

⁵ Central Demolition Site – központi megsemmisítő hely angolszász rövidítése.

⁶ A pH (potenciális hidrogén) egy kémiai mértékegység, amely egy oldat savas vagy lúgos kémhatását mutatja.

⁷ Kézilőfegyver-lőszer angolszász megnevezésének rövidítése.



1. ábra. Konceptcionális forrás–útvonal–receptor ábra*[3]

* Az ábra szemlélteti a robbanóanyaggal kapcsolatos tevékenységekből származó szennyező anyagok kapcsolatát, körforgását

Az 1. ábra a források és a potenciális receptorok közötti útvonalakat szemlélteti a robbanóeszközökkel szennyezett területen és annak környékén, annak érdekében, hogy a környezetre gyakorolt lehetséges hatások előre jelezhetők legyenek.

1. Elásott robbanóeszköz, melynek esetében a szennyeződés a robbanóeszköz töltetéből és burkolatából szivárog ki. A potenciális receptorok az emberek, a talaj és a talajvíz.
2. Az energetikai anyagok nyílt égetése, melynek során a szennyeződés a földre hulló égett törmelékből származik, amely a talajra hullva a talajba, majd a vízbe szivárog. A potenciális receptorok az emberek, az élőlények, az élőhelyek, a talaj és a talajvíz.
3. Nyílt robbantás, amely során a szennyeződés a robbanószer és a robbanótöltet burkolata által terjed. A potenciális receptorok az emberek, az élőlények, a lakóhelyek, a talaj és a talajvíz.
4. Tengerbe dobott, süllyesztett víz alatti lőszerek, robbanóeszközök, amelyek a szennyeződés a korrodálódott robbanóanyagokból és a fémhüvelyekből származnak. A potenciális receptorok a víz alatti ökoszisztéma és az emberek. [3]

A robbanóeszközökből származó szennyező anyagok a robbanás során fellépő gyors kémiai reakciók révén kerülnek ki a robbanás közeli környezetébe. Ez nemcsak rátett töltet megsemmisítésével történik, hanem olyan hatástalanító vagy megsemmisítő tevékenységek révén is bekövetkezhet, mint a nyílt égetés és az incineráció,⁸ amelyek gázok és fémhulladékok káros anyag kibocsátásával, valamint vizuális szennyezéssel, például fekete, sárgásbarna füsttel járnak. [4]

Végző soron, a robbanóanyagok és más robbanótöltet-összetevők, például a fémek vagy a különböző típusú műanyagok a burkolat korrodálásával és robbanóanyagok és rokon vegyületek talajba történő bejutásával is a környezetbe kerülhetnek.

⁸ A hulladék megsemmisítésének egyik módszere, amely során a szilárd vagy folyékony hulladékot nagy hőmérsékleten (800–1200 °C körül) elégetik.

A szennyező anyagok talajfelszínről történő átvitelének három fő mechanizmusa van:

- a szilárd anyagok fokozatos lebomlása mechanikai hatás hatására;
- a fémek kémiai átalakulása más vegyületekké a korrózió révén;
- a víz általi oldódás.

A fémek jellemzően korrodálódnak, míg az energetikai anyagok nagyobb valószínűséggel feloldódnak a víz hatására. Ezek a folyamatok a szilárd anyagokat kisebb szemcsékké és a környezetben mozgékonyabb kémiai formákká alakítják, ami azt jelenti, hogy képesek a talajfelszínen keresztül szállítódni a vízáramlással és a csapadékvízzel pedig a talajon keresztül könnyen mozognak. [5]

Az, hogy a szennyező anyagok milyen sebességgel terjednek a környezetben, három tényezőtől függ:

- a szennyező anyag kémiai tulajdonságaitól;
- a szárazföldi környezet természetétől;
- az éghajlati viszonyoktól.

Emiatt ugyanaz a szennyező anyag különböző sebességgel terjedhet különböző környezetben, mely különbségeket elsősorban a szennyező anyag oldódási módja és a talajjal való kölcsönhatás lehetősége okozza.

A szennyező anyag környezetre gyakorolt hatása attól függ, hogy a szennyező anyag mekkora része éri el az érzékeny receptort, illetve hogy mennyi ideig van kitéve a receptor a szennyező anyagnak. [6]

A fémeknek és energetikai anyagoknak a mikroorganizmusokra, növényekre és állatokra gyakorolt toxikológiai hatásai széles skálán mozognak, valamint jelentősen eltérhetnek attól függően, hogy az expozíció akut⁹ vagy krónikus.¹⁰ Egyes esetekben a toxikus hatások nem feltétlenül jelentkeznek azonnal, de összefüggésbe hozhatók például a rák kialakulásának megnövekedett valószínűségével vagy a terhesség alatti mutáció fokozott kockázatával, melyek nyilvánvalóvá válása évekbe telhet. [7]

A szennyezett talaj és víz mérgező hatással lehet a növényekre és a mikroorganizmusokra, mely hatások a biodiverzitás hosszú távú csökkenéséhez és a talaj egészségi állapotának jelentős romlásához vezethetnek, ami fenntarthatatlanná teszi azt mezőgazdasági vagy egyéb felhasználási célokra.

A ROBBANÓANYAGOK ÉS ROKON VEGYÜLETEK KÖRNYEZETI HATÁSAI

A hagyományos energetikai anyagokat, vagyis a robbanóanyagokat többféleképpen csoportosíthatjuk – az éppen szükséges prioritások figyelembevételével –, a felhasználási területük, a gyakorlati alkalmazásuk, a vegyi összetételük, az érzékenyséjük és más szempontok

⁹ Rövid távú expozíció.

¹⁰ Hosszú távú expozíció.

szerint. Ebben a tanulmányban a robbanószerkezetben való felhasználásuk módja alapján osztályozzuk őket.¹¹ [8]

A primer robbanóanyagok, melyek általában szervesetlen fémvegyületekből állnak, nagyon érzékenyek az iniciációra, és nagyon kis mennyiségben használják őket.

A szekunder robbanóanyagok (általában szerves vegyületek) többnyire erősebbek, mint az iniciáló robbanóanyagok, de kevésbé érzékenyek a mechanikai, elektrosztatikus vagy termikus hatásokkal szemben, ezért gyakran használják őket a robbanószerkezetek, robbanótestek fő robbanóanyag-tölteteként.

A hajtóanyagokat úgy tervezték, hogy gyorsan égjenek, ne pedig detonáljanak, valamint nagy mennyiségű gázt termeljenek, amelyet a meghajtásra használnak. A hajtóanyagok általában szintén szerves vegyületek.

A pirotechnikai eszközöket jellemzően egy adott hatás, vagyis hő, fény vagy füst előállítására tervezték, melyhez gyakran fémek és energetikai anyagok keverékeit használják fel. Az energetikai anyagok kémiai összetételének sokfélesége miatt a viselkedésük és a környezetre gyakorolt hatásuk jelentősen eltérhet.

AZ INICIÁLÓ ROBBANÓANYAGOK

A primer robbanóanyagokat többnyire gyújtókban, gyutacsokban és detonátorokban használják; érzékenyebbek a hőre, ütésre és súrlódásra, elektrosztatikus kisülésre, mint a brizáns robbanóanyagok (amelyeket booster¹² és fő töltetként használnak), és általában kevésbé stabilak kémiaiilag. A detonátorokban használt iniciáló robbanóanyagok némelyike hajlamos a bomlásra, ami kémiai reakcióba léphet a környező anyagokkal.

A higany-fulminát vagy durranóhigany $\text{Hg}(\text{CNO})_2$,¹³ amelyet néhány régebbi gyújtóban és detonátorban használtak, viszonylag stabil vegyületeket képez a lebomlásakor. A tetracén, amelyet újabb gyújtókban használnak azonban nedvesség és hő ($>60^\circ\text{C}$) jelenlétében lebomolhat, érzékenyebb primer robbanóanyagokat képezve, például 1-diaزيد-karbamoil-5-azidotetrazolt C_2N_{14} .¹⁴

Az ólom-azid $(\text{Pb}(\text{N}_3)_2)$ ¹⁵ egy iniciáló robbanóanyag, amelyet gyakran használnak katonai lőszerekben. Az ólom-azid bomlásterméke (hidrogén-azid, HN_3) reakcióba léphet olyan fémekkel, mint a réz, a cink és a kadmium, vagy ezek ötvözetei, és rendkívül érzékeny robbanóanyagokat képezhet. Ez az egyik oka annak, hogy az iniciáló robbanóanyagokat alumínium bélésbe préselik, mielőtt a külső detonátor kapszulába, amely például réz-nikkel ötvözetből készül, és ebbe beépítik. [9]

Ha a detonátorkapszula megsérül, a bejutó nedvesség hidrogén-azid¹⁶ képződését okozhatja. Alternatív megoldásként az ólom-azidot és ólom-sztifnátot tartalmazó gyújtószerkezetek telítődése potenciálisan csökkent funkcionalitáshoz vezethet.

¹¹ Magas hatóerejű robbanóanyagok (primer, szekunder robbanóanyagok), hajtóanyagok (lőfegyver- és rakéta-hajtóanyagok), pirotechnikai elegyek (gyújtóanyagok és keverékek).

¹² Indítóöltet.

¹³ Nagyon robbanékony kémiai vegyület, a fulminsav higanysója.

¹⁴ Az azidoazid-azidként is emlegetett heterociklusos szervesetlen vegyület rendkívül érzékeny robbanóanyag.

¹⁵ Nagyon robbanékony kémiai vegyület, a hidrogén-azid ólomsója.

¹⁶ Nagyon bomlékony, savjellegű vegyület, még a gőze is robbanásveszélyes.

AZ ELSŐDLEGES ROBBANÓANYAGOK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI

Az elsődleges robbanóanyagokat itt nem tárgyaljuk, mivel olyan kis mennyiségben használják őket, hogy hatásuk ritkán jelentős.

A BRIZÁNS ROBBANÓANYAGOK

Általánosságban elmondható, hogy a fő töltetekben és a boosterekben használt katonai robbanóanyagok figyelemreméltó módon stabilak és ellenállóak különböző behatásokkal szemben. Az első világháborúból származó 2,4,6-trinitrotoluol (TNT)¹⁷ és a második világháborúból származó kompozit-B¹⁸ vagy RDX¹⁹ még mindig hatékonynak tekinthetők, a kémiai és/ vagy fizikai tulajdonságaikat figyelembe véve, kevés jelentős változással vagy reakciójellel.

Nagyon kis mértékű bomlás előfordulhat, de a detonációs folyamat során a teljesítményben mutatkozó bármilyen eltérés általában jelentéktelen. A pikrinsav közismertebb nevén 2,4,6-trinitrofenol (TNP),²⁰ egy nitroaromás vegyület, amely hasonló a TNT-hez. Az első és a második világháború során is használták, de kiderült, hogy kölcsönhatásba lép különböző fémekkel, így rendkívül erős robbanóvegyületet hozva létre.

A BRIZÁNS ROBBANÓANYAGOK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI

A leggyakrabban használt másodlagos robbanóanyagok, mint például az RDX és a TNT, jelenleg a legnagyobb potenciális környezeti aggodalmat jelentik. Ez azért van, mert ezeket gyártják és használják a legnagyobb mennyiségben világszerte, és toxicitási jellemzőik miatt ezeket tanulmányozták a legtöbbet. Az első világháborút követően, egészen az érzéketlenített robbanóanyag²¹ közelmúltbeli megjelenéséig a legtöbb nagy robbanóerejű robbanóeszköz TNT-t vagy RDX-et tartalmazott, vagy a kettő keverékét.

A nitro-aromás²² TNT viszonylag gyorsan oldódik vízben vagy csapadék hatására (200 mg/l), és oldatban rózsaszín árnyalat jellemzi. Hasonló vegyületek, mint például a pikrinsav és a TNT bomlástermékei, a 2,4-dinitrotoluol (DNT), színes oldatokat hoznak létre a vízben, amelyek néha erősen szennyezett helyeken is megfigyelhetők. A TNT és a hasonló vegyületek mérgezőek az emberekre, állatokra és növényekre. [10]

Az amerikai EPA²³ 2,2 µg/l-es határértéket határozott meg az ivásra szánt vízben, jelezve, hogy még nagyon alacsony koncentrációk esetén is hosszú távú káros egészségügyi hatások jelentkezhetnek. Ez azonban az ivóvízforrások TNT-szennyezésétől függ, amit gyakran megakadályoz a TNT gyors lebomlása a magas szervesanyag-tartalmú talajokban. [11]

¹⁷ A trotil vagy trinitro-toluol rövidítése.

¹⁸ A trotil és a hexogén keverékének rövidítése.

¹⁹ A hexogén rövidítése.

²⁰ A pikrinsav rövidítése.

²¹ Olyan robbanóanyagok, amelyek képesek ellenállni a külső környezeti hatásoknak.

²² Olyan aromás vegyületek, amelyek az aromás gyűrűhöz kapcsolódó nitrocsoporttal (–NO₂) rendelkeznek.

²³ Az Amerikai Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynökségének angol mozaikszava.

A TNT-szennyezés kockázata nagyobb, ha nagyobb a felszíni vagy talajvíz jelenléte; kockázat áll fenn a homokos talajban is, amely nem tartalmaz jelentős szerves anyagot, mivel a TNT nem bomlik le olyan gyorsan, így eljuthat a talajvízbe, vagy a felszíni vizekbe szivároghat. A TNT jellemzően DNT-izomerré bomlik le, amely rendkívül mérgező az emberre, mivel a hemoglobint²⁴ methemoglobinná²⁵ alakíthatja viszonylag alacsony, 0,13 mg/l-es küszöbérték mellett, ennek eredményeként az EPA veszélyes anyagnak tekinti.

Az RDX egy másik gyakori brizáns robbanóanyag, amelyet jellemzően TNT-vel kombinálnak, kevernek. Környezeti profilja eltér a TNT-től, például az RDX lényegesen kevésbé oldódik (30 mg/l), mint a TNT, de sokkal kevésbé hajlamos a talajban való lebomlásra, ezért nagyobb valószínűséggel átszivárog, átmosódik a talajon. Ennek eredményeként gyorsan átjuthat minden talajtípuson, hogy elérje a talajvizet. [12]

Az RDX bizonyos fokú toxicitást mutat az emberekre, állatokra és növényekre nézve. Különösen az emberek esetében a rák fokozott kockázatával hozható összefüggésbe, ezért az Amerikai Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége ivóvíz-határérték kritériuma 0,61 µg/l. [11] Mivel az RDX kevésbé érzékeny a lebomlásra, hosszabb ideig a környezetben maradhat és a receptorokra, például az emberre gyakorolt hatása vízforrásokon keresztül, a vegyszer felszabadulása után jelentkezik, amely akár évtizedekig is eltarthat.

Az 1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazooktán (HMX)²⁶ nagyon hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, mint az RDX, bár kevésbé oldódik és kevésbé mérgező, ezért kisebb hatással van a környezetre.

A TNT-t és az RDX-et gyakran keverékként használják olyan készítményekben, mint a kompozit-B. összetétel. Ilyen módon kombinálva befolyásolhatja, hogy mennyi idő alatt oldódik ki a TNT és az RDX a robbanószerkezetből a talajba. Amint a talajba kerülnek, ugyanazt a viselkedést fogják követni, mint ami a fentebb leírtakban szerepel. [13]

A különleges, külső környezeti hatásoknak ellenálló, vagy érzéketlen robbanóanyagokat (PBX),²⁷ amelyek műanyag (polimer) mátrixban szuszpendált energetikai anyagokból állnak, gyakran használják repülőgépeken és hajókon alkalmazott robbanótestekben és egyre népszerűbbek a szárazföldi felhasználásban. [14] Ezek némileg eltérően viselkednek a környezetben, a műanyag mátrix miatt a robbanószer kioldódása a töltetből általában lényegesen tovább tart, ami csökkenti a környezetbe kerülő robbanóanyag mennyiségét, különösen a tömeges töltetek esetében.

A detonációt követően azonban, különösen, ha azt nem szándékosan hajtották végre, például in situ megsemmisítés vagy deflagráció esetén, jelentős mennyiségű polimer rakódhat le a területen. Ezek toxicitási kockázatot jelenthetnek az élővilágra. Ezenkívül ezeket a PBX-eket a felszíni víz más környezetbe is elszállíthatja, ahol a robbanóanyag-tartalom hosszú idő alatt mosódhat ki a polimer mátrixokból.

A várakozásoknak megfelelően a műanyag komponensek lebomlása hosszú évekig is eltarthat, bár a lebomlás és az azt követő robbanóanyag-kimosódás gyorsabb a jelentős

²⁴ Egy olyan vastartalmú fehérjemolekula, mely az oxigén megkötéséért és annak szállításáért felelős a keringő vérben.

²⁵ A vörösvértestekben található hemoglobinhoz hasonló, de oxidált vasat (Fe³⁺) tartalmaz, amely nem képes oxigént megkötni és szállítani.

²⁶ Az oktogén rövidítése.

²⁷ Polimerkötésű robbanóanyagok rövidítése (polymer bonded explosives).

hőmérséklet-ingadozású és fényviszonyok között. A robbanóanyag-összetevők mellett a PBX formulák alumíniumot vagy oxidálószerket, például ammónium-perklorátot is tartalmazhatnak, amelyek szintén káros hatással lehetnek a környezetre.

A HAJTÓANYAGOK

A hajtóanyagokat rakétahajtóművekben, valamint lövedékek és lőfegyverek hajtótölteteiben használják. Sokuk kettős bázisú hajtóanyag, amely nitroglicerint (NG) és nitrocellulózt (NC) tartalmaz, amelyek viszonylag stabilak, de néhány év után bomlani kezdenek, különösen magas hőmérsékleten vagy hőmérsékletváltozásnál. Ennek a folyamatnak az egyszerűsített technikai magyarázata az, hogy a hajtóanyagok kémiai öregedése beindul. [15]

A hajtóanyagokban alkalmazott NG/NC készítmények jellemzően stabilizátorokat tartalmaznak, amelyek lassítják a bomlási folyamatot, de ezek a stabilizátorok csak korlátozott ideig (általában 10–20 évig) hatásosak. Ezen időszak után a hajtóanyag tulajdonságai jelentősen megváltozhatnak. Nyílt terepen, különösen mérsékelt éghajlaton, a hajtóanyag kiszárad és törékennyé válik, ahol emberi tevékenységnek van kitéve, fennáll a begyulladás veszélye nyílt láng vagy súrlódás révén. A szabadon lévő hajtóanyag sokkal érzékenyebb a gyulladásra, mint a legtöbb brizáns robbanóanyag, és gyakran okoz tüzet a lőszerraktárakban, a tárolóterületeken.

A lezárt tartályokban, mint a legtöbb rakétahajtómű esetében, a hajtóanyag bomlása során keletkező nitrogén-dioxid (NO_2)²⁸ gáz csapdába esik és megnövekedett nyomást eredményez, így még jobban felgyorsítva a hajtóanyag lebomlását. Ellenőrizetlenül ez spontán gyulladáshoz vagy robbanáshoz vezethet, amelyet autokatalitikus iniciációnak²⁹ neveznek. Számos jelentős készletrobbanást tulajdonítottak ennek a jelenségnek.

A HAJTÓANYAGOK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI

A hajtóanyagok három kémiai osztályba sorolhatók, amelyek mindegyike más-más környezeti viselkedést mutat. A lövegekben és rakétákban is használt hajtóanyagok leggyakoribb komponense a rostos polimer nitrocellulóz. Szerkezetének köszönhetően alacsony az oldhatósága, és bár nitrogénatomok elvesztése révén lebomolhat, a rostos szerkezet ép marad. Ezért a nitrocellulóz valószínűleg nagyobb darabokban, például vízáramlással fizikailag mozog a környezetben. A nitrocellulóz az egyik legkevésbé toxikus energetikai anyag és toxikológiai szempontból gyakran nem tekintik komoly aggodalomra okot adó anyagnak. [16] [17]

A hajtóanyagok második kémiai osztályába a nitroglicerint és a nitroguanidin tartozik. Mindkettő szerves vegyületnek minősül, és viselkedésüket tekintve hasonlóak a brizáns robbanóanyagokhoz a környezetben. Mindkettő jobban oldódik, mint a TNT vagy az RDX, és könnyen bejuthat a talajba, illetve potenciálisan a talajvízbe. Azonban mindkettő

²⁸ Vörösesbarna, mérgező gáz, amely erős oxidálószer és jelentős légszennyező anyag rövidítése.

²⁹ Kémiai reakció, amelynek egyik terméke, esetleg köztterméke a reakció katalizátora.

lényegesen kevésbé mérgező, mint a TNT vagy az RDX, különösen alacsony koncentrációkban, amelyek általában megtalálhatók a környezetben.

A nitroguanidin azonban nem különösebben érzékeny a biológiai lebomlásra, ezért a környezetben tartósan fennmaradhat, és gyorsan, a talajon keresztül a talajvízbe juthat. A felszínen jelenlévő nitroguanidin ammóniává és hasonló vegyi anyagokká bomlik, amelyek hozzájárulhatnak más környezeti hatásokhoz, például az eutrofizációhoz.³⁰

A hajtóanyagok harmadik kémiai osztályát olyan sók alkotják – mint az ammónium-perklorát –, amelyekről ismert, hogy alkotó ionjaik, azaz a perklorátionok (negatív töltésű) és ammóniumionok (pozitív töltésű) formájában maradandók a környezetben. Az ammónium-perklorát könnyen oldódik vízben, nem bomlik le és nem abszorbeálódik, ezért a víz áramlásával a talajvízbe kerül, ahol évtizedekig is megmaradhat.

Ennek eredményeként jelentős talajvízszennyezést dokumentáltak azokon a területeken, ahol korábban magas volt ammónium-perklorát expozíció, ideértve a gyártó üzemeket vagy a megsemmisítőhelyeket is. [18] Bár nem halálos azonnal, perklorát-expozíció negatív egészségügyi hatásokhoz vezethet, és az Amerikai Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége 11 µg/l ivóvízkoncentrációt javasol; egyes európai országok 2 µg/l határértéket szabtak meg.

Az ammóniumion káros egészségügyi hatásokat is okozhat az emberekre, valamint más élőlényekre nézve, ezért az Egészségügyi Világszervezet (WHO) 0,5 mg/l-es ivóvíz-határértéket javasol. [19] Meg kell jegyezni, hogy a perklorát- és ammóniumionok természetes úton is létrejöhetnek, és más forrásokból is származhatnak, például növényvédő szerekből és műtrágyákból. A katonai vagy polgári tevékenységekből származó szennyeződés azonban gyakran nagyságrendekkel magasabb, mint a természetesen előforduló perklorátoké.

A PIROTECHNIKAI ELEGYEK

A pirotechnikai készítmények általában szilárd oxidálószerke, melyek hajtó- és üzemanyagok keverékeiből állnak, gyakran szén-, kén- és fémpor elemeket, illetve vegyületeket is tartalmaznak. Az oxidálószerke olyan vegyületek, amelyek képesek más anyagokat oxidálni, azaz elektronokat elvonni tőlük. A klorátok (pl. nátrium-klorát NaClO_3) és nitrátok (pl. kálium-nitrát KNO_3) olyan sók, amelyek oxigéntartalmú anionokat tartalmaznak (ClO_3^- , NO_3^-), és képesek erőteljes oxidálószerként viselkedni különböző kémiai reakciókban. A nitrátok és klorátok oldódnak vízben, és mivel az oldatukban könnyen elérhetők az oxidációs reakciókhoz szükséges ionok, ezért erős oxidáló hatásúak lehetnek.

Az egyik leggyakrabban használt pirotechnikai készítmény a lőpor, amelyet általában hajtóanyagként vagy kidobótöltetként használnak, de pirotechnikai késleltetésre is használható. Mindkét helyzetben a kezdeti töltet gyújtása fontos az alaplőszer működése szempontjából, ha a töltet sérült vagy nedves, akkor valószínű, hogy a „fegyver” nem lesz rendeltetésszerűen hatékony.

³⁰ Az a folyamat, amelyben a vizek túl sok tápanyaggal, elsősorban nitrogénnel és foszforral dúsulnak fel, ami az algák és más vízi növények túlzott elszaporodásához vezet.

A PIROTECHNIKAI ELEGYEK KÖRNYEZETRE GYAKOROLT HATÁSAI

A pirotechnikai elegyek testre szabhatóak úgy, hogy a töltet kémiai összetételének beállításával speciális hatásokat keltenek, beleértve a fény-, a füst-, a zaj- vagy hő kibocsátást. [16] A kívánt hatást jellemzően fémek és fémsók használatával érik el, így az elsődleges környezeti hatás az oxidálószerből származó fém- vagy perklorátmaradványok lerakódása.

Jelentős fémmaradványok rakódnak le, különösen a rendeltetésszerű használat, valamint a nyílt égetéssel történő hatástalanítás, illetve megsemmisítés során, ami rövid távon légzőrendszeri problémákhoz, például asztmához vezethet, míg hosszú távon a növények és állatok növekedésére, fejlődésére, valamint viselkedésére lehet káros hatással.

Ezenkívül a fém formája és mennyisége, legyen az szilárd fém vagy fémion, jelentős hatással van a környezetre és az emberekre gyakorolt toxicitására, így a króm (fém) sokkal kevésbé mérgező, mint a krómion (Cr^{6+}).³¹ A pirotechnikai eszközök gyakran használnak fémsókat (pl. bárium-kromátot), amelyek potenciálisan erősen mérgező fémionok felhalmozódását okozhatják a környezetben.

Mára már számos fémről felismerik, hogy alacsony koncentrációban is jelentős egészségügyi hatásokat (toxikus, mutagén és rákkeltő) okozhatnak, és ezeket egyre jobban figyelemmel kísérik, valamint jogszabályok szabályozzák az alkalmazásukat. A pirotechnikában aggodalomra okot adó vegyületek közé sorolják általában az ólmot, az alumíniumot, a báriumot, a bórát, a rezet, a mangánt és a cinket, de számos más fémet is, melyek ritkábban használatosak vagy kevésbé jelentős a környezetre gyakorolt hatásuk. [20] Figyelemre méltó, hogy bár az alumínium nagy mennyiségben van jelen a környezetben, egyetlen pirotechnikai eszközben akár ennek a mennyiségnek a többszöröse, több 10 g is felhasználásra kerül a gyártás során.

Különösen jelentős káros környezeti hatásra példa a fehér foszfor,³² amelyet általában füstképző, világító robbanóeszközökben, pirotechnikában használnak. A fehér foszfor rendkívül reaktív, mérgező anyag, amely veszélyt jelent a környezetre. A fehér foszfor tartalmú robbanótestek felrobbanásakor foszfor-pentoxid (P_4O_{10}) és más foszfor-oxidok szabadulnak fel, amelyek a levegő nedvességével reagálva foszforsavat (H_3PO_4) képeznek. A foszforsav korrozív, maró hatású.

ÖSSZEGZÉS

A robbanószerkezetek, lőszer és más katonai hadianyagok jelentős környezeti kockázatot jelentenek a detonáció, az öregedés vagy a hatástalanítás során felszabaduló mérgező vegyi anyagok, robbanószerkezetek, rokon vegyületek és nehézfémek miatt.

Ezek a szennyező anyagok a talajviszonyoktól, az éghajlattól és a lőszer típusaitól függően az évtizedek során beszivároghatnak a talajba, így hosszú távú környezeti károkat okozva hatással vannak az emberekre, állatokra és növényekre. [21]

Ez a tanulmány nem ad teljes körű választ a robbanóanyagok okozta kémiai környezetszennyezés kérdésére. Ennek nagyrészt az az oka, hogy a tudósoknak még mindig sok megválaszolatlan kérdésük van ezen a területen.

³¹ A krómion, amelyben a króm atomnak +6-os oxidációs száma van, ez az oxidációs állapot rendkívül reakcióképes és különösen mérgező.

³² Rendkívül veszélyes mérgező anyag, ami szobahőmérsékleten is képes meggyulladni levegőn.

E problémák megoldásához³³ hatékony kockázatkezelési stratégiák kidolgozására van szükség, ideértve a felelős hatástalanítást, megsemmisítést, a megsemmisítésre kijelölt gondos kiválasztását és a tudatosság növelését, ugyanakkor még sok mindent meg kell érteni a vegyi szennyeződések teljes terjedelmével és hatásaival kapcsolatban.

1. táblázat. A robbanóanyagok és a rokon vegyületek emberi szervezetre gyakorolt hatása. A szerző szerkesztése a CLP* rendelet és az energetikai anyagok biztonsági adatlapjai alapján

Energetikai anyag	Kémiai összetétel	Potenciális toxicitás és/vagy hatás	H mondat**	Veszélyjel (GHS-piktogram)	Osztályozás
AN (Ammónium-nitrát)	NH_4NO_3	Alacsony vérnyomást, zúgó hangot a fülben, fejfájással társuló szédülést, hányingert, hányást, valamint ájulást okozhat.	H272 H319	 	Ox. Sol. 3 Eye Irrit. 2
DADNE FOX-7	1,1-diamino-2,2-dinitroetén $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_4$	Súlyos égési sérüléseket okozhat a szájbán és a torokban, valamint a nyelőcső és a gyomor perforációjához vezethet.	H201 H228 H302	   	Flam. Sol. 2 Acute Tox. 4
DNAN	2,4-dinitroanizol	Irritálja a bőrt és a szemet, hepatocelluláris károsodást (májkárosodást) és vérszegénységet okozhat, herekárosodás jelei mutatkozhatnak.	H228 H301	 	Flam. Sol. 1 Acute Tox. 3
DNT	2,4-DNT 2,6-DNT $\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_4$	Az expozíció methemoglobinémia, vérszegénységet, leukopéniát, májnekrozist, májrákot, szédülést, fáradtságot, gyengeséget, hányingert, hányást, nehézlégzést, izületi fájdalmat, álmatlanságot, remegést, bénulást, eszméletvesztést, mellkasi fájdalmat, légszomjat, szívdobogást, étvágytalanságot és fogyást okozhat.	H301 H331 H311 H341 H350 H361f H373 H400 H410	  	Acute Tox. 3 Muta. 2 Carc. 1B Repr. 2 Aquatic Acute 1 Chronic 1

³³ A hadsereg, az aknamentesítést végzők és a polgári szektor.

Energetikai anyag	Kémiai összetétel	Potenciális toxicitás és/vagy hatás	H mondat**	Veszélyjel (GHS-piktogram)	Osztályozás
Explosive D (Ammónium-pikrát)	Ammónium 2,4,6-trinitro- phenolate $C_6H_6N_4O_7$	Mérsékelten irritálja a bőrt, a szemet és a nyálkahártyát; hányingert, hányást, hasmenést, bőrszíneződést, dermatitist, kómát és görcsrohamokat okozhat.	H201 H315 H317 H319 H402 H412	 	Expl. 1.1 Eye Irrit. 2
HMX (Oktogén)	Octahydro-1,3,5,7- tetranitro -1,3,5,7-tetrazocine $C_4H_8N_8O_8$	Akut mérgezéshez vezethet, beleértve a központi idegrendszerre, a szívre, a vesére és a májra gyakorolt hatását; lehetséges emberi rákkeltő anyag.	H201 H205 H241 H301 H304 H311 H319	  	Expl. 1.1 Acute Tox. 2 Acute Tox. 3 Aquatic
Hydrazine (Hidrazin)	N_2H_4	Lehetséges rákkeltő hatású; máj, tüdő, központi idegrendszeri és légzőszervi károsodást, valamint halált okozhat.	H226 H301 H311 H314 H317 H331 H350 H410	    	Flam. Liq.3 Acute Tox. 2 Acute Tox. 3 Repr.Tox.1A Aquatic Chronic 1 Skin Sens. 1 Carcinogen 1B
Lead azide (Ólom-azid)	$Pb(N_3)_2$	Fejfájást, ingerlékenységet, csökkent memóriát, alvászavarokat, lehetséges vese- és agykárosodást okozhat, valamint vérszegénységhez vezethet.	H200 H302 H332 H360 H373 H400 H410	 	Expl.1.1 Acute Tox. 3 Acute Tox.4 STOT RE 2 Repr.Tox.1A Aquatic Chronic 1 Acute 1
Lead styphnate (Ólom-sztifnát)	$PbC_6HN_3O_8$	Széles körű szervi és szisztémás hatásokat okozhat, beleértve a központi idegrendszert, az immunrendszert és a veséket. Izom és ízületi fájdalmak, gyengeség, magas vérnyomás kockázata, étvágytalanság, kólika, gyomorrontás és hányinger.	H200 H302 H332 H360Df H373 H410	 	Expl.1.1 Acute Tox.4 STOT RE 2 Repr.Tox.1A Aquatic Chronic 1 Aquatic Acute 1

Energetikai anyag	Kémiai összetétel	Potenciális toxicitás és/vagy hatás	H mondat**	Veszélyjel (GHS-piktogram)	Osztályozás
Mercury fulminate (Higany-fulminát)	$\text{Hg}(\text{CNO})_2$	Lehetséges rákkeltő hatás; kötőhártya-irritációt és viszketést okoz; higanymérgezést, beleértve a hidegrázást, a kéz, láb, arc és orr duzzanatát, majd hajhullást és fekélyesedést; súlyos hasi görcsöket, véres hasmenést, fekélyeket, vérzést és a gyomor-bél traktus elhalását; valamint veseelégtelenséget okozhat.	H200 H302 H373 H330 H300 H310 H410	  	Expl.1.1 Acute Tox.1 Acute Tox.2 STOT RE 2 Repr.Tox.1A Aquatic Chronic 1 Aquatic Acute 1
Sodium Nitrate (Nátrium-nitrát)	(NaNO_3)	Fejfájással társuló szédülést, hányingert, hányást, valamint ájulást okozhat.	H272 H319	 	Ox. Sol. 3 Eye Irrit. 2
Nitroglicerín (Glicerín-trinitrát)	Glycerol trinitrate $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$	Szemirritációt, lehetséges szív- és érrendszeri hatásokat (beleértve a vérnyomásemést és a keringési problémákat), valamint mellkasi fájdalmat, akut miokardiális infarktust és hirtelen halált okozhat.	H200 H225 H301 H311 H331 H370	  	Unst. Expl. Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 Acute Tox. 2 Acute Tox. 1 STOT RE 2 Aquatic Chronic 2
Nitro-guanidine	$\text{CH}_4\text{N}_4\text{O}_2$	Nem rendelkezünk emberi vagy állati rákkeltő hatásra vonatkozó adatokkal. Specifikus toxikus hatásokat nem dokumentáltak.	H302 H312 H332 H315 H319 H335	 	Acute Tox. 4 Skin Irrit. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3
Perchlorate (Perklorát)	ClO_4^-	Az expozíció viszketést, könnyezést és fájdalmat okoz; gyomor-bél hurutot okozhat, hasi fájdalommal, hányingerrel, hányással és hasmenéssel; szisztémás hatások következhetnek be, többek között fülzúgás, szédülés, emelkedett vérnyomás, homályos látás és remegés. A krónikus hatások közé tartozhatnak a pajzsmirigy anyagcserezavarai is.	H271 H302 H319 H335 H373	   	Ox. Liq. 2 Skin Irrit. 2 Eye Irrit. 2 Acute Tox. 4

Energetikai anyag	Kémiai összetétel	Potenciális toxicitás és/vagy hatás	H mondat**	Veszélyjel (GHS-piktogram)	Osztályozás
PETN Nitropenta	Pentaerythritol tetranitrate $C_5H_8N_4O_{12}$	Szem- és bőrirritációt, valamint fejfájást, gyengeséget és vérnyomásesést okozhat.	H201 H241 H302 H316 H370 H373		Expl. 1.1 Acute Tox. 4 Acute Tox. 3 STOT SE 1 Aquatic
Picric acid (Pikrinsav)	2,4,6-Trinitrophenol $C_6H_3N_3O_7$	Fejfájás, szédülés, vesejtkárosodás, gyomorbélhurut, akut hepatitisz, hányinger, hányás, hasmenés, hasi fájdalom, bőrküüések és a központi idegrendszer súlyos zavara.	H206 H302 H331 H311		Expl. 1.1 Acute Tox. 4 Acute Tox. 3
RDX (Hexogén)	Hexahydro-1,3,5-trinitro-1, 3,5-triazine $C_3H_6N_6O_6$	Lehetséges emberi rákkeltő hatású, prosztataproblémákat, idegrendszeri problémákat, hányingert, hányást okozhat. Laboratóriumi, állatokon végzett kísérletek lehetséges szervkárosodásra utalnak.	H201 H301 H372 H401	 	Expl. 1.1 Acute Tox. 3 STOT RE 1 Aquatic 2
TATB	1,3,5-triamino-2,4,6-trinitrobenzol $C_6H_6N_6O_6$	Mérsékelt irritálja a bőrt, a szemet és a nyálkahártyákat.	H201 H302 H312 H332	 	Expl.11. Acute Tox. 4
Tetryl (Tetril)	2,4,6-Trinitrophenyl-NmethylNitramine $C_7H_5N_5O_8$	Köhögés, fáradtság, fejfájás, szemirritáció, étvágytalanság, orrvérzés, hányinger és hányás. A tetryl rákkeltő hatása nem bizonyított.	H225 H302 H312 H319 H332	 	Expl. 1.1 Acute Tox. 3 STOT RE 2
Tetrazene	$C_2H_6N_{10}$	Görcsöket, szemirritációt és látás károsodást, szívdepressziót és alacsony vérnyomást, hörgőnyálkahártya-károsodást és tüdőödémát, valamint halált okozhat.	H201 H302 H332 H319 H335	 	Expl. 1.1 Acute Tox. 4 Eye Irr. 2 STOT SE 3

Energetikai anyag	Kémiai összetétel	Potenciális toxicitás és/vagy hatás	H mondat**	Veszélyjel (GHS-piktogram)	Osztályozás
TNT	2,4,6-Trinitrotoluene $C_7H_5N_3O_6$	Lehetséges emberi rákkeltő hatású, máj- és bőrfertőzéseket, szürkehályogot okozhat.	H201 H301 H311 H331 H373 H411	   	Expl. 1.1 Acute Tox. 3 STOT RE 2 Aquatic Chronic 2
White phosphorus (Fehér foszfor)	P_4	Reprodukciós hatások. Máj-, szív- vagy vesekárosodást, bőrgéset, torok- és tüdőirritációt, hányást, gyomorgörcsöket, álmodást, valamint halált okoz.	H250 H300 H330 H314 H318 H400	   	Pyro. Solid 1 Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 Skin Irrit. 1A Eye Irr. 1

* Az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról szóló 1272/2008/EK rendelet rövidítése.

** A H-mondat, a Globálisan Harmonizált Rendszerben (GHS) használt szabványosított kifejezés, amely leírja a vegyi termékkel kapcsolatos konkrét veszélyeket.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Albright, R. D. (2012). *Cleanup of chemical and explosive munitions* (2nd ed.). Elsevier.
- [2] Monteil-Rivera, F., et al. (2009). Fate and transport of explosives in the environment: A chemist's view. In *Ecotoxicology of explosives and unexploded ordnance*. Taylor & Francis Group.
- [3] Temple, T., et al. (2021). *Guide to explosive ordnance pollution of the environment*. Geneva: Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD).
- [4] Estrellan, C. R., Iino, F. (2010). Toxic emissions from open burning. *Chemosphere*.
- [5] Larson, S. L., et al. (2008). Dissolution, sorption, and kinetics involved in systems containing explosives, water, and soil. *Environmental Science & Technology*, 42.
- [6] Swartjes, F. A. (2015). Human health risk assessment related to contaminated land: State of the art. *Environmental Geochemistry and Health*, 37.

- [7] Sall, M. L., et al. (2020). Toxic heavy metals: Impact on the environment and human health, and treatment with conducting organic polymers – a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27.
- [8] Lukács, L. (2017). *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből*. Dialóg Campus.
- [9] Lazari, G., et al. (2009). A metamagnetic 2D copper(II)-azide complex with 1D ferromagnetism and a hysteretic spin-flop transition. *Dalton Transactions*.
- [10] Ro, K. S., et al. (1996). Solubility of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) in water. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 41.
- [11] United States Environmental Protection Agency. (2014). *Technical fact sheet – 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT)*. U.S. EPA.
- [12] Johnson, M., et al. (2015). *Wildlife toxicity assessments for chemicals of military concern* (1st ed.). Elsevier.
- [13] Taylor, S., et al. (2009). Simulated rainfall-driven dissolution of TNT, Tritonal, Comp B and Octol particles. *Chemosphere*, 75.
- [14] Daruka, N. (2023). Érzéketlen robbanóanyagok I. Célkeresztben a TNT és a Composite B kiváltása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(2).
- [15] Evans, R., et al. (2023). *Guide to the ageing of explosive ordnance in the environment*. Geneva: GICHD.
- [16] Akhavan, J. (2011). *The chemistry of explosives* (3rd ed.). Royal Society of Chemistry.
- [17] Quinn, M. J. Jr. (2015). Wildlife toxicity assessment for nitrocellulose. In *Wildlife toxicity assessments for chemicals of military concern* (Ch. 11). Elsevier.
- [18] Weeks, K. R., et al. (2003). A study of treatment options to remediate explosives and perchlorate in soils and groundwater at Camp Edwards, Massachusetts. *Remediation*, 13(2).
- [19] World Health Organization Regional Office for Europe. (2017). *Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive): Recommendations*. WHO Regional Office for Europe.
- [20] Jaishankar, M., et al. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2).
- [21] Frost, A. (2021). Mitigating the environmental impacts of explosive ordnance and land release. *Mine Action Review*.

KOTRÓGÉPEK ÉS HÁNYÓKÉPZŐK ROBBANTÁSOS BONTÁSA¹

Kovács Gergő² – dr. Virág Zoltán István³

ABSTRACT

Obsolete open-pit excavators, often decommissioned due to mine closures or technological advancements, contain significant amounts of recyclable steel but pose substantial challenges for demolition due to their size and complexity. Traditional mechanical demolition methods are time-consuming and costly, particularly for thick steel plates and rigid structural components. Explosive demolition, specifically using Linear Shaped Charges (LSC), offers an efficient alternative for the precise and rapid separation of steel structures.

Keywords: Open-pit mining, spreaders, excavators, explosive demolition, LSC

ÖSSZEGZÉS

A külfejtéses bányászatban használt nagyméretű kotrógépek életciklusuk végén gyakran feleslegessé válnak, mivel a bányabezárások miatt a felhasználhatóságuk erősen korlátozott. Ezeknek a gépeknek az acélszerkezetei jelentős mennyiségű újrahasznosítható anyagot tartalmaznak, azonban méretük és komplexitásuk miatt bontásuk komoly műszaki kihívást jelent. A hagyományos mechanikus bontási módszerek időigényesek és költségesek, különösen a vastag acéllemezek és merev szerkezeti elemek esetében. A robbantásos szerkezetbontás, különösen a lineáris alakú töltetek (Linear Shaped Charges, LSC) alkalmazása hatékony alternatívát kínál az acélszerkezetek gyors és precíz szétválasztására.

Kulcsszavak: Külszíni bányászat, hányóképző, kotrógép, robbantásos bontás, LSC

BEVEZETÉS

A mátra- és bükkaljai lignitek a földtörténeti újjidő harmadidőszakának végén, az úgynevezett pliocén korban képződtek, körülbelül 5–8 millió évvel ezelőtt. A mátra-bükkaljai előfordulás a Pannon-beltenger kiédesedő, lefűződő öbleit kísérő szubtrópusi, mocsári növényzet elpusztulásából keletkezett – a mocsári ciprusok, a lombos fák (pl. éger, fűz), valamint a nagy tömegű sás és nád felhalmozódásából. A lignit a szénülés kezdeti fázisát képviseli, bennük a növényi alkotórészek jól felismerhetők. A telepképződés adottságai miatt a lignit minőségét viszonylag alacsony fűtőérték, magas hamu- és nedvességtartalom jellemzi. A lignitlepek között és fölött homokos, iszapos, agyagos üledékek

¹ Explosive Demolition Of Excavators And Spreaders

² MVM Mátra Energia ZRt., földtudományi mérnök, bányászati és ipari robbantástechnikai szakmérnök; e-mail: kromhor@yahoo.co.uk; ORCID: 0009-0005-2499-0904.

³ Miskolci Egyetem, egyetemi docens; e-mail: zoltan.virag@uni-miskolc.hu; ORCID: 0000-0003-2259-8878.



1. ábra. Külszíni lignitbánya látképe (a szerzők felvétele)

települtek. A visontai külfejtéses bányászat 1964-ben, a bükkábrányi 1985-ben kezdte meg működését.

A külfejtéses bányászat (1. ábra) technológiája szerint először marótárcsás kotrógépekkel el kell távolítani a lignitlepek felett elhelyezkedő meddőrétegeket (a termőtalajt, az agyagot, az iszapot, a homokot és más rétegeket), majd a haszonanyag kitermelése merítéklétrás kotrógépekkel történik. Ezek a gépek folyamatos jövesztést tesznek lehetővé, amely során a lignit szállítószalag rendszeren keresztül az erőműbe kerül további felhasználásra. A meddőanyagokat vissza kell tölteni a nyitott, már letermelt bányatérsgébe, amelynek folyamata hányóképző gépekkel történik. Ahogy az egyik külfejtés kimerült, továbbhalad a bánya, és a kitermelt meddőanyagot az előző terület gödrébe töltik. Az értékes termőtalajt a többi meddőanyagtól külön kezelik.

Az EU különböző környezetvédelmi előírásai miatt a fosszilis tüzelőanyagokat próbálják a háttérbe szorítani, ezért szóba került a bányák működésének korlátozása, melyből kifolyólag az itt dolgozó nagygépek egy része feleslegessé válhat. Speciális tulajdonságaik miatt a további használhatóságuk a legtöbb esetben nem lehetséges, ezért szükség lehet az elbontásukra. A nagygépek dimenziói miatt célszerű lehet ezeknek a szétszerelését robbantási technológiával elkezdni. A cikk egy külszíni bányászatban használt hányóképző gép robbantással történő elbontását taglalja.

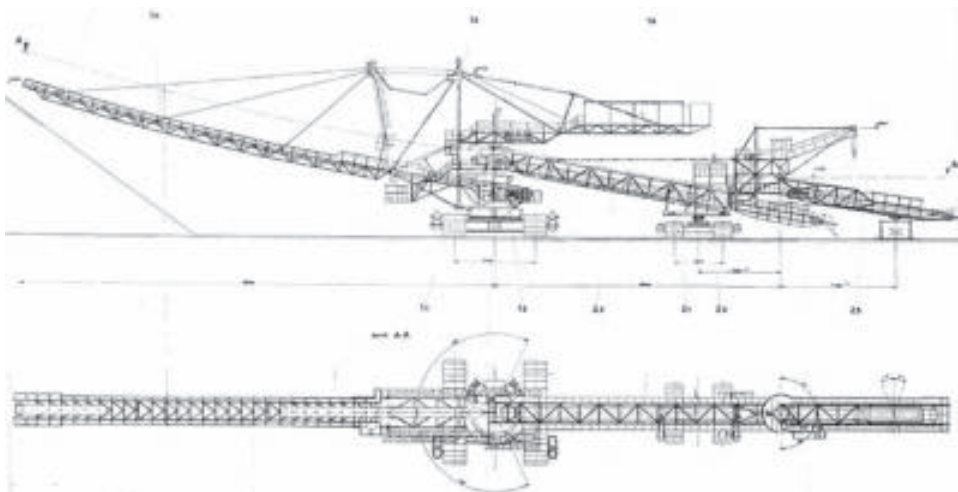
A MUNKAGÉP PARAMÉTEREI

A külszíni bányákban használt különböző kotrógépek és hányóképzők alapvető felépítése megegyezik abban, hogy egy lánctalpas menetelőműre egy acél rácsszerkezet van építve.

A cikk tárgyát képező hányóképző gép (2. és 3. ábra) felső felépítménye két, oldalra kinyúló hosszú ráccstartót tartalmaz, amelyen a meddő anyagok szállítását szolgáló szállítószalagok találhatóak. Továbbá található még egy gém, amely egyensúlyt tartva megvalósítja a gép stabilitását. A gép paraméterei a következők:



2. ábra. Hányóképző gép (a szerzők felvétele)



3. ábra. Hányóképző gép átnézeti rajza

Forrás: Kovács Gergő: Visonta Bánya üzemképtelen hányóképző gépének (HK4) robbantás általi bontása. Szakdolgozat, 2025. Miskolci Egyetem Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar Bányászat és Energia Intézet

- Kihordóberendezés: 420 t
- Közberső szalagkocsi: 186 t
- Össztömeg: 606 t
- Legnagyobb hosszúság: 115 m
- Legnagyobb magasság: 20 m
- Legnagyobb szélesség: 13 m
- A kihordóoldal kinyúlása: 58 m
- A feladóoldal kinyúlása: 55 m

A robbantás megtervezéséhez elengedhetetlen információk kellene a gép anyagáról, illetve szükséges a gép fő tartóelemeinek lokalizálása, ezen elemek paramétereinek pontos ismerete. A hányóképző gép anyaga szerkezeti acél, melynek tulajdonságai:



4. ábra. I-profilú gerenda (a szerzők felvétele)

- Sűrűség: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
- Rugalmassági modulus: $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
- Poisson-tényező: $\nu = 0,30$
- Nyírési modulus: $G = 81\,000 \text{ N/mm}^2$
- Folyáshatár: $\sigma_y = 320 \text{ MPa}$

A helyszíni vizsgálat során a munkagépet bejárva, átvizsgálva lokalizálható a fő teherhordó elemeket tartószerkezeteket. Ezek anyaga szerkezeti acél. A 4. ábrán látható gerenda I-profilú, a következő paraméterekkel rendelkezik:

- Szélesség: 380 mm
- Magassága: 350 mm
- Anyagvastagsága: 15 mm
- Középlemez vastagsága: 15 mm

AZ ALKALMAZOTT ROBBANTÁSI BONTÁSI TECHNOLÓGIA

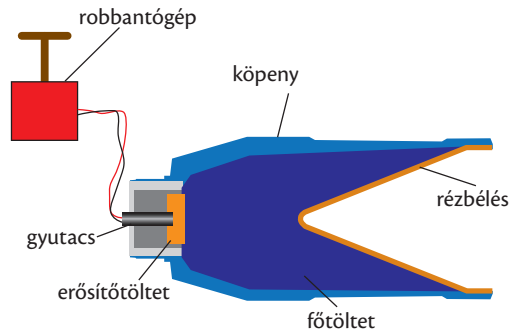
A lineáris alakú töltetek

A lineáris alakú töltetek (LSC) olyan robbanótöltetek, amelyek egy dimenziójukban (általában hosszban) jelentősen nagyobbak és alkalmasak acélvágásra, például épületek bontásakor vagy ipari alkalmazásban (5. ábra). A speciálisan kialakított robbanóanyagot úgy

tervezték, hogy a robbanás energiáját egy keskeny, koncentrált sugárba irányítsa, amely képes a nagy szilárdságú anyagok, például az acél átvágására. Az LSC alkalmazása különösen hatékony a vastag acélgerendák gyors, precíz és irányított átvágására, például bontási, mentési vagy katonai műveletek során.

A hatékony acélvágáshoz az LSC-k elhelyezésére és tervezésére vonatkozó kulcsfontosságú tényezők a következők:

- Geometriai tulajdonságok: Az LSC hatékonysága függ a töltet geometriai kialakításától, például a bélés szögétől és vastagságától, valamint a töltet célszögéhez viszonyított távolságától. A megfelelő távolsági távolság maximalizálja a behatolási mélységet és a vágási hatékonyságot.
- Bélésanyag és töltet tömege: A bélésanyag (például réz) és a robbanóanyag tömegének aránya meghatározza a sugár kinetikus energiáját, amely az acél átvágáshoz szükséges.
- Detonáció kezdeményezése: Az LSC működtetése során függőleges detonációs síkot hoz létre. Ez befolyásolja a töltet energiafókuszálását és a vágási mechanizmust.
- Célszög jellemzői: Acélgerendák esetén a vastagság és az anyag nyomószilárdsága meghatározza, hogy a sugár meddig képes behatolni, mielőtt a kinetikus energia elfogy. A másodlagos mechanizmus (a lökéshullámok által okozott repedésképződés) kevésbé jelentős vastag acél esetén.



5. ábra. A lineáris vágótöltet felépítése

Az LSC-t az acélgerenda felületéhez képest megfelelő távolságban (eltartás) kell elhelyezni, hogy a bélésanyagból képződő sugár maximális kinetikus energiával érje a célfelületet. Ez általában néhány centiméteres távolságot jelent, a töltet méretétől és a bélés geometriájától függően. Az LSC-t a gerenda hossz tengelyével párhuzamosan kell elhelyezni, hogy a vágás a kívánt vonal mentén történjen. A töltet hosszát a gerenda méreteihez és a kívánt vágási mélységhez kell igazítani. A töltetet stabilan kell rögzíteni, hogy a detonáció során ne mozduljon el, biztosítva a pontos energiafókuszálást. Ez különösen fontos acélvágásnál, ahol a bélésanyag hegedése miatt a pontos elhelyezés kritikus.

A felhasználni kívánt robbanóanyag bemutatása

A feladat végrehajtásához vágótölteteket használunk, melyeket számos robbanóanyaggyár állít elő. Ebben az esetben a Semtex Razor 25 elnevezésű flexibilis vágótöltetet fogjuk használni (lásd a 6. ábrát és az 1. táblázatot). A vágótöltet indításához a Semtex Razor Booster elnevezésű indítótöltetet fogjuk alkalmazni. A robbanóanyag ezekben a töltetekben hexogén–nitropenta. Ennek a detonációs sebessége 7900 m/s. A gyártó általában 1 m hosszú kiserelésben állítja elő. A maximális töltethossz 2 m lehet. A töltet flexibilis, tehát hozzáigazítható a robbantandó felülethez, így maximalizálva a hatásfokot. A Booster



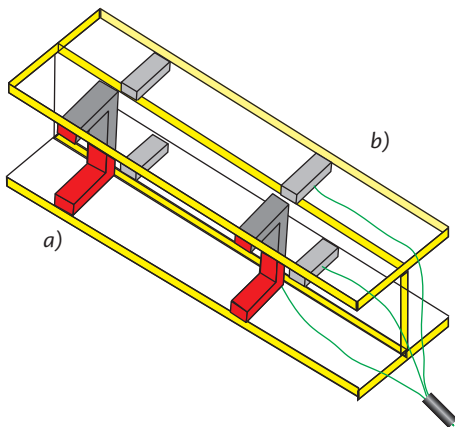
6. ábra. Semtex Razor termékcsalád tagjai

1. táblázat. A lineáris vágótöltetek tulajdonságai

Megnevezés	Robbanóanyag tömege (g/m)	Átütési vastagság Acél (mm)	Teljes tömeg (g/m)
Razor 10	140	10	390
Razor 15	310	15	860
Razor 20	550	20	1500
Razor 25	860	25	2400
Razor 30	1250	30	3500

indításához legalább 8-as erősségű gyutacsot kell használni. A kumulatív sugár sebessége V_{jet} a detonációs sebesség kétszerese, tehát $V_{\text{jet}} = 15\,800$ m/s.

A robbanóanyag telepítése az I-tartók esetében több lehetőséget mutat. A 7. ábrán látható, hogy a két oldalon egymáshoz képest eltolva telepítik ezeket a tölteteket. Az a) esetben 50 mm-nél vékonyabb lemezekkel számolva a robbanóanyag szélességének felével történik az eltolás, amíg a b) esetben, 50 mm-nél vastagabb lemezeknél, a robbanóanyag szélességével.



7. ábra. Robbanóanyag elhelyezése I-gerendán

A 7. ábrán látható elhelyezés úgy egyszerűsíthető, hogy a gerendát kiablakoljuk, így kevesebb robbanóanyag szükséges a feladat végrehajtásához. Ezzel pénz spórolható és gazdaságosabb a robbantás. Bonyolultabb geometriájú gerendák robbantásához 3D-nyomatóval készíthetünk magunknak töltetházat, amennyiben rendelkezésre áll megfelelő terv a robbantandó szerkezetről. Továbbá használhatjuk a magyar fejlesztésű, még szabadalom előtt álló, kétkomponensű tixotróp anyagot, ezzel töltve a készített házakat. Ebben az esetben a fémbetéteket is nekünk kell elkészíteni.

A hányóképző gép bontásához elhelyezendő vágótöltetek telepítésének pontjai

A már említett hányóképző gép a maga idejében (az 1960-as években) egy modern munkagép volt. Az idő múlásával elavult, elhasználódott, a sokszori átalakítás és modernizálás ellenére. Sajnos az ilyen korú gépekről már nehezen, vagy egyáltalán nem találhatóak tervrajzok, mert a sok felújítás, megerősítés több geometriájú acélszerkezet adhoc beépítését eredményezte az évek során. A helyszíni bejárások alkalmával a fizikális biztonsággal elérhető elemek – a tartógerendák, a főgép fő tartógerendája, a segédgép bizonyos elemei – anyagvastagsága és egyéb paraméterei voltak megmérhetők.

A feltárt szerkezeti geometriák lehetővé teszik, hogy a Semtex Razor 25 lineáris vágótöltet alkalmazható legyen a tartóelemek elnyírására, bár a 20 mm átvágására alkalmas Razor 20 is elég lenne. A hevederek körszelvényű tartóihoz a Razor 10 is elegendő, hiszen annyira hajlítható, hogy a szelvényt körbe lehet vele fedni.



8. ábra. Fő tartógerenda telepítése vágótöltettel (a szerzők felvétele)

A töltetek elhelyezése a vázszerkezeten

A 8. ábrán látható gerenda a főgép teherhordó gerendája, egy 18 mm vastag acéllemez. Telepíteni lehet a 7. ábrán ábrázoltak alapján. A gép szimmetrikus, így mindkét oldalára telepíteni kell a tölteteket. A továbbiakban is csak egy oldal javasolt telepítése kerül az ábrán bemutatásra (8–14. ábrák).

Itt, ennél a tartógerendánál, a fő tartógerendához 2 db csavar és távtartó kapcsolódik, amire a robbanóanyag telepítésénél külön figyelmet kell fordítani.

A robbantási költség összehasonlítása a hagyományos bontási folyamatok költségével, konzekvencia levonása

A felhasználni kívánt robbanóanyagok és gyutacsok árai nem nyilvános információk. A Semtex Razor 25 gyártójával való levelezésből kiderült, hogy magánszemélynek nem adhatnak ki információt a termékeik áráról, ezért becsült értékkel számolunk a következőkben.

A robbantáshoz törlendő 20 kilogramm Semtex Razor 25 flexibilis vágótöltetre, valamint legalább 60 darab Semtex Razor Booster indítótöltetre 60 db E*Star programozható gyutacsra, valamint – változó vezetékhozzsal – legalább 400 m rézvezetékre van szükség.

Tervezési munkára:

- Jelenleg a Semtex Razor 25 flexibilis vágótöltet ára 60 000 forint/kg;
- Semtex Razor Booster 3000 forint/db;
- E*Star programozható villamos gyutacs 1500 forint/db;
- Rézvezeték kb. 1000 Ft/m;
- Kiszállítás 20 000 forint/fő a telepítéshez és hálózat kiépítéséhez (legalább 6 fő).

Tehát:

- 20 kg Semtex Razor 25 flexibilis vágótöltet ára: 1 200 000 forint;
- 60 db Semtex Razor Booster ára: 180 000 forint;
- 60 db E*Star villamos gyutacs ára: 90 000 forint;
- 400 m rézvezeték ára: 400 000 forint;
- Személyzet 6 fő esetében 120 000 forint;
- Összesen: 1 990 000 forint.

A lerobbantott acélszerkezet esetleges további darabolásához szükséges munkagépek költsége, illetve az elszállítás költsége ehhez hozzáadódik.

Az acél roppantására alkalmas, hidraulikus ollóval felszerelt kotrógépek bérleti díja óránként kb. 21 000–25 000 Ft, míg a hidraulikus ollók heti bérleti díja 350 000–450 000 Ft + áfa között mozog. A pontos árak, feltételek a bérbeadótól és a konkrét eszközöktől függenek.

A robbantás utáni utómunkákra, ha napi 8 órában számoljuk a roppantó ollós gép bérletét, valamint magát az ollót, akkor a bérleti díj a kotróra 1 400 000 forint, valamint az olló bérleti díja 450 000 forint.

Mindösszesen 1 850 000 forint

A robbantás, valamint az utómunkálatok költsége: 3 840 000 forint; jelenlegi árfolyamon MÉH-telepen eladva a bontott gépet: 606 000 kg × 90 Ft = 54 540 000 Ft.



9. ábra. Elektromos kapcsolóház és ellensúlytartó gerenda telepítése (a szerzők felvétele)



10. ábra. Elektromos kapcsolóház és ellensúlytartó pántok (a szerzők felvétele)



11. ábra. Ledobószalag kötélzetének rögzítése (a szerzők felvétele)



12. ábra. A köztes szalag főgép felőli felfüggesztési pontja (a szerzők felvétele)



13. ábra. A köztes szalag segédgép felőli felfüggesztési pontja (a szerzők felvétele)



14. ábra. A köztes szalag főgép felőli felfüggesztési pontja a szociális bódéhoz (a szerzők felvétele)

Hagyományos bontási technológiával a munkagép bontása hosszabb ideig tart, a bontáshoz használt élőerő, a munkagépek bérleti díja ebből adódóan magasra rúg, valamint a munkabalesetek kockázata magasabb.

Ha a fönt már alkalmazott hidraulikus ollóval felszerelt munkagépet vesszük alapul, akkor az egy CAT 320 lánc talpas kotrógép. Ennek a gépnek a maximális kinyúlása 9,8 m. A bontandó munkagépünk legnagyobb magassága 20 m, tehát nem éri el a megfelelő magasságot pódium vagy egyéb magasítás nélkül.

A kotrógépnek legalább 200 órnyi feladat lenne a gép bontása, de szükséges mellé még daru, valamint élő erő a bontás irányításához. A gép költsége 200 órára 5 000 000 forint ez 3,5 hét, az acélvágó olló heti bérleti díja 450 000 forint, ami a fönti intervallumra számolva 1 575 000 forint. Ebben az esetben már csak a munkagép és szerszám bérleti díja 6 575 000 forint, ami már önmagában meghaladja a robbantás és az utómunkálatok feltelezett költségét.

Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy az üzemképtelen munkagép robbantásos bontása rentábilisabb, mintha hagyományos módon élőerővel és munkagépekkel történne.

ÖSSZEGZÉS

A tanulmány a feleslegessé vált külfejtéses kotrógépek acélszerkezeteinek robbantásos bontását vizsgálja, amely korszerű, gazdaságos és biztonságos módszerként szolgál, megfelelő tervezéssel és előkészítéssel megbízhatóan végrehajtható. A lineáris alakú töltetek (LSC) alkalmazásával a technológia jelentős előnyöket kínál a hagyományos, munkagépekkel történő bontással szemben, mivel gyorsabb, költséghatékonyabb, és a távoli vezérlés révén csökkenti a közvetlen emberi beavatkozás szükségességét, így javítva a munkabiztonságot. A költségek összehasonlítása alapján a robbantás lényegesen hatékonyabb alternatíva, miközben az újrahasznosítható acél aránya meghaladja a 90%-ot. A technológia részletes ismertetése, a szükséges engedélyek, a robbanóanyagok és gyutacsok paramétereinek bemutatása gyakorlati útmutatást nyújt hasonló projektek megvalósításához. A tanulmány esettanulmányként egy külfejtéses bányában leselejtezett kotrógép bontását elemzi, demonstrálva, hogy az LSC-k alkalmazásával a bontási idő 40%-kal csökkenthető a mechanikus módszerekhez képest. A töltetek optimális elhelyezésére vonatkozó javaslatok figyelembe veszik az acélszerkezetek geometriáját, vastagságát és a detonáció pontos időzítését. A robbantási művelet minden szakaszának pontos dokumentálása és az előírt biztonsági intézkedések alkalmazása biztosítja az emberi élet és a környezet védelmét. Azonban a technológia alkalmazása során figyelembe kell venni a környezeti hatásokat, például a lökéshullámok és a por keletkezését, amelyeket megfelelő védelmi intézkedésekkel lehet minimalizálni.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Explosia. (n.d.). *Explosia website*. Retrieved July 1, 2025, Online: <https://explosia.cz/en/>
- [2] Bohus, G., Horváth, L., Papp, J. (1983). *Ipari robbantástechnika*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- [3] Farkas, J. (1983). *Fémszerkezetek*. Budapest: Tankönyvkiadó Vállalat.

NAGYSZABÁSÚ TŰZIJÁTÉK-TELEPÍTÉS KIVITELEZÉSE¹

Aczél Ákos²

ABSTRACT

Fireworks are most often seen on the occasion of holidays and special events, which are carried out with various pyrotechnic products for entertainment, to enhance moods, under the direction of a pyrotechnic expert. Nowadays you can buy different types and categories of products during New Year's Eve or even during the year, where new products are always on the market. I think the most important part of fireworks is rockets, and fireworks ball bombs, which give the greatest spectacle and excitement not only to young children, but also to adults. However, it is necessary to keep in mind the safety regulations to avoid minor or even serious injuries, many underestimate the power of pyrotechnics, where not necessarily personal injury, but also material damage can occur. The primary goal of my publication is to show those interested in the topic how to imagine the creation of a fireworks event, the understanding of the structure and operation of different types. As a secondary objective, I would like to highlight the procurement, legal and safe management processes, exactly how to prepare for a smooth installation and discharge tasks.

Keywords: pyrotechnic, fireworks, rocket, ball bomb

ÖSSZEGZÉS

A tűzijátékokkal leggyakrabban ünnepek, kiemelt események emlékeztetése tételének alkalmából találkozhatunk, melyeket szórakoztatás céljából, hangulatok fokozása végett különféle pirotechnikai terméket választanak meg, pirotechnikai szakember irányításával. Manapság többféle típusú és kategóriájú terméket vásárolhatunk szilveszter időszakában vagy akár év közben, ahol mindig újabb és újabb termékek kerülnek piacra. Úgy gondolom, a tűzijátékok között legnagyobb szerepet töltenek be a rakéták, tűzijáték-gömbbombák, amelyek a legnagyobb látványosságot és izgalmat adják, nemcsak a kisgyerekeknek, hanem a felnőtteknek is. Mindemellett szem előtt kell tartani a biztonsági előírásokat, hogy elkerüljük a kisebb vagy akár komolyabb sérüléseket, ugyanis sokan alábecsülik a pirotechnikai eszközök hatóerejét, melyből nemcsak személyi sérülés, hanem anyagi kár is keletkezhet. Publikációm elsődleges célja, hogy betekintést mutassak a téma iránt érdeklődők számára, hogy hogyan is kell elképzelni egy tűzijáték-esemény megalkotását, a különböző típusok felépítésének és működésének megértését. Másodlagos célként a beszerzési, jogi és biztonságos lebonyolítási folyamatokra szeretnék rávilágítani, hogy pontosan hogyan kell felkészülni egy zökkenőmentes telepítésre és a mentesítési feladatok levezénylésére.

Kulcsszavak: pirotechnika, tűzijáték, rakéta, gömbbomba

¹ Setup and Implementation of Monumental Fireworks

² Villamosmérnök, robbantástechnikai szakmérnök; e-mail: a.akos2000.08.08@gmail.com; ORCID: 0009-0005-7941-2538.

BEVEZETÉS

A feketelőpor fejlődése és a régi kínai hiedelmek szorosan összefonódnak a tűzijáték történetével. Az emberek azt gondolták, hogy a füst kellemes légkört teremt, a tűz szétoszlatja és eltereli a gonoszt, jó jel a szikra, és a hang elűzi a szellemeket. Amint látható, mind a négy elem a tűzijátékban egyesül. Annak érdekében, hogy figyelmeztessék a hadsereget az ellenséges betörésekre, jelzőtoronyokat emeltek a kínai nagy fal mentén, a kulcsfontosságú helyeken. Nagy máglyákat alkalmaztak az éjszaka folyamán, nappal pedig füstjelzőket. Úgy gondolják, hogy ez a legkorábbi feljegyzett felhasználása a kálium-nitrátnak, más néven salétromnak, amely később a lőpor elsődleges összetevőjévé vált. A bambusznádat elégették, hogy recsegő hangot keltsen, amiről azt hitték, hogy elűzi a gonosz szellemeket. Az alkimisták különféle anyagokat és keverékeket vizsgáltak úgy, hogy felgyújtották őket, így vélték megtalálni az örök élet elixírjét. Wei Boyang alkimista i. sz. 142-ben három por keverékét írja le, amelyek képesek voltak táncolni és repülni, de lehetetlen megállapítani, hogy ez a keverék a lőpor korai változata-e. A boldogságért és jólétért folytatott imákba épült be az égő bambusznád hangja, nem pedig csak a gonosz szellemek elűzésére. Tao Hongjing taoista alkimista megfigyelése i. sz. 492-ben, hogy a salétrom lila lángot bocsátott ki. Salétrom és méz keverékét meggyújtották, hogy gyógyító füstöt hozzanak létre, és megpróbáltak olyan gyógyszert találni, amely örök életet biztosít. Így találták meg a feketepuskapor korai formáit. [1]

A petárdát Liuyanban találták fel, más elméletek Sun Simiao-nak, ismert gyógyszerésznek és alkimistának tulajdonítják a felfedezést. Az alkimisták is egyre jobban érdeklődtek, s rájöttek, hogy a lepényfa, kén és salétrom keverékének hevítése során az anyag robbanásszerűen és hevesen viselkedve ég. A kísérletek tapasztalatai alapján meghatározták a feketelőpor összetevőit: a faszén, a kén és a salétrom keverékét. A feketelőpor még manapság is a tűzijáték legfontosabb összetevője. Először Li Tian pirotechnikai anyaggal megrakott bambuszrúddal ijesztette el a Wei Zhou minisztert kísértő szellemeket. Li Tian tűzijátékot tervezett, miután megfigyelte a Liuyangban élők szegénységét. A legenda szerint ezután a városban béke és jólét volt és a 11–12. században Li Tian tiszteletére templomot állítottak fel. Azóta minden április 18-án áldozatokat mutatnak be Li Tian tiszteletére, akit az iparág alapítójának tekintenek. A feketelőpornak mint harci- és hadműveleti eszköznek a legkorábbi dokumentált példája a Yu Zhang és a Zheng Fan közötti csatához köthető. A királyi udvarban is előfordultak már a tűzijátékok, amiket kifejezetten hatalmasra értékelték a paloták tagjai, s azokat leginkább adóciókként forgalmazták. Egy magáncég, Paozhuang néven, az 1800-as évek közepén tűzijátékokat kezdett exportálni, Európában és Ázsiában kereskedve. A közel húsz országba irányuló kivitel révén Kína exportja váratlanul megnövekedett, azonban az 1930-as évek recessziója, majd a II. világháború következményei miatt a legtöbb gyáregység tönkrement. A tűzijátékgyártás és -kereskedés 1978-ban, a nyitás évében kivirágzott, és ma szinte egyetlen nemzet sincs, aki ne használna kínai árucikkeket. Később Japánban és Kínában is egyre több és több gyártóegységet építettek. Európán belül első körben Velencében, Olaszországban, Münchenben, Németországban és Angliában jelentek meg a tűzijáték gyártásáért felelős gyártók. A mediterrán nemzetek, elsősorban Olaszország, Spanyolország és Málta gyártási múltja továbbra is erősödött, de Franciaorszáé is jól ismert. Emmerling Adolf, a 20.

század fordulóján, Pesterzsébeten hozta létre nemzetünk első gyárát. 1946-ban államosították, majd Balatonfűzfőre áttelepítették. A tűzijátékgyártásban manapság is nagy az élőkommunka, más néven operátori tevékenység, mert a folyamatnak csak egy kis része automatizálható, másfelől gyártásbiztonsági okokból van így. A tűzijátékok nagy részét még mindig Kínában állítják elő, egyrészt az alacsony munkaerőköltség, másrészt a hatalmas, évszázadokig visszanyúló tapasztalatok miatt. [1]

TERMÉKTÍPUSOK, KATEGÓRIÁKBA SOROLÁS

A pirotechnikai termékek esetében a kategóriákba sorolást és az azokra vonatkozó szabályokat törvényi előírások szabályozzák, melyeket Magyarországon a 173/2011. (VIII. 24.) kormányrendelet foglal magába, részletezve az egyes felhasználási engedélyeket és körülményeket. Erre szeretnék rámutatni az általam összeszedett információk alapján készült 1. táblázattal.

A LÁTVÁNYTERV BEMUTATÁSA ÉS A KIVITELEZÉSI TERVEK RÉSZLETEZÉSE

A látványterv megalkotása során különböző szempontok és tényezőkdöntenek a teljes képről. Több művészi csapatot bíznak meg különféle feladatokkal, amelyeknél összehangoltan kell együttműködni mind a zenei, a zenei és a tűzijáték-világnak. Esetünkben

1. táblázat. Tűzijátékok kategóriákba sorolása [2][3]

Pirotechnikai csoportosítás	1. osztály	2. osztály	3. osztály
Korhatárengedély	14 éves kortól	16 éves kortól	18 éves kortól
Jellemzői	– Nagyon alacsony, minimális kockázat. – Minimális, elenyésző zajszint. – Egész évben megvehető, birtokolható. – Magánterületen egész évben felhasználható, 12. 28. és 01. 01. idején közterületen is.	– Alacsony kockázat. – Minimális zajszint. – Egész évben megvehető, birtokolható. – Magánterületen egész évben felhasználható, 12. 28. és 01. 01. idején közterületen is.	– Közepes/magas kockázat. – Kifejezetten érzékelhető zajszint. – Engedély nélkül csak és kizárólag 12. 28. és 12. 31. között vehető meg, birtokolható és használható fel.
Maximális hatóanyag, ami birtokolható	1 kg	1 kg	3 kg
Jelölései	CAT1 / F1 / PT-1	CAT2 / F2 / PT-2	CAT3 / F3 / PT-3
Példák	Pattogó, szikrázó, recsegő kisebb kaliberű tűzijátékok, pl. csillagszóró, ördögpatron, tortagyertya.	Közepes kaliberű rakéták, kisebb telepek, rómaiagyertyák stb.	Nagy kaliberű rakéták, gömbbombák, nagyobb telepek, látványosabb professzionális tűzijátékok.

a téma a magyar történelemhez kapcsolódik, ehhez kell igazítani a zenei aláfestést, a fényjátékokat, illetve a különböző dinamikus és nyugodtabb tűzijátékrészeket. Drón-show is részt kap a műsorban, melynél az ország szimbólumait szokták megjeleníteni, mint például a koronát és a címet. A helyszínek részletes helyszínrajzain találhatóak azok a pontok és hidak, melyek a műsor szempontjából kulcsfontosságú, kiemelkedő központi látvánnyal bírnak. Az egyes helyszínrajzokon be van rajzolva a megfelelő biztonsági távolság is.

Szeretném először bemutatni, milyen szoftverrel történik az augusztus 20-ai tűzijáték-esemény előzetes virtuális megalkotása, melynek segítségével minden egyes részlet lemodellezhető és azok költsége kiszámolható. A szoftver neve Finale3D, amely egy amerikai fejlesztésű 3D-tervező program, melyben személyre lehet szabni az egyes tűzijáték-termékek paramétereit, gondolva ezalatt a késleltetés időtartamára, a tűzijáték színére, formájára, nagyságára lényegében teljes mértékben létre tudjuk hozni az általunk készített vagy tervezett tűzijáték hatását. Nagy előnye a szoftvernek, hogy a helyszínt is be lehet importálni, akár a Google térkép segítségével, így konkrétan be lehet jelölni az egyes pontokon, hogy hová szeretnénk elhelyezni a különböző tűzijátéktípusokat. Több verzió is elérhető a felhasználók számára, attól függően, ki milyen módon, mennyire részletesen szeretné összerakni a tűzijáték-eseményét.

Az augusztus 20-ai nagyszabású tűzijáték-eseménynek a megtervezésénél is ezt a szoftvert alkalmazzák, mely során az összes helyszínt külön-külön le lehet modellezni, és végül szinkronban lefuttatni a teljes folyamatot, melyet követően következhetnek a telepítések. A program másik nagy előnye, hogy a bekötéseket is a teljes verzióban be lehet állítani és az adott csomópontokra is ki lehet osztani a kontroller segítségével, ezzel segítve a pirotechnikusok és villanyszerelők előkészületeit. Végül, de nem utolsósorban a felhasznált termékek költséglistáját összegezni lehet, megkapva a projekt előzetes összköltségét. [4]



1. ábra. Teljes helyszínrajz a tervezett budapesti tűzijátékról [4]

A továbbiakban áttekinthető felülnézetben bemutatom a tervezett tűzijátékok helyszíneit, mind a hidak, mind pedig a Dunára helyezett bárkák és pontok tekintetében. Az 1. ábrán látható a 2024-es, Budapesten rendezett augusztus 20-ai tűzijáték teljes helyszínrajza.

A helyszínrajzon látható vonalban helyezkednek el a kilövési helyszínek. A hidak közül összesen három vesz részt a tűzijátékok telepítése során: az Erzsébet híd, a Margit híd és a Szabadság híd. Az Erzsébet és a Szabadság híd esetében a kilövési telepítési helyszínek az északi járda, az északi és a déli járdakorlát területeit, részeit érintik, míg a Margit híd esetében csak a déli járdát, illetve a déli járdakorlát részét. Ezeket a térképen piros színnel húzott vonal jelöli. Összesen kilenc bárka kilenc különböző pozícióban helyezkedik el a Duna egyes részein, amelyek egyes pontonsorokat, számszerűen hatvanötöt kötnek össze öt különböző pozícióban. A térképen bordó jelöléssel láthatóak a bárkák pozíciói, számokkal ellátott „M”- és „U”-jelölésekkel, míg a pontonsorokat narancssárga jelölés mutatja. [4]

A HELYSZÍNI TELEPÍTÉS BIZTONSÁGOS ELŐKÉSZÜLETEI ÉS KÖVETELMÉNYEI

A tűzijátékiparban alapvető feladat a megelőzés, a tervezés minden lépésre kiterjedő, gondos ütemezése – az előkészítés, a váratlan eseményekre való részletes felkészülés, illetve a megvalósítás előtti, legalább háromszoros ellenőrzés. [5] [6] A szervezés során minden feladatot pontosan, időterv szerint ütemeznek. Az egyéni felelősségek megállapítása kulcsfontosságú, például a személyek, a szállítási módok, a használati és tűzvédelmi berendezések biztosítása, végül, de nem utolsósorban a kommunikációs technológia esetében is. A tervezési folyamat során meg kell határozni az ellenőrzési pontokat, valamint be kell építeni a lehetséges problémák és hibák kezeléséhez szükséges megelőző, illetve korrekciós intézkedések megtételét. Az egyik legjelentősebb eleme a megelőzésnek a személyi biztonsági feltételek biztosítása, melyhez elengedhetetlen a megfelelő szakmai felkészültség és gyakorlati tapasztalat megléte. A kivitelezésben részt vevő személyek és a pirotechnikai képzettséggel rendelkező kollégák számára kötelező, hogy érvényes tűzvédelmi vizsgával rendelkezzenek, illetve a munka megkezdése előtt önálló tűzvédelmi, biztonsági és megelőzési oktatásban kell részesülniük. A tűzijátéktermékek egyedi pirotechnikai jellege miatt mindig ki kell számítani a nem várt működésből adódó meghibásodás lehetséges következményeit, és kiemelten fontos, hogy a szükséges minimális távolság meghatározásakor a biztonsághoz szükséges távolságot figyelembe vegyék. Ezenkívül fontos hangsúlyozni, hogy a legbiztonságosabb és legjobb minőségű termékeket kell használni, amelyekért a gyártó is garanciát vállal, s amelyeknél kicsi a meghibásodás valószínűsége.

A tűzijátéktermékekben alkalmazott pirotechnikai anyagok üzemeltetése során csak azok használhatók, amelyek nem környezetkárosítók, illetve a legkevésbé veszélyesek a környezet hatására. Ilyenek például a repeszmentes anyagok, a műanyag KPE, a papír- és a kompozit anyagok. Ezek csak különösen biztonságos, megfelelő szilárdságú vetőcsőkalodákkal használhatók. Az elektronikai indítóeszközöknek megelőző szerepük is van a teljes épített hálózat és az izzógyújtók elektronikus felmérésével, valamint a tűzijáték-ünnep alatti beavatkozási lehetőséggel, s különösen a vészleállítás közvetlen beavatkozásával kapcsolatban. Ennek megfelelően az előkészítés után, a végső ellenőrzés vagy a rendezvény

során kialakított ellenőrzési pontokon is folyamatosan lehet ellenőrzéseket végrehajtani, így az összes lehetséges hiba kijavításának folyamata már a tervezés és a megelőzés során is jól kidolgozott és lekezelt. A felhasznált pirotechnikai anyagok nagy mennyisége és a beépítési folyamatok potenciális veszélye miatt a telepítés helye csak alkalmas, beépítetlen, megfelelően védett, zárt területen választható meg. A szerelés során folyamatos felügyelet szükséges, a tűzvédelmi felszerelésnek, illetve az elsősegélynyújtó felszerelésnek mindig rendelkezésre kell állnia. Az úszó létesítmény magában foglalja a bárkákat, az uszályokat, a pontonokat, a bójákat és egyéb hasonló vízi szerkezeteket. [4]

A rájuk telepített pirotechnikai eszközöket és kilövő szerkezeteket úgy kell megtervezni és elhelyezni, hogy még meghibásodás esetén se jelenthessenek veszélyt a parti nézőközönségre. Ennélfogva a 75 millimétert meghaladó kaliberű eszköz kizárólag olyan úszóegységre szerelhető fel, amelynek oldalfala rendelkezik egy olyan biztonsági védőburkolattal, úgynevezett védőfallal, amely megakadályozza a nem szándékolt, part felé irányuló kilövést a vetőcső felborulása vagy csőbontás alkalmával. A robbantószerkezet kilövőcsövét csak úgy szabad elhelyezni, hogy a Duna középső áramlati vonalára irányuljon, a partvonalon tartózkodók felé történő telepítése szigorúan tilos! A Duna partján működő úszóegységről indított eszközöknél ügyelni kell arra, hogy a kiválasztott lövedékek mérete olyan legyen, amely normális időjárási körülmények között nem jelent veszélyt a környéken tartózkodókra. Bárkára és uszályra rendszerint legfeljebb a 250 milliméteres csőátmérőjű eszköz helyezhető el a Duna azon részén, ahol annak minimális szélessége eléri a 290 métert. A Duna érintett részein, ahol a folyó legszűkebb pontja körülbelül 240 méter széles, ott legfeljebb 200 milliméteres kaliberű tűzijáték helyezhető üzembe telepítéskor. A Duna fővárosi, szűkösebb szakaszain rendszerint legfeljebb 150 milliméteres kaliberű pirotechnikai termék használható. A vízfelületen úszó eszközöket a lövés pillanatában biztosítani kell, tekintettel arra, hogy a Duna folyásirányában híd helyezkedik el, és a tervezett pirotechnikai művelet körülbelül félórán át folyamatosan fog zajlani. A hajókat és uszályokat a szakmai előírások szigorú betartásával, teljes biztonsággal és nagyobb elmozdulás nélkül kell rögzíteni a kikötőben. Az önállóan nem lehorgonyozható úszóeszközöket egy másik, stabil helyzetű vízi járművel kell összekapcsolni, oly módon, hogy a rögzíthetetlen eszköz kívánt helyzete megőrizhető maradjon a tűzijátékok kilövése során. A hajón a pirotechnikai eszközök indítására alkalmas vezérlőegységeket csak azután szabad üzemkész állapotba helyezni és áramellátással ellátni, miután a bárkát teljes mértékben rögzítették és lehorgonyozták a kilövési pozícióban. A pirotechnikai eszközök működtetése után, a mentesítési folyamat befejezését követően, kizárólag a felelős pirotechnikus jóváhagyásával lehet a hajókat horgonyzóhelyükről felszabadítani. [4]

A HELYSZÍNI TELEPÍTÉS BEFEJEZÉSE, A TŰZIJÁTÉK LEJÁTSZÁSA

A helyszíneket négy nagyobb részre oszthatjuk, melyeken egyfelől külön-külön van megszervezve a szállítás, másfelől az egyik csoportnál a pontonokra és bárkára történik a telepítés, míg a másikonál a hidakra. A Népsziget úti kikötőnél először a pontonok összeállítása veszi kezdetét. A hajóindítás pillanatát megelőzően a pirotechnikai kellékeket elhelyezik a pontonokon, amelyeket ezt követően beúsztatnak a folyóra. A komplett pontonsorokat egyenként vontatják át a szerelési kikötőbe, ahol elvégzik a végleges telepítési

munkálatokat, beleértve a termékek pontos elhelyezését és csatlakoztatását. A már kész pontonokat az ünnepig biztonsági személyzet felügyelete mellett tartják a kikötőben, mielőtt üzembe helyeznék őket. A lezárás a Hajós Alfréd Sportuszodától indul és a Schulek Frigyes sétányon, a Margitsziget déli kiszolgáló útján és a Hippié Island Étterem útvonalon keresztül tart a Duna pesti ágáig. A Margitsziget melletti M1 és M2 bárkák körzetében, ahol a termékek védőövezete részben érinti a szigetet, a tűzijáték alatt tűzoltó gépjármű készenlétben tartása indokolt a sziget tűzvédelme érdekében. A rendelkezésre álló védőterület minden helyszínen meghaladja a legnagyobb biztonsági távolságot, és a nézők számára fenntartott, nem elkerített területek sehol sem maradnak el a biztonságos távolságtól. A tűzijáték működésének nyomon követése a megfelelő felügyelő személyzet feladata a bárkákon. A felügyelő munkatársak védelmének biztosítása például személyi védelem révén valósul meg. A pirotechnikus a biztonsági területen, a konténer közelében helyezkedik el, miközben folyamatos rádiókapcsolatot tart fenn a tűzijáték irányításáért felelős kollégájával. Amennyiben nem szabályszerű működés miatt rendkívüli helyzet alakul ki, a felelős pirotechnikus leállítja az érintett területet, majd jóváhagyja a szükséges intézkedéseket. Ezután a felügyelők visszajelzik, hogy folytatható-e a lövés. A hidak biztonsági előírásai kiterjednek az északi és déli gyalogos felületek védelmére, ahol a pilonok közötti szakaszon eszközök elhelyezésére és kilövésére alkalmas területeket alakítottak ki. A gyalogos közlekedési utak teljes lezárása eredményesen végrehajtható, amely megfelelő védelmet biztosít a pirotechnikai cikkek biztonságos kihelyezéséhez. A kivitelezés teljes időtartama alatt, a munkaterületre történő első belépéstől kezdve egészen a befejezésig, folyamatos és állandó védelmet kell biztosítani a helyszín számára. A fegyverrel történő védelem nem engedélyezett. A biztonsági személyzet létszámát és az ellenőrzési pontok elhelyezését úgy kell meghatározni, hogy azok teljeskörűen lefedjék a telepítési területet, beleértve a híd járdáit és közlekedési útvonalait is. [4]



2. ábra. A 2024. augusztus 20-ai tűzijáték pillanatképe [7]

A használat teljes időtartama alatt tűzvédelmi felszereléseket kell készenlétben tartani és biztosítani. A hídnak és tartozékainak védelme kiemelt figyelmet érdemel a telepítés és az üzemeltetés során, különösen, ha műemlékről van szó. A hidakon augusztus 20-án legalább két rádióknak – egy élesnek és egy tartaléknak – működőképesnek kell lennie. A hidakon zajló közlekedést a lehető legszűkebb keretek között kell szabályozni, kizárólag a nélkülözhetetlen forgalomra szorítkozva. A hídról és úszóművekről indított termékek összehangoltan nyújtanak teljes körű látványosságot. A tűzijáték koncepciójának lényege, hogy az úszóművekről induló pirotechnikai elemek önmagukban is lenyűgöző látványt kínálnak, miközben a hidakra telepített kiegészítő effektek merőleges szögből és távolabbi nézőpontból további vizuális élményt nyújtanak. A látványosság kulcsfontosságú elemeit azok a 45 mm-nél nem nagyobb kaliberű termékek képezik, amelyeket a hidakra helyeznek el, ideértve a single shot eszközöket és a római gyertyákat. Ezeknek a termékeknek a többségét elsősorban vizuális hatás céljából tervezik működésbe hozni. Az indítógépeket este 8 órakor élesítik a teljes lezárást követően, majd augusztus 20-án megkezdődik a tűzijáték műsor (lásd 2. ábra). [4]

EGY NAGYSZABÁSÚ TÚZIJÁTÉK TELEPÍTÉSÉNEK KIHÍVÁSAI, NEHÉZSÉGEI

Úgy gondolom, egy ilyen nagy kaliberű esemény megalkotása, mint amilyen az augusztus 20-ai állami ünnepen bemutatandó tűzijáték és színműdarab, minden téren kiemelkedő értékkel bír, legyen szó a látványról vagy az összehangolt működés szakmai szempontjairól. Mivel a tűzijátékok esetében ekkora mennyiségnél nincsen külön próbalehetőség – noha mindegyik termék külön-külön tesztelhető –, a teljes folyamat csak élesben fog megmutatkozni. Számomra mindez azért lenyűgöző, mert nem láttam még hasonló folyamatot, amely ekkora felelősséggel jár az alkotás végeredményének tekintetében. Azonban épp ezért gyönyörű, hiszen a megálmodott tervek és a virtuálisan megtervezett tűzijáték a szimulációkat követően élesben, egy alkalommal mutathatja meg a szépségét. Bár a tanulmány fókuszát másra irányítaná, de figyelemre méltó a folyamat vezérlésének és kommunikációjának a háttere is. Mindenesetre a rendszer korszerűségére, stabilitására és komplexitására rávilágít, hogy az elektromos hálózat olyan zenei működtetésre iniciált tűzijáték-indításokat is képes kezelni, amelyek más gyújtási megoldásokkal nem feltétlenül, vagy csak nagyon bonyolultan lennének megvalósíthatók.

Fontos kiemelni a biztonsági felkészültséget is. Mindenben a legelső szempont a biztonság – a *safety first* kifejezés biztosan sokak számára ismerős –, hiszen a robbanóanyaggal kapcsolatos tevékenységek és szállítások mindig fokozott odafigyelést igényelnek. Ahogyan látható, a telepítés előkészítésétől egészen a tűzijáték lejátszásáig és mentesítéséig kitértem az apró részletekre, hiszen minden védőtávolságra és védelemre oda kell figyelni az esetleges károk vagy személyi sérülések megelőzése érdekében. Nagyon fontos megemlíteni a kitűnő csapatmunkát is, amely megadja a teljes és összehangolt sikerét ezeknek az eseményeknek, valamint minden egyes kollégát, aki érintett az esemény megalkotásában, különösen azokat, akik felelősek a részfolyamatokért – a pirotechnikusoktól a vezetőkig. Ez a csapatmunka és kommunikáció biztosítja, hogy a biztonságos telepítéstől az esemény végéig minden helyzet nagyszerűen legyen kezelve. Az egyik nehézség

a különböző pontok közötti folyamatos kommunikáció biztosítása az esemény alatt, mivel az tömeg által használt mobiltelefonok és más eszközök zavarhatják ezeket a vonalakat, így gátolhatják a potenciális kockázatos események időben történő felismerését a bárkákon és pontonokon. A különböző időjárási viszonyoknak is nagy szerepük lehet, amelyeket nem tudunk kontrollálni, és szintúgy megnehezítik a tűzijátékműsor zökkenőmentes lejátaszását, mivel a túl erős szél, illetve viharok egyáltalán nem teszik biztonságossá a rakéták és gömbbombák helyes irányba történő elműködését.

Erre volt példa 2022. augusztus 20-án, amikor a kedvezőtlen időjárási körülmények miatt az operatív törzs úgy döntött, hogy a rendezvényt nem tartják meg. A hatalmas mennyiségű pirotechnikai terméknek, amelynek láthattuk a konkrét számszerűségét is, időben fel kell készülni a beszerzésére és biztonságos tárolására is nagy figyelmet kell fordítani. A szállításra és tárolásra a korábbiakban említett ADR-szabályok érvényesülnek. A telepítéssel egybefüggő időszakban a 24 órás őrzés-védelemre is nagy hangsúlyt kell fektetni, nehogy bármilyen külső tényező befolyásolni szabotálni tudja a termékek helyes működését. A zárások ütemezése is teljesen zökkenőmentesen le van kezelve, a műsor végét követően már akár fél–1 órát követően egyes részek autóval és gyalogosan is megközelíthetők. A környezetvédelem miatt a termékeknek könnyen lebomló anyagot használnak, illetve minden olyan törmeléket, vagy ami az esemény után keletkezik, hamar eltakarítanak – ezzel visszaadva a telepítés előtti állapotot. Összességében elmondható, hogy nem csak a látvány kerül előtérbe a nagyszabású eseményeknél, habár a többségnek az számít minél intenzívebb, élénkebb és hangosabb legyen egy ilyen előadás, fontosabb talán, hogy ne egy rossz emlék maradjon meg, hanem sokkal inkább a pozitív vidám és kápráztató műsor, amelyre mindig csodálkozva gondolunk. És arra, hogy mindig, évről évre egyre magasabb színvonalon valósítsuk meg hazánk ünnepi tűzijátékát, amely világviszonylatban is a legszínvonalasabbak között van.

Számomra a virtuális környezetben való tesztelés és a teljesség képe a legmegragadóbb: az, hogy, hogy a technológia által teljes mértékben meg tudjuk alkotni és előzetesen lejátaszni a tűzijátéktervünket. A szoftverben, amit az augusztus 20-ai tűzijáték nagyszabású eseményhez is használnak, minden egyes kilövőponthoz hozzá lehet rendelni többféle típust, akár az általunk kreált prototípust is, effekttel együttesen. A korábbi tapasztalataim alapján, ami hasonló virtuális szoftverben alkotott szimulációknak köszönhető, sokkal hatékonyabban lehet a kivitelezési terveket megvalósítani, mintha csak a valóságban küzdenénk el papíron vagy valós helyszínen. Megkönnyíti a mérnökök, pirotechnikusok és látványtervezők együttes munkáját, mivel mindenki számára a szimuláció lejátászása után egyértelművé válhat, hogy mik azok a kritikus tényezők, amelyek őket érinthetik és azokat többféle szemszögből megvizsgálhatják. Nagyszerű előnye még a programnak, hogy lehetővé teszi a teljes hálózati bekötés berajzolását és csoportosítását, segítve az egyes helyszínek telepítését (csomópontokba rendezve, hogy melyik típust mihez kell bekötni). Azonban meg kell jegyezni, a valóság sosem egyezik meg teljesen az ideális világgal, amiben nincsenek benne fizikai erőhatások, időjárási viszonyok, illetve mérési hibák, pontatlanságok. Mindenesetre, az előzetes tervezéssel 80%-osan a feladat menetét meg lehet valósítani, de a tényleges megvalósítás csak ezután következik be. Publikációm megírása során törekedtem arra, hogy az öt legfontosabb tűzijátéktípus működését és felépítését is teljes mértékben kifejtsem, ezáltal számomra is világosabbá vált ezeknek a termékeknek az információs háttere, mivel a korábbiakban egy-egy ilyen tűzijáték-esemény

alkalmával csak érintőlegesen találkozhattam velük. Számos apró részletre rájöttem, például arra, hogy az egyes termékek és típusok milyen fontos szerepet játszanak a felépítésekben, s az egyes látványelemek összekapcsolásával hogyan érhetők el teljesen különböző hatások, valamint azt, hogy a műsor nyugodt, vagy épp dinamikus zenei aláfestésével miképpen működnek összhangban a tűzijátékelemek. Úgy gondolom, egy kisebb tűzijáték-esemény virtuális megalkotását már én is meg tudnám tervezni a biztonsági védőtávolságokkal és szabályokkal egyaránt és kisebb segítséggel képes volnék ennek a valóságban történő levezenylésére is.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Tudástár. (n.d.). *A tűzijáték kínai története*. Retrieved May 1, 2025, Online: <https://pirotechnikus.hu/tuzijatek-szolgaltatas/tudastar/97-tuzijatek-tortenete/148-a-tuzijatek-kinai-tortenete>
- [2] Tóth, F. (2024). *A pirotechnika, a pirotechnikai elegyek és eszközök tulajdonságainak, előállításainak és felhasználási módjainak tudománya* [Előadás prezentációk]. Óbudai Egyetem, Budapest.
- [3] Tudástár. (n.d.). *A tűzijáték termékekre vonatkozó szabályok*. Retrieved May 1, 2025, Online: <https://pirotechnikus.hu/tuzijatek-szolgaltatas/tudastar/98-szabalyok-tablázatban>
- [4] Nuvu Kft. (2024). *Biztonsági terv*. Budapest.
- [5] Daruka, N. (2021). *A robbanóanyag-ipari termékek gyártásának és felhasználásának munkavédelme* [Szakdolgozat]. Óbudai Egyetem, Budapest.
- [6] Daruka, N. – Szalkai, L. (2023). Risks related to the handling of explosives with regard to occupational safety and health. In M. Beňovský (Ed.), *Trhacia technika 2023: Conference proceedings, 32th International Conference Blasting Technique 2023* (pp. 102–111). Banská Bystrica.
- [7] Körkép.sk. (2024, August 21). 2024. augusztus 20-ai pillanatkép. Retrieved May 1, 2025, Online: <https://www.korkep.sk/cikkek/mindennapjaink/2024/08/21/ilyen-volt-az-augusztus-20-i-budapesti-tuzijatek-kepek-video/>

A RENDŐRSÉG ELSŐDLEGES REAGÁLÓ EGYSÉGEINEK TERRORIZMUSSEL KAPCSOLATOS FELKÉSZÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A ROBBANÓSZERKEZETEK JOGELLENES FELHASZNÁLÁSA ELLENI VÉDEKEZÉSRE¹

Ferencz Noémi²

ABSTRACT

Terrorism is an increasingly dominant phenomenon of the 21st century, and in our time, it has grown to such an extent that there is no state or nation that is not at least indirectly affected. It is a common tool of religious and political warfare, aimed at creating fear, overthrowing governments and leaders, and causing as much damage as possible. Terrorism, and one of its manifestations, crimes committed by explosive devices, are increasingly reaching our country, so it is necessary to increase the preparedness of the population and law enforcement agencies. So far, Hungary has not been a major target for terrorist organizations. Still rather a transit country, but this fact is set to change in the future, and it is unacceptable to maintain a state of "blissful ignorance" among citizens and professionals.

Keywords: terrorism, bombing incidents, national security, law enforcement preparedness, risk assessment

ÖSSZEGZÉS

A XXI. század egyre meghatározóbb jelensége a terrorizmus, mely jelen korunkra oly mértékben kiterjedt, hogy nincs olyan állam vagy nemzet, amelyet legalább közvetetten ne érintene. A vallási, illetve politikai csatározások bevett eszköze, melynek célja a félelemkeltés, a hatalmon lévő kormányok, vezetők megbuktatása, a lehető legnagyobb mértékű kár okozása. A terrorizmus, illetve annak egyik megnyilvánulási formája, a robbantással elkövetett bűncselekmények szele egyre jobban eléri hazánkat is, így szükséges a lakosság, valamint a rendvédelmi szervek felkészültségének a fokozása. Eddig Magyarország nem tartozott a terrorista szervezetek fő célpontjai közé, inkább tranzitországhént tekintettek rá, azonban ez a tény a jövőben változni látszik, ezért nem megengedhető az állampolgárok, illetve a hivatásos állomány „boldog tudatlanság” állapotának fenntartása.

Kulcsszavak: terrorizmus, robbantásos cselekmények, nemzetbiztonság, rendvédelmi felkészültség, kockázatelemzés

BEVEZETÉS

A cikk alapvetően három fő részre tagozódik, az első szerkezeti részben a terrorizmus elméleti és gyakorlati megközelítésével szeretnék egy kézzel foghatóbb képet bemutatni arról, hogy milyen mozgó rugói vannak ennek az erőszakos „mozgalomnak”. Ennek célja, hogy a „miért” megismerésével előnyösebb rálátással rendelkezünk a „hogyan” kérdésében,

¹ Windows Preparing Police Response Units to Combat Terrorism, Focus on Countermeasures Against the Unlawful Use of Explosive Devices

² Robbantástechnikai szakember; e-mail: ferencz.nono@gmail.com; ORCID: 0009-0005-5385-7723.

tehát, hogy ne csak tudjuk, de meg is értsük a terrorizmus működését, motivációit, végrehajtási módjait, ennek útján pedig hatékonyabban tudjunk védekezni azzal szemben. Ismertetésre kerülnek a leggyakrabban alkalmazott, házilag is elkészíthető robbanóanyagok, illetve robbanószerkezetek is. A fejezet célja a terrorizmussal kapcsolatos ismeretek bővítésén felül az, hogy a jelen évtizedek történéseinek bemutatásával egyfajta bizonyítékot szolgáltatasson, mely tényezők és körülmények teszik indokolttá a rendőrség elsődleges reagáló egységeinek megfelelő felkészítését, attól függetlenül, hogy hazánk nem közvetlenül érintett a terrorista cselekmények elkövetése szempontjából.

A második részben áttekintésre kerülnek a magyar jogrendszer terrorizmussal kapcsolatos rendelkezései. Ennek célja, hogy a közterületi állomány megfelelő jogi ismeretekkel rendelkezzen a terrorizmussal kapcsolatos cselekmények büntetőjogi értelmezésében, elhatárolásában. A fejezet második felében bemutatom a magyar rendvédelmi szervek terrorizmussal, azon belül is leginkább a robbantásos cselekményekkel kapcsolatos jelenlegi jogi szabályozását, az alkalmazott metodikákat, eljárásrendeket.

A harmadik részben néhány külföldi példán keresztül elemzem az ott alkalmazott stratégiákat, taktikákat, eljárásrendeket és oktatási anyagokat, melyeket főleg a terrorizmussal kapcsolatos incidensek során alkalmaznak, immár jól bevett módszerekként. A cikk feltárja és szemlélteti a magyar rendőri állomány ezirányú felkészítésének hiányosságait, egyben segítő szándékkal összegzi annak fejlesztési lehetőségeit, azzal a céllal, hogy a lehető leg szélesebb körű felkészülési platformot biztosítsuk a rendvédelmi szervek közbiztonsági tevékenységének javítása érdekében.

Célom az, hogy az általam kutatómunkával összegyűjtött szakmai anyag a későbbiekben felhasználásra kerülhessen a rendőrség állományának oktatása során, illetve rávilágítson arra, hogy bár Magyarország egyelőre nem kiemelt célpont terrorveszélyeztetettség terén, de a változás lehetősége továbbra is fennáll.

A TERRORIZMUS ELMÉLETE ÉS GYAKORLATA

A terrorizmus korunk egyik legösszetettebb nemzetbiztonsági kihívása. Ahhoz, hogy megfelelően tudjunk reagálni a terrorizmussal kapcsolatos, bűnös célú, erőszakos cselekményekre, szükséges, hogy átfogó képpel rendelkezünk annak lényegéről, működési mechanizmusairól, megjelenési formáiról, továbbá az elkövetési motivációkról, azok „mozgatórugóiról”. Valamilyen szinten szükséges „megértenünk” a terrorizmus elméleti és gyakorlati okait ahhoz, hogy minden körülményre kiterjedően, specifikusan felkészülhessünk az általa képviselt fenyegetésekre. [1] Így ezen fejezet fő célja, hogy megismertesse a terrorizmust, mint önálló fogalmat, a terrorszervezetek típusait és tevékenységüket.

A „terror” szó a latin „terrere” kifejezésből ered, melynek jelentése „megfélemlíteni”, és ez a legfontosabb közös nevezője a terrorizmust leíró fogalmaknak, hogy gyakorlatilag bármilyen céllal, motivációval, azok elérése érdekében, olyan cselekményeket fejtenek ki, melyek félelmet keltenek a civil lakosságban. Minden más eszköz gyakorlatilag ezt a végcélrt szolgálja. A terrorizmus különböző formái között már csak az elérni kívánt cél és a cselekmény megjelenési formája tesz különbséget. A számos meghatározás közül én az Amerikai Szövetségi Nyomozó Iroda (FBI) által használt változatot választottam, mely

szerint a terrorizmus: „erő vagy erőszak törvénytelen használata személyek vagy vagyontárgyak ellen azzal a céllal, hogy megfélemlítsék vagy korlátozzák a kormányt, a polgári lakosságot, vagy azok bármely részegységét politikai vagy társadalmi célok előmozdításában.” [2] Tehát a terrorizmus fogalmának három kiemelt tartalmi eleme van:

- motivációk vagy elérni kívánt cél;
- erőszak vagy fenyegetés;
- széles körű megfélemlítés.

A terrorizmus motivációja mindig valamilyen ideológia, mely nagyon széles skálán mozog, és valamilyen értékekből és elvekből álló hitrendszer alkotja. Ahhoz, hogy megfelelő képet tudjunk alkotni és jobban előre tudjuk jelezni egy bizonyos terrorista csoport célpontjait és módszereit, és fokozni tudjuk a rendvédelmi szervek reagálási, felkészültségi szintjét, fontos, hogy tudjuk és megértsük a csoportot mozgató ideológiát. [1] Ne felejtjük el, hogy az erőszak a terrorizmusnak csak eszköze a kitűzött cél eléréséhez, egy olyan „kommunikációs” csatorna, melynek célja, hogy eljuttassa a félelem üzenetét a célszemélyekhez. Sokszor maga az erőszak, illetve az erőszakkal elkövetett cselekedetek szimbolikus jelleggel bírnak, nem a konkrét megtámadott személyek ellen irányulnak, őket felhasználva kívánják a célzott személyek, a kormányok, illetve a média figyelmét felkelteni, hogy szélesebb közönséget érjenek el, nagyobb figyelmet kapjanak.

Alapvetően megkülönböztetünk állami és nem állami terrorizmust, melynek értelmében állami terrorizmusnak tekintjük azt, amikor egy adott állam a saját állampolgáiraival szemben folytat politikai célú erőszakot, míg a nem állami terrorizmuson belül több kategóriára oszthatók az egyes csoportok, főleg azok ideológiai megközelítése alapján. A jelenleg létező terrorszervezetek, valamint a már elkövetett terrorcselekmények motivációi alapján – a teljesség igénye nélkül – három csoportba sorolhatók az ideológiák:

- politikai;
- vallási;
- egyéb társadalmi.

A terrorizmust mozgató ideológiák széles skálán terülnek el és csak a fantázia szab határt nekik, lényegében bármilyen valóságnak hitt elvi rendszer alkalmas lehet, ha annak képviselője az ideológia elérésének érdekében képes illegitim erőszakot alkalmazni. Alapul véve az FBI tanulmányait, a terrorista csoportok felépítése alapján három kategóriát különböztetünk meg:

- a laza kapcsolatban álló szélsőségeket;
- a formális terrorszervezeteket;
- a terrorizmus állami támogatóit. [2]

A lazán kötődő szélsőségesek csoportjába tartozik az al-Kaida, mely nemzetközi szinten követ el terrorcselekményeket. Célja az egész világot átfogó iszlám rendszer létrehozása, a nem muzulmánok kiutasításával. Azért is tartozik ebbe a kategóriába, mert számos, egyébként függetlenül működő szélsőséges csoport tartozik az égise alá, mint például az Egyiptomi Iszlám Dzsihád, az al-Gamaa al-Iszlámija. Olyan különböző nemzetiségi, etnikai csoportok, melyek ugyanazon szélsőséges ideológiát támogatják, összeköti őket a közös politikai, illetve vallási meggyőződés.

A második a formális terrrorszervezetek csoportja, ilyen például a palesztin Hamász és a libanoni Hezbollah. Ezek jellemzően több országra kiterjedően működő, autonóm szervezetek, melyek saját infrastruktúrával és pénzügyi háttérrel rendelkeznek. Fenntartanak különböző operatív és alvó csoportokat, toborzással és hírszerzéssel is foglalkoznak.

A harmadik kategóriába a terrorizmus állami támogatói tartoznak, melyek főként olyan államok, amelyek politikai célok elérésének eszközként használják fel a terrorizmust. Az Amerikai Egyesült Államok Külügyminisztériuma által nyilvántartott, terrorizmust támogató országok közé tartozik Kuba, Irán, Szudán, Szíria. Mint a fentebb leírtakban is jól látszik, Szíria, de legfőképpen Irán a legnagyobb bábmestere a terrorizmusnak. Oktatással, politikai és diplomáciai, illetve pénzügyi támogatásokkal is hozzájárul a nagyobb terrrorszervezetek működéséhez. [2]

Amikor a terrorizmus, terrorcselekmény kifejezéseket használjuk, az emberek döntő többsége akaratlanul is a robbantással elkövetett erőszakos cselekményekkel azonosítja azokat. Ez a „pavlovi reflex” az elmúlt évtizedek történéseinek, valamint a robbanóanyag vagy robbanószerkezet felhasználásával elkövetett cselekmények kifejezetten erős lélektani hatásainak lenyomata. Ha az utcán sétáló járókelőket megkérnénk, hogy nevezzenek meg egy terrorcselekményt, a többség minden bizonnyal – a 2001. szeptember 11-ei merényletet nem számítva – valamilyen robbantással elkövetett eseményt idézne fel. A robbantásos cselekmények legfőbb célja, a sérülés okozásán túlmenően, a lehető legszélesebb körű félelem- és pánikkeltés. Ugyan a terrorizmus zászlaja alatt elkövetett erőszakos, személy ellen irányuló cselekmények végrehajtási módszereinek tárháza napjainkra széles skálán mozog – gondolva a késeléses vagy a gázolós (ramming) módszerekre –, a társadalomra szellemileg és fizikailag is a robbantással elkövetett terrorcselekmények vannak a leginkább hatással. [3]

Mint az a nevéből is kivehető, az IED (Improvised Explosive Device), más néven „házi készítésű” robbanóeszközök alatt nem a gyárban, üzemi körülmények között előállított és legyártott anyagokat és eszközöket értjük, hanem az olyan, bűnös szándékkal, internetről szerzett „tudással” összeeszkábált eszközöket, melyek stabilitása és működési mechanizmusa nagyban eltér az ellenőrzésen átesett, gyárban készült változatoktól. [4][5] Az IED-ket – figyelemmel a cikk tematikájára – a felhasznált anyagok és eszközök alapján két fontosabb csoportba soroltam. Az egyik csoportba tartozó eszközök alapját ipari környezetben legyártott robbanóanyag képezi, míg a másik csoportban helyet kapó szerkezetek teljes egészében házilagos készítésűek.

Az első kategóriába tartozó eszközökhöz felhasznált robbanóanyagok és szerkezetek főképp eltulajdonításból (lopás, II. világháborúból fennmaradt eszköz feltalálása), illegális tevékenységekből (darkweb, csempészés) származnak, felhasználásukhoz és a robbanóeszköz elkészítéséhez különösebb szakértelemre nincs szükség (TNT, C-4, Semtex). Egyszerűbb műszaki tudás birtokában könnyen kezelhetőek és nem keltenek különösebb feltűnést. Azonban a házilag készített robbanószerkezetek csoportjánál magát a robbanóanyagot is az elkövető személy készíti el. Ugyan a jelenkor kormányai által képviselt jogi szabályozás és nemzetbiztonsági tevékenység szigorú keretek közé szorította a robbanóanyagok készítéséhez szükséges anyagokhoz és eszközökhöz történő hozzáférést, az internet, és főleg a darkweb kiszélesedésével, valamint az államhatárokon átívelő szervezett bűnözés terjedésével ezek a korlátok mégsem alkalmasak arra, hogy teljes egészében kizárják az IED alkalmazásának lehetőségeit. Nem is beszélve számos, olyan könnyen beszerezhető anyagról, eszközről, melyek önmagukban nem jelentenek veszélyt, sőt, a háztartásunk szerves részét képezik. Manapság pirotechnikai eszközökhöz és lőszerkekhöz is könnyedén hozzáférhet bárki, mely eszközök töltetének anyagai szintén alkalmasak lehetnek robbanás előidézésére. [6][7]

TATP – triaceton-triperoxid [24]

A TATP, más néven aceton peroxid, triaceton-triperoxid, vagy ahogy sokan ismerik, a „Sátán anyja”, egy gyűrűs molekulájú, szerves, peroxidvegyület [23]. Fehér színű, kristályos, por állagú anyag, ami instabil és kifejezetten érzékeny a nyílt lángra, súrlódásra, rázkódásra, ütődésre, illetve a magasabb hőmérsékletre. Éppen ezért napjainkban már sem katonai, sem ipari célokra nem alkalmazzák, azonban az alacsony költségű és egyszerű előállíthatósága miatt a bűnös célú felhasználók előszeretettel alkalmazzák. [8] Nagyjából pár gramm mennyiségben gyújtásra egyszerűen elég, azonban, ha ezt a mennyiséget meghaladja, akkor robbanásba megy át. Mivel nem tartalmaz nitrogént, nem észlelik sem a határellenőrzés során, sem a biztonsági szervek által alkalmazott detektorok, sem a különlegesen kiképzett robbanóanyag-kereső kutya. [9]

HMTD – hexametilén-triperoxo-diamin

Egy nagy hatóerejű, 4500 m/s detonációsebességű, fehér, kristályos, szerves vegyület, mely hasonlóan a triaceton-triperoxidhoz, nagy ütés- és dörzssérzékenysége következtében nem olyan stabil, mint a hasonló iniciáló robbanóanyagok. Kezdetben bányászati célokra alkalmazták indítómechanizmusként, de a sokkal stabilabb tetril kiszorította a piacról. Összetevőit tekintve tartalmaz hidrogén-peroxidot, citromsavat vagy kénsavat és hexamint. A rossz hő- és kémiai stabilitása miatt detonátorként nem alkalmazzák. Annak ellenére, hogy nagyon érzékeny, és katonai célokra nem alkalmazzák, a HMTD továbbra is az improvizált robbanóeszközök egyik alapanyaga. Számos öngyilkos merényletnél azonosították, ez volt az egyik összetevője a Los Angeles-i nemzetközi repülőtéren az ezredfordulón végrehajtott robbantásos merényletnek, de a 2005. évi londoni robbantásnál is azonosították. 2006-ban összehangolt robbantási kísérletet terveztek a transzatlanti repülőgépek ellen, melyet a brit rendőrség megghiúsított, az alkalmazni kívánt robbanóanyag többek között a TATP és HMTD volt. [22]

Tévedés ne essék, az improvizált robbanóanyagok és eszközök készítésére nem létezik bevett szokás vagy útmutató, ezért tovább fokozza veszélyességét, hogy kialakítása, bonyolultsága, alkotórészeinek összetétele kizárólag a készítő „kreativitásán” múlik. [10] Alapanyagaiként és alkotórészeiként számos anyag felhasználható. Az eszköz mérete a gyufásdoboznyitól akár a teherautó-nagyságúig is terjedhet, függően a rombolni vagy megsemmisíteni kívánt célponttól és az elérendő hatástól. Egyetlen konkrét személy likvidálásához elegendő lehet egy „levélbomba” is, egy épület vagy komolyabb létesítmény elleni pusztítóbb merénylet pedig akár több tonnás robbanótöltet szükséges. [11] [12] Az alábbi felsorolás tartalmazza az általánosságban vett IED-típusokat:

- VIOIED – Victim Operated IED: áldozat által működésbe hozott improvizált robbanószerkezet;
- CWIED – Command Wire IED: vezetékes indítású (megfigyelt) improvizált robbanószerkezet;
- RCIED – Radio-Controlled IED: rádió távvezérléssel működésbe hozott improvizált robbanószerkezet;
- TIMEDELAY IED: időzített improvizált robbanószerkezet.

- VBIED – Vehicle Borne IED: gépjárműbe épített, rejtett improvizált robbanószerkezet;
- PBED – Person-Borne IED: öngyilkos merénylő által működésbe hozott improvizált robbanószerkezet;
- SVBIED – Suicide Vehicle-Borne IED: gépjárműves öngyilkos merénylő;
- EFP – Explosive Formed Projectile (Penetrator): házilag készített ütőtányéros oldal elleni improvizált robbanószerkezet. [6][7]

A TERRORIZMUSAL KAPCSOLATOS JOGI SZABÁLYOZÁS

A terrorizmus elleni küzdelemhez, a szakmai felkészülés útján történő megelőzésen és reagáláson túl, szükséges a jogi keretek közötti szabályozáson keresztül is kiterjeszteni a rendőrség állományának tudástárát, mivel mint végrehajtó szervezet, tevékenységünket és annak megfelelő végrehajtását ezen szabályozások foglalják törvényességi keretbe. Ugyan a közterületi állomány büntető anyagi joggal eljárási szinten nem foglalkozik, de elvárható, hogy tisztában legyen azzal, hogy az általa észlelt cselekmény milyen jogi kategóriába tartozik, illetve milyen bűncselekmény elkövetését mérítheti ki. Ezért szükségesnek látom általános szinten ismertetni a terrorizmussal kapcsolatba hozható cselekményeket érintő büntetőjogi szabályozásokat. Természetesen meg kell jegyezni, hogy az ilyen cselekmények összetettségét és elkövetési módjainak sokrétűségét figyelembe véve – ahogy fogalmi szinten sem – büntetőjogi szinten sem lehetséges a minden aspektusra kiterjedő szabályozás, így a jogalkotók a tapasztalatok alapján a leggyakrabban megjelenő motívumokat, elérni kívánt célt és a szándékot vették alapul a jogszabályok megalkotásánál. A terrorizmus mint nemzetbiztonsági fenyegetés évtizedek óta jelen van világunkban, azonban jogi szabályozásának szükségessége akkor került a figyelem középpontjába, amikor nemzetközi szinten is megalapozta jelenlétét és elérte a nyugati társadalmakat. A terrorizmus elleni jogi fellépés kezdeményezésének mérföldköve „természetesen” az Amerikai Egyesült Államokat 2001. szeptember 11-én ért terrortámadás-sorozat volt, azonban a 2004-et követő, Európa több pontján végrehajtott terrorcselekmények is rámutattak a megfelelő jogi környezet kialakításának sürgető mivoltára. Ennek nyomán az elmúlt két évtizedben számos nemzetközi, európai és nemzeti szintű jogi intézkedésre került sor. Az alábbi ENSZ-es és EU-s jogi szabályozások nyomán alakult ki a jelenlegi szabályozás:

- a nukleáris terrorcselekmények visszaszorításáról szóló Nemzetközi Egyezmény kihirdetéséről szóló 2007. évi XX. törvény;
- az Európai Unió Tanácsának 2002. június 13-án elfogadott, a terrorizmus elleni küzdelemről szóló 2002/475/IB kerethatározata;
- az Európai Unió Tanácsának a terrorizmus megelőzéséről szóló 2005. május 16-án kelt Egyezménye.

A jelenleg hatályos Büntető Törvénykönyvről szóló 2012. évi C. törvény a közbiztonság elleni bűncselekmények csoportjába helyezi a terrorcselekményt, ennek oka, hogy a közbiztonság fogalmába alatt egy olyan háborítástól mentes, jogszabályok által garantált állapotot értünk, melyben az alkotmányos intézmények, a társadalom, annak egyénei, közösségei és javai nincsenek veszélynek kitéve. [13] Terrorizmusnak pedig fő célja ezen érdekek közvetlen vagy közvetett eszközcselekmények útján történő megtámadása. [14][15]

„A terrorcselekményre vonatkozó szabályozás átláthatóvá tétele érdekében három önálló tényállással kívánja megvalósítani a terrorizmus megjelenési formáival szembeni hatékony büntetőjogi fellépést: így a Btk. 314-316. §-ai szerinti terrorcselekménnyel, a Btk. 317. §-a szerinti terrorcselekmény feljelentésének elmulasztásával, valamint a Btk. 318. §-a szerinti terrorizmus finanszírozásával. Emellett a terrorizmus elleni fellépéssel összefüggő egyes törvények módosításáról szóló 2016. évi LXIX. törvény 64. §-ának megfelelően a Btk. 331. §-a szerinti háborús uszítás büntetése kiegészült egy új (2) bekezdéssel, amely szintén a terrorizmus elleni büntetőjogi fellépést hivatott biztosítani.”[16]

RENDŐRSÉGI ELJÁRÁS ROBBANTÁSSAL FENYEGETÉS ESETÉN

Az általános rendőrségi feladatok ellátására létrehozott szerv (továbbiakban: rendőrség) elsődleges reagáló egységeinek a munkájuk során számos váratlan veszélyhelyzettel kell szembe nézniük. Az idő előrehaladtával ezen veszélyhelyzetek köre folyamatosan változik, melyekre hatást gyakorolnak a technológiai, gazdasági és politikai változások. A veszélyhelyzetek egyik ilyen típusa a terrorizmus, valamint az ezzel kapcsolatban a robbantással végrehajtott bűncselekmények elkövetése, mely cselekmények a 2000-es évek után kifejezetten elszaporodtak. Magyarország a nyugati, valamint közel-keleti államokkal ellentétben, abban a szerencsés helyzetben van, hogy nem elsődleges célpontja a terrorszervezetek tevékenységeinek, illetve elmondható, hogy a magyar állampolgárok részéről sem jellemző az ilyen jellegű, robbantással végrehajtott bűncselekmények elkövetése. Azonban fel kell készülni arra, hogy a jövőben ez a tendencia változni fog és szükségessé válhat az ilyen jellegű cselekményekre való teljeskörű felkészülés. [17]

A Rendőrség Szolgálati Szabályzatáról szóló 30/2011. (IX. 22.) BM rendelet (továbbiakban: RSZSZ) a közveszéllyel fenyegetés kapcsán végrehajtandó feladatok hatáskörét az alábbiakban szabályozza:

- „58. §. (2) Közveszéllyel fenyegetés helyszínén az előzetes felderítő tevékenységre
- a) Budapesten, valamint a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér területén, továbbá a Terrorelhárítási Központ hatáskörébe tartozó ügyekben a Készenléti Rendőrség Tűzserész Szolgálatát,
 - b) a Készenléti Rendőrség által védett létesítmények, biztosított rendezvények, védett személyek programhelyszínei esetén az egész ország területén a Készenléti Rendőrség Tűzserész Szolgálatát,
 - c) egyéb esetben a vármegyei bombakutatót kell kirendelni.”

Mint az jól látszik, Budapestet, illetve a kiemelt fontosságú létesítményeket leszámítva, az előzetes felderítői tevékenységet nem képzett tűzserész-személyzet, hanem bombakutató képzéssel rendelkező „átlag” rendőr (továbbiakban: bombakutató) hatja végre. A bombakutatói képzésen részt vett rendőr képes felismerni a robbanásveszélyes eszközöket, amennyiben az előzetes felderítő tevékenysége során robbanásveszélyes eszköznek minősülő tárgyat talál, képes végrehajtani az elsődleges intézkedéseket az élet- és vagyonbiztonság megóvása érdekében.

A bombakutató alapvető feladata a robbantással fenyegetett helyszínek, objektumok átvizsgálása robbanószerkezetek felkutatása érdekében. Az átvizsgálást éppen azért kell végrehajtani, hogy megállapíthassuk, hogy a veszélyhelyzet valóban fennáll-e, tehát, hogy valóban található a robbantással fenyegetett helyszínen robbanóanyag vagy szerkezet. A bejelentés, fenyegetés összes körülményének értékelése alapján a bombakutató személy hoz döntést az elsődleges intézkedésekről, a szükséges zárás vonaláról, a létesítmény egy részének vagy egészének kiürítéséről, a kutatás végrehajtásához szükséges erők bevonásáról. Tájékoztatja a fenyegetéssel érintett létesítmény vezetőjét, továbbá beszerzi az arra vonatkozó és a kutatást elősegítő legszükségesebb információkat. [18]

Megjegyezni kívánom, hogy katonai robbanószerkezet találása esetén a Magyar Honvédség Tűzszerész Ügyeletét szükséges értesíteni, ebben az esetben ők rendelkeznek hatáskörrel. Ez alól kivételt képez, ha a katonai robbanószerkezetet bűncselekmény elkövetéséhez eszközül használták fel vagy arra szánták, illetve, ha a katonai robbanószerkezettel követték el a bűncselekményt, ilyenkor a Készenléti Rendőrség Tűzszerész Szolgálatára rendelkezik hatáskörrel.

A rendőrség közterületi szolgálatának koordinálása a Tevékenység-irányítási Központ (továbbiakban: TIK) feladata, így a fentebb tárgyalt események kapcsán számos olyan kötelezettség terheli, melyekről szintén érdemes szót ejteni. Főbb feladatai közé tartozik az állampolgári bejelentések kezelése, a szükséges intézkedések megtétele, a szolgálati feladatot ellátó közterületi állomány helyszínre irányítása, tevékenységének koordinálása, a rendelkezésre álló erők, eszközök intézkedésbe történő bevonása, átcsoportosítása, kapcsolattartás a társszervekkel, a Hívásfogadó Központokkal (továbbiakban: HKK), a jelentési és tájékoztatási kötelezettség teljesítése. Ugyan alapvetően az állampolgári bejelentéseket a Hívásfogadó Központok kezelik, elsődleges feladatuk a segélykérővonalon beérkező segélyhívások fogadása és értékelése, illetve a beavatkozást nem igénylő hívások kiszűrése. Azonban szükség esetén a bejelentést továbbítja a rendőrség, a mentőszolgálat és a katasztrófavédelmi szervek felé.

NEMZETKÖZI AJÁNLÁSOK VESZÉLYHELYZETEK KEZELÉSÉRE

Magyarország abban a kivételes helyzetben van, hogy a nemzetközi terrorizmus szempontjából nem tekinthető kiemelt célpontnak, napjainkig nem is történt hazánkban a szó szoros értelmében vett terrorcselekmény, de az idő előrehaladtával és a jelenlegi változások fényében számítani lehet arra, hogy az Európai Unió egyéb, nyugati országaihoz hasonlóan országunk területére is rányomhatja bélyegét az erőszakos cselekményekkel járó terrorizmus. Ha jelentősebb események történnek, a helyszínre érkező egységek kezdik meg a koordinálást. Annak biztosítása, hogy ezek a bűnüldöző szakemberek rendelkezzenek a szükséges tudással, tapasztalattal, készségekkel és eszközökkel, továbbá, hogy kialakuljon egyfajta egységes reagálási, válaszadási rendszer, kulcsfontosságú. A közterületi állomány képzésének rendszere évtizedek óta nem változott. Kevés szó esik az oktatás során olyan stratégiákról és taktikákról, amelyek a kritikus gondolkodáshoz és döntéshozatali készségekhez, a magas kockázatok kezeléséhez kapcsolódnak, vagy válsághelyzetek, jelentősebb incidensek kezelésére fókuszálnak.

Bemutatásra kerülnek olyan általánosan alkalmazható válságkezelési módszerek amelyek az Egyesült Királyság rendőri egységei, a Police Executive Research Forum – Rendőrvezetői Kutató Fórum és a New York City Police Department (NYPD) szakértői által készültek és kerülnek alkalmazásra az állomány oktatása során mint döntéshozatali eszközök számos kritikus incidens esetén. [19] Az alábbi módszerek elsősorban inkább parancsnoki feladatokat ellátó tisztek részére készültek, azonban, ha jobban megfigyeljük, a bennük foglalt lépések, főleg az elsődleges helyzetfelismerés terén, valamint a végrehajtó állomány tekintetében is számos hasznos tanácsot tartalmaznak. Fontos felhívni a figyelmet arra, hogy a hasonló megküzdési mechanizmusok memóriába történő tudatos betáplálása nagyban elősegíti a kiemelt események során előtörő stressz kezelését, csökkentve ezzel a pánik vagy a csóllátás, lefagyás kialakulásának lehetőségét.

7 C's of Critical Incident – a kritikus incidensek 7 C-je, melyet Matt Galvin felügyelő, a New York City Police Department (NYPD) fejlesztett ki. A fejlesztés során Galvin felügyelő a NYPD sürgősségi szolgálati egységének (ESU) ügyvezető tisztje volt. Az ESU felelős a városban zajló számos kritikus incidens megválaszolásáért, mint például a túszejtés, barikádok, a rendőrök által elkövetett öngyilkosságok, a tömeges balesetek és hasonlóak. Az ESU nyomozói további kommunikációs, tárgyalási és taktikai képzésben részesülnek. [20] Noha ezen lépések közül sokat az NYPD ESU számára fejlesztettek ki, ezek nem csak az olyan speciális egységekre vonatkoznak, mint az ESU. A járőrök elsajátíthatják ezeket a lépéseket, és használhatják ezt a listát, hogy sikeresek legyenek a kritikus eseményeknél. Ezen taktikák alkalmazása és az ellenőrzőlista követése segítheti a közterületi állomány és a parancsnokok bármely csoportjának sikerességét.

Ilyen döntéshozatali elősegítő eszköz például a Critical Decision-making Model – a kritikus döntéshozatali modell, továbbiakban CDM. A CDM egy ötlépcsős eszköz, amely az adott állami szerv saját értékrendszeréhez kötődik. A CDM segíthet az elsődleges reagáló egységeknek a kritikus incidensek során a fontos és időérzékeny döntések meghozatalában. Amikor végigveszik a CDM lépéseit, vagy „pörgetik a modellt”, olyan strukturált útmutatásokon mennek keresztül, amelyek segítenek nekik kezelni a dinamikus helyzeteket és biztosítani a biztonságos eredményt. Ha a probléma nem oldódik meg, vissza kell térniük az első lépéshez és folytatniuk kell a folyamatot a további információk gyűjtésének megkezdésével. Ahogy az információ fejlődik, a reagálóknak újra kell értékelnie a választ, változtatni kell, újra kell osztania az erőforrásokat és tájékoztatnia kell minden egységet a művelet új irányáról. A reagálóknak figyelembe kell venniük a CDM minden egyes lépését mindaddig, amíg minden probléma és a kritikus incidens meg nem oldódik. Természetesen a modell minden lépése során figyelembe kell venni a CDM központi elemét, hogy az egyes megtett intézkedések összhangban vannak-e szervezetük érték és szabályrendszerével.

A „bomba” a robbanóanyagok feltalálása óta a terroristák kedvenc fegyvere, jelenleg pedig különösen nagy előnyt élvez az ilyen csoportok körében, bár természetesen nem csak terrorista jelleggel beszélhetünk robbantással összefüggő eseményekről. Az alábbiakban röviden összefoglalva bemutatásra kerülnek a nemzetközi ajánlások a robbantással kapcsolatos eseményekre történő reagálás hatékonyságának növelése érdekében. Ezek alapján általánosságban a robbantással kapcsolatos események három kategóriába sorolhatók:

1. „Bombariadó” – robbantással fenyegetés.
2. Gyanús csomag vagy tényleges robbanószerkezet észlelése.
3. Robbanás. [21]

A reagálás tervezése és kidolgozása szempontjából a három közül a legnehezebb a bomba-fenyegetés. A fenyegetés annyi változót ölel fel, hogy gyakorlatilag nincs garantált védekezés ellene. Leggyakrabban a célpont értesítést kap arról, hogy bombát vagy robbanóanyagot helyeztek el, majd a célpont értesíti a bűnüldöző szervet vagy magához a bűnüldöző szervhez érkezik a bejelentés. Nehéz felmérni a bombafenyegetések tényleges valóságtartamának kockázatát. A túlereagálás költséges, bomlasztó lehet, és a fenyegetésért felelős személy célját táplálja. Az alulreagálás azonban még költségesebb lehet az idő, a pénz és legrosszabb esetben az emberi élet tekintetében.

A robbantással fenyegetések fő célpontjai a nagy tömegeket vonzó, sűrűn lakott helyen megrendezésre kerülő események, például a vásárok, a sportesemények, a parádék vagy más hasonló rendezvények, ezért az ilyen eseményekre fel kell készülni és intézkedéseket kell hozni. Ezen felül a munkahelyek, az iskolák, a színházak, az arénák és a stadionok, valamint a tömegközlekedési központok, például a repülőterek, a vasútállomások és a buszpályaudvarok a bombafenyegetések kedvelt célpontjai az általuk keltett jelentős fennakadások és médiafigyelem miatt. Még azokban az esetekben is, amikor ténylegesen nem helyeztek el robbanóanyagot, a fenyegetés önmagában a megzavarás eszközévé válik. Egyetlen telefonhívás több ezer ember evakuálását eredményezheti. Bár a fenyegetéseket többféleképpen is közölni lehet, a leggyakrabban használt médium a telefon. A telefon nagy névtelenséget biztosít a hívónak, nyilvános fülkéket, eldobható telefonokat használnak a hívóazonosító rendszerek megghiúsítására. Annak ellenére, hogy a bombafenyegetést gyakran terroristák és radikálisok alkalmazzák, a tény az, hogy a bombafenyegetést gyakrabban követik el nem terroristák. Statisztikailag elmondható, hogy a bombafenyegetések döntő többsége nem rejt valós veszélyt, egy érzelmileg zaklatott vagy izgalmat kereső személy, vagy bosszúálló szándék által indított cselekvés eredménye. A bombafenyegetésre adott válasz reakció nagyban függ a begyűjtött információktól.

Ezek alapján a következő helyzetek állhatnak fenn:

- kiürítés elrendelése;
- kutatás elrendelése;
- kutatás kerül végrehajtásra és nem kerül feltalálásra robbanó szerkezet;
- gyanús csomag kerül feltalálásra;
- kutatás kerül végrehajtásra és robbanószerkezet kerül feltalálásra.

A gyanús csomagok vagy tényleges robbanószerkezetek kezelésének és az ezzel kapcsolatos eljárásoknak sokkal konkrétabbnak kell lenniük. Nem lényeges, hogy egy gyanús csomagról kiderül-e, hogy ártalmatlan vagy éles eszköz, hiszen, ha egy csomagot – legyen az doboz, aktatáska, hátizsák vagy más tárolóeszköz – gyanúsnak ítélnék, a tűzserész érkezéséig úgy kell kezelni, mintha robbanószerkezet lenne. Amikor a keresők felfedeznek valamit, amit gyanúsnak találnak, a közvetlen környéket gyorsan el kell hagyni. Ezt megelőzően érdemes néhány fényképet készíteni a gyanús tárgyról és annak közvetlen környezetéről, illetve pontosan meg kell tudni határozni annak helyzetét és az oda vezető utat.

Ha a keresők a közvetlen környezeten kívül vannak, a parancsnoki állomást tájékoztatni kell a pontos helyszínről. A gyanús tárgyat robbanószerkezetnek kell tekinteni és így kezelni. A keresést csak azután lehet folytatni, hogy a tárgyat ártalmatlannak minősítették (például előkerül a tárgy tulajdonosa), vagy azt egy tűzszerész megvizsgálta. A kutatóknak és a bombaeseményben részt vevő személyeknek tudatában kell lenniük annak, hogy másodlagos robbanószerkezet is jelen lehet, melyek elsődleges célja a helyszínre érkező sürgősségi személyzet megölése vagy sérülés okozása. Ezek a másodlagos eszközök általában kis távolságra vannak az elsődleges robbanószerkezettől.

Robbanás esetén a tervezés és a reagálás ugyanaz, függetlenül attól, hogy a robbanás véletlenszerű vagy szándékos volt-e, vagy bűnös szándékkal történt. Az eljárások csak azután változnak, hogy ez ismertté vált. A robbanás bekövetkezése után az alábbi, legfontosabb irányelveket kell szem előtt tartani:

- életmentés;
- az incidens eszkalációjának megelőzése;
- a folyamatban lévő károk enyhítése;
- a bűnügyi nyomozás megkönnyítése;
- a tulajdon védelme;
- a nyilvánosság tájékoztatása.

Mindig az életmentés az elsődleges szempont, ezért a teljes közterületi állományt szükséges lenne Police Medic képzésben részesíteni, hogy a hasonló incidensek során megsérült személyek elsődleges ellátását meg tudják kezdeni. A nagy kiterjedésű incidensek során, ahol nagy a sérültek száma, az elhunyt személyeket sajnos szükséges hátrahagyni és a még menthető sérültek ellátását kell megkezdeni, ennek oka elsősorban a mentést végző személyzet minimális létszáma.

Ha a robbanás bekövetkezett, fontos a lehető leginkább elkerülni a pánikot, tehát azt, hogy tovább eszkalálódjon a szituáció. Ezért a lehető leghiggadtabb hozzáállással szükséges kezelni a menekülőket, a bámészkodókat, illetve a mentés többi résztvevőjét. A robbanás utáni pánik során alakul ki a legtöbb sérülés.

Nemcsak személyi, hanem anyagi károk is keletkezhetnek, ezért figyelmet kell fordítani azokra, melyek másodlagos veszélyforrást jelenthetnek. Ilyenek például a tüzek, a szerkezeti károk, a közművek sérülése, melyeket ha nem orvosolunk a lehető legrövidebb idő alatt, újabb komoly incidens alakulhat ki.

Ne feledjük, hogy minden ilyen incidenst bűncselekményként kell kezelni addig, amíg az ellenkezője megállapítást nem nyer. Az elsődleges feladatokat, ha a helyzet engedi úgy szükséges végrehajtani, hogy a nyomozás érdekei se sérüljenek. Figyelemmel kell lenni a lehetséges elkövetőkre és a szemtanúkra, valamint a tárgyi bizonyítási eszközök biztonságára.

Ezek után lehet foglalkozni a tulajdon védelmével és a nagyobb értéket képviselő vagyontárgyak mentésével.

Amennyiben az incidens megfelelő kontroll és koordináció alatt van, a média és a nyilvánosság megfelelő tájékoztatása is a feladatok közé tartozik. A helyszíni parancsnoknak vagy a közvetlen szervezeti vezetőnek a feladata és kötelessége, hogy az eljárás és a mentés érdekeinek csorbítása nélkül a lakosságot megfelelően informálja a bekövetkezett incidensről. [25]

ÖSSZEGZÉS

Ha áttekintjük a második fejezetet, ami a jogi és rendészeti szabályozásokat taglalja, szembeűnik, hogy a terrorizmussal és a hozzá kapcsolható erőszakos cselekményekkel kapcsolatos „protokoll” és jogi koordináció igen kezdetleges. Ez annak a szerencsés helyzetnek tudható be, hogy Magyarországon nem jellemző a hasonló cselekmények előfordulása vagy azok előfordulásának lehetősége. Ezért természetes, hogy eddig nem látták szükségét annak, hogy szélesebb körben tárgyalják a témát és egy olyan átfogó protokolláris rendszert alakítsanak ki, mely alapján nemcsak a feladatok és szerepkörök kerülnek konkretizálásra, hanem az adott esemény során végrehajtandó intézkedések is. Az első fejezetnek pedig épp az volt a célja, hogy felnyissa az olvasó szemét, hogy a terrorizmushoz kapcsolódó bűnös cselekmények egyre gyakrabban és egyre közelebb következnek be a határainkhoz. Azokat az időkét éljük, amikor nem engedhetjük meg magunknak, hogy belekényelmesedjünk ebbe az eddig kedvező helyzetbe. Saját felelősségünk, hogy a törvényhozás és a végrehajtás szintjén is felkészüljünk olyan kiemelt incidensekre, melyek eddig nem voltak jellemzők hazánkban. A nemzetközi ajánlások egy szeletét bemutató harmadik fejezet példázza, hogy vannak olyan felkészültebb államok, melyek segítségével a saját rendszerünkbe könnyedén beépíthető, már jól bevált módszereket adaptálhatunk. Kutatómunkám során kizárólag nyilvánosan hozzáférhető forrásokat, anyagokat használtam, melyek nagy számban, mindenki számára elérhetőek. Számos olyan területet és problémakört felölelnek, melyek – a cikk véges terjedelme miatt – nem kerültek beépítésre, azonban hasznos tudást jelenthetnek a rendvédelmi szervek végrehajtó állománya számára. Nem beszélve azokról a belső anyagokról, melyeket más államok rendvédelmi szerveitől, illetve a nemzetközi szervezetekkel való együttműködés keretében szintén hasznosítani lehetne. Összességében elmondható, hogy bőven van hova fejlődni a felkészültség és az oktatás terén, mely hatékonyságának növelése érdekében szorgalmaznám a más szervezetekkel történő kapcsolatfelvételt, valamint a tapasztalatoknak a rendvédelmi szervek állományának iskolarendszerű oktatásába történő adaptálását, illetve az állomány továbbképzés formájában történő felkészítését.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Hankiss, Á. (n.d.). *Kihívások és ellentmondások a terrorizmus elleni harcban*. ISBN 9789638686220.
- [2] Maras, M.-H. (n.d.). *A terrorizmus elmélete és gyakorlata*. ISBN 9786155559150.
- [3] Lukács, L. (2017). *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből*. Dialóg Campus. ISBN 9786155680359.
- [4] Lukács, L. – Mueller, O. (1994). *Házilagos készítésű robbanóanyagok és robbantószerkezetek: Jegyzet a Rendőr Szakközépiskolák hallgatói számára*. Budapest: ORFK Oktatási és Kiképző Központ.
- [5] Kovács, Z. (2012). Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, XXII(2).
- [6] Daruka, N. (2013a). Bombers, Wires and Explosives Part I.: Death within a Reach. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23(2), 73–80.
- [7] Daruka, N. (2013b). Bombers, Wires and Explosives Part II.: Death Arrives with Us. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23(2), 64–72.

- [8] Peters, J. W. – Mattson, D. R. (2020). *Explosives, IEDs and breaching for law enforcement*. (ISBN 9798688176841).
- [9] NCTC–FBI–DHS. (n.d.). *First Responder's Toolbox – Triacetone Triperoxide (TATP): Indicators of Acquisition and Manufacture, and Considerations for Response*. (U) [Unclassified/limited distribution document].
- [10] Smith, J. (Chief). (2009). *A law enforcement and security officers' guide to responding to bomb threats*.
- [11] Szokolai, G. – Németh, L. (n.d.). *Tűzszerészeti alapismeretek*.
- [12] Daruka, N. (2012). Terroristák és taktikák, avagy védekezz, ha tudsz. *Repüléstudományi Közlemények*, 24(2).
- [13] A Büntető Törvénykönyvről szóló 2012. évi C. törvény. (2012).
- [14] A Rendőrség Szolgálati Szabályzatáról szóló 30/2011. (IX. 22.) BM rendelet. (2011).
- [15] Fábián, P. (2018). A terrorcselekmény büntetőjogi szabályozásának jelene és aktuális kérdései. *Büntetőjogi Szemle*, (2018/2).
- [16] Neparáczki, A. V. (2017). *A terrorizmus elleni fellépés eszközei a magyar és a német büntető anyagi jogban* [PhD értekezés].
- [17] Szokolai, G. (n.d.). *Bombafenyegetések; Future Security Rt. Biztonság-védelmi Akadémia Kézikönyve I.*
- [18] Police Executive Research Forum; U.S. Dept. of Justice, COPS. (2018). *Critical Response Toolkit for First-Line Supervisors*.
- [19] Bolz, F., Jr., Dudonis, K. J. – Schulz, D. P. (2002). *The Counterterrorism Handbook: Tactics, Procedures, and Techniques*.
- [20] Orange County Sheriff's Department. (2023, July 25). *Training bulletin 23-10*.
- [21] Mueller, O. (1991). *Bombriadó*. Budapest: Szövetkezeti Szervezési Iroda. ISBN 963700775X.
- [22] Office of the Director of National Intelligence. (n.d.). *Hexamethylene triperoxide diamine (HMTD) – indicators of acquisition, manufacture and considerations for response*. Retrieved February 14, 2025, Online: <https://www.dni.gov/index.php/nctc-how-we-work/joint-ct-assessment-team/first-responder-toolbox/cbrne/hexamethylene-triperoxide-diamine-indicators-of-acquisition-manufacture-and-considerations-for-response>
- [23] Office of the Director of National Intelligence. (n.d.). *Urea hydrogen peroxide (UHP) – indicators of acquisition and manufacturing and considerations for response*. Retrieved February 12, 2025, Online: <https://www.dni.gov/index.php/nctc-how-we-work/joint-ct-assessment-team/first-responder-toolbox/cbrne/urea-hydrogen-peroxide-uhp-indicators-of-acquisition-and-manufacturing-and-considerations-for-response>
- [24] Office of the Director of National Intelligence. (n.d.). *Triacetone triperoxide (TATP) – indicators of acquisition and manufacture and considerations for response*. Retrieved February 17, 2025, Online: <https://www.dni.gov/index.php/nctc-how-we-work/joint-ct-assessment-team/first-responder-toolbox/cbrne/triacetone-triperoxide-tatp-indicators-of-acquisition-and-manufacture-and-considerations-for-response>
- [25] International Association of Chiefs of Police / Police Forum (Police Forum). (n.d.). *Managing a critical incident*. Retrieved February 14, 2025, Online: <https://www.policeforum.org/managing-a-critical-incident>

A PILÓTA NÉLKÜLI RENDSZEREK KATONAI ALKALMAZÁSA ÉS AZ ELLENÜK VALÓ VÉDEKEZÉS LEHETSÉGES MÓDJAI¹

Lénárt Tamás²

ABSTRACT

As drone technology is developing, unmanned aerial devices are used in increasing numbers both in civilian and military usage. These platforms can support a wide range of missions, offering significantly greater safety and cost-efficiency compared to traditional manned aerial assets. In ongoing and recent armed conflicts, these small-size, low-signature systems have been deployed in growing numbers, and they present a significant threat against ground targets that are unprotected against them. The war in Ukraine, ongoing since 2022, has witnessed a dramatic surge in the use of Commercial Off-The-Shelf (COTS) UAVs. Despite their civilian origins, many of these systems are easily weaponizable and can be employed as loitering munitions, substantially enhancing their tactical impact. The widespread proliferation of such threats underscores the urgent need for modern armed forces and law enforcement agencies to develop counter-unmanned aerial system (C-UAS) capabilities in order to decrease the threat presented by such devices. These efforts are essential to ensure operational resilience and survivability in contemporary and future battlespaces.

Keywords: drone, UAV, C-UAS, counter drone

ÖSSZEGZÉS

A dróntechnológia fejlődésével egyre nagyobb arányban jelennek meg egyaránt a civil felhasználásban és a hadi alkalmazásban is a pilóta nélküli repülőeszközök. Ezek az úgynevezett UAS-ek³ számtalan feladatban lehetnek a felhasználóik segítségére, jelentősen nagyobb biztonságot és költséghatékonyságot kínálva, mint-ha hagyományos repülő eszközökkel próbálnák meg ezeket a feladatokat ellátni. A jelenleg is zajló, illetve a közelmúltban zajlott konfliktusokban egyre nagyobb számban alkalmazzák ezeket a kisméretű és a hagyományos légvédelem számára nehezen felderíthető eszközöket, melyek ezáltal jelentős kockázatokat rejtnek az ilyen módon védtelen szárazföldi célokkal szemben. Hatalmas fejlődés figyelhető meg a 2022 óta tartó ukrajnai háborúban, ahol jelentős számban alkalmaznak, a civil piacra szánt COTS UAV-kat,⁴ amelyek méretüknél fogva felfegyverezhetőek, illetve cirkálólöszerként is alkalmazhatóak. Az ilyen eszközök jelentette fenyegetések csökkentésére elengedhetetlen, hogy a kor kihívásaira válaszul minden modern hadsereg és rendvédelmi erő felkészüljön az ilyen jellegű fenyegetésekkel szemben, fejlesztve C-UAS⁵ képességeiket.

Kulcsszavak: drón, UAV, C-UAS, drónelhárítás

¹ The Usage of Unmanned Systems for Military Purposes and the Potential Methods of Countering Them

² Biztonság- és védelempolitikai szakértő, robbantástechnikai szakember; e-mail: len.tam211@gmail.com; ORCID: 0000-0003-2229-1411.

³ UAS – Unmanned Aircraft System – Személyzet nélküli Repülő Rendszer.

⁴ COTS UAV – Commercial Off The Shelf Unmanned Aerial Vehicle – kereskedelmi forgalomban kapható pilóta nélküli légi jármű.

⁵ C-UAS – Counter-Unmanned Aircraft System – személyzet nélküli repülőrendszer elleni tevékenység.

BEVEZETÉS

Napjainkra a pilóta nélküli légi járművek (UAV-k) alkalmazása rohamosan terjed a civil és a katonai szférában is. Az automatizált közlekedési megoldások és autonóm rendszerek fejlesztése globális szinten egyre nagyobb hangsúlyt kap, és számos országban már a hétköznapi gyakorlat részét képezik az önvezető járművek, valamint a csomagküldésben alkalmazott dróntechnológiák.

A kisméretű, kereskedelmi célra szánt drónok piaca is dinamikusan bővül: míg 2016-ban a teljes bevétel 1 milliárd dollár alatt volt, 2020-ra ez az összeg már elérte a 2,4 milliárd dollárt, és előrejelzések szerint 2026-ra ennek akár a tizenkétszeresére is nőhet – legalábbis az erre vonatkozó iparági kutatások és internetes elemzések alapján. [1]

A pilóta nélküli légi járművek számának folyamatos növekedése jelentős biztonsági kihívásokat vet fel, mivel ma már olyan szereplők is könnyedén hozzáférhetnek ezekhez az eszközökhöz, akik szándékosan bűnös céllal, bűncselekmények vagy akár terrorcselekmények elkövetésére kívánják azokat felhasználni – legyen szó katonai vagy polgári célpontokról. Ezen a ponton kiemelten fontossá válik a szabályozási és technológiai válaszok kidolgozása, hiszen jelenleg nincs egyetlen olyan állam sem, amely teljes mértékben képes lett volna integrálni az UAV-kat a légiközlekedés rendszerébe, illetve hatékonyan tudná kezelni az általuk jelentett fenyegetéseket. [2]

Tovább nehezíti a helyzetet, hogy a dróntechnológia már olyan szintre fejlődött, hogy akár magánszemélyek is képesek saját célra, például 3D-nyomatással, működőképes eszközöket előállítani. Mindez a hagyományos eszközökkel történő ellenőrzést és szabályozást még kiszámíthatatlanabbá és bonyolultabbá teszi.

A DRÓNOK KATONAI ALKALMAZÁSA

A közelmúlt fegyveres konfliktusai egyértelműen rámutattak arra, hogy a tömegesen alkalmazott pilóta nélküli légi járművek (UAV-k) jelentős fenyegetést jelentenek a hadviselő felek számára. A 2020-as hegyi-karabahi háború, valamint az orosz–ukrán háború tanulságai azt mutatják, hogy a modern hadviselésben kulcsfontosságúvá vált a dróntechnológia alkalmazása. A harctéri fölényt gyakran az a fél tudja megszerezni, amelyik képes hatékonyan beépíteni ezeket az eszközöket a harcászati és hadműveleti struktúrájába, miközben ellenfele nem rendelkezik kellően fejlett C-UAS rendszerekkel.

A hegyi-karabahi konfliktus során Azerbajdzsán részben annak köszönhetette a döntő fölényt, hogy hatékonyan integrálta a korszerű UAV-eszközöket és vezetés-irányítási rendszereket, valamint alkalmazta az akkor újdonságnak számító cirkálólőszereket. Az örömfény fél ezzel szemben nem rendelkezett megfelelő védelemmel ezen új típusú fenyegetések ellen.

Az ukrajnai háború első szakaszában Ukrajna szintén eredményesen vetette be a közepes magasságon, hosszabb időtartamon keresztül működni képes (MALE – Medium Altitude Long Endurance), felfegyverzett drónokat. [3] Kiemelt szerepet kaptak a török Baykar Technologies által gyártott TB2 Bayraktar típusú UAV-k, melyek alacsony észlelhetőségük, valamint az orosz légvédelem kezdeti hiányosságai miatt nagy hatékonysággal tudták akadályozni az orosz csapatmozgásokat, kiváltva a menetoszlopokra mért csapások által.

A konfliktus előrehaladtával az orosz fél azonban alkalmazkodott ezekhez a fenyegetésekhez, így a harcéri fókusz fokozatosan áttevődött a nagyméretű, könnyedén felderíthető repülőeszközökről a kisebb méretű, nehezebben detektálható, kis méretű kereskedelmi drónokra. Jelenleg mindkét fél részéről tapasztalható ezen kis méretű UAV-k tömeges alkalmazása, amelyek ellen – különösen a peremvonalak közelében – nem áll rendelkezésre elegendő mennyiségű és hatékonyságú légvédelmi eszköz.

A katonai repülés történetében mindig is kiemelt szempont volt a pilóták életének megóvása, hiszen egy harci pilóta kiképzése, típusspecifikus átképzése és hadrafoghatóságának elérése hosszú hónapokat, esetenként éveket vesz igénybe, illetve jelentős anyagi ráfordítással és erőforrásigénnyel jár. Ebből adódóan a pilóta nélküli légi járművek alkalmazása napjainkra egyre hangsúlyosabb szerepet kap a fegyveres konfliktusokban.

A drónok bevetésével kiküszöbölhető az emberi veszteség kockázata, különösen a mélységi műveletek vagy a nagy veszéllyel járó feladatok során. Ugyanakkor a távból vezérelt rendszerek működtetői – mivel fizikailag nincsenek jelen a harcéri környezetben – nem rendelkeznek azokkal az érzékszervi észlelőképességgel és helyzetfelismeréssel, amelyek egy fedélzeten jelen lévő pilóta döntéshozatalát befolyásolnák. Ez egyszerre előny és hátrány: a pilótát nem korlátozza a túlélési ösztön, nem fárad el fizikailag a kabinban eltöltött hosszú idő alatt, és nem hat rá a manőverek során fellépő extrém fizikai terhelés sem.

A távból, akár több ezer kilométeres távolságból irányított drónok operátorai így olyan műveleteket is végrehajthatnak, amelyek emberi személyezettel komoly kockázatot jelentenének, ugyanakkor a szubjektív helyzetértékelés és a valós idejű döntéshozatal képessége korlátozottabb marad a fedélzeti jelenlétéhez képest. [4]

A kisméretű, alacsony bekerülési költségű FPV-drónok⁶ napjainkra a hadszíntéren alkalmazott egyik leghatékonyabb és legnagyobb számban használt eszközzé váltak, különösen az orosz–ukrán háborúban. Ebben a konfliktusban a hagyományos harci repülőgépek alkalmazási lehetősége jelentősen beszűkült, mivel a frontvonal közelében mindkét fél sűrűn telepített légvédelmi rendszerekkel rendelkezik. Ezek a rendszerek gyakorlatilag ellehetetlenítik a klasszikus repülőeszközök alkalmazását, különösen az alacsony magasságú és közvetlen támogatást nyújtó repüléseket (CAS).⁷

Ezzel szemben az FPV-drónok, amelyek eredetileg polgári célra – főként versenyzésre – készültek, új lehetőségeket nyitottak meg. Ezeket a pilóta nélküli eszközöket a földi kezelő – gyakran átjátszókon keresztül, védett helyről – vezérli, és leggyakrabban robbanótöltettel felszerelve vetik be őket a célpontok ellen. Egyes, nyílt forrásokból származó becslések szerint egy PG-7 típusú kumulatív harci résszel ellátott FPV-drón előállítási költsége nem haladja meg az 500 amerikai dollárt, ami rendkívül kedvező ár–érték arányt jelent a hadviselő felek számára, különösen a magasabb szintű technikai erőforrásokkal nem rendelkező alakulatok esetében. [5]

Az FPV típusú kamikaze drónok – amelyek napjainkra a világ számos hadszínterén megjelentek – konstrukciója nagy fokú hasonlóságot mutat a kereskedelmi forgalomban elérhető hobbi- és versenydrónokéval. A legtöbb esetben egy könnyű, ugyanakkor nagy szilárdságú karbonszálas vázzal rendelkeznek, amelyre négy vagy több elektromos meghajtású rotor, a repülésvezérlő egység, az akkumulátor, valamint az FPV-kamera kerül

⁶ FPV – First Person View – első nézetű.

⁷ CAS – Close Air Support – közvetlen légi támogatás.

felszerelésre. Ezek mellett egyre gyakoribb, hogy nem vezeték nélküli adattovábbítást alkalmaznak, hanem optikai szálal összeköttetést, ezáltal zavarás ellen védettebb lesz az eszköz. Ez az alapvető konfiguráció biztosítja a stabil repülési jellemzőket, a megfelelő manőverezőképességet, valamint a valós idejű képtovábbítást a kezelő felé.

A katonai alkalmazás során ez a moduláris felépítés lehetővé teszi különböző harci részek rögzítését is a platformra. A legtöbb esetben egyszerű, szovjet eredetű, kumulatív, PG-7 típusú robbanófejeket alkalmaznak, amelyeket közvetlen módon, rögzítőelemek – például gyorskötözők, kábelkötegelők vagy ragasztószalag – segítségével erősítenek fel a drón vázára. A célzást és a célfelismerést az operátor számára nagyban segíti, hogy a gyújtószerkezet, vagy a házi készítésű aktivátorrendszer éppen a kamera látómezőjében van elhelyezve. Ez a megoldás rendkívül hatékony irányítást és precíz célra történő rávezetést tesz lehetővé, miközben az eszköz gyártási költsége alacsony marad. A fejlettebb típusok esetében akár tandem robbanófejjel szerelt PG-7VR típusú páncéltörő töltet szállítása is lehetséges, amelyet modern harcjárművek ellen is hatékonyan lehet alkalmazni. [6]

A harcéri tapasztalatok alapján az FPV-drónok alkalmazása során általában két fő működik együtt: az egyik kezelő – a „pilóta” – belső nézetből (FPV) irányítja a drónt, míg a másik operátor a navigációért felelős, aki térképes felületen, GPS-adatok, valamint a célterület koordinátáinak ismeretében irányítja az eszköz rávezetését a célra. A célterület elérése után a pilóta felderítő manőverekbe kezd, vizuálisan azonosítja a lehetséges célpontokat, és kiválasztja a legnagyobb értékű, ugyanakkor legsebezhetőbb objektumot, amely a rendelkezésre álló harci résszel valószínűsíthetően leküzdhető. A preferált a járművek gyenge pontjainak – például a motortér, a nyitott búvónyílások vagy a lőszertároló rekeszek – a támadása, mivel ezek találatra nagymértékben növeli a megsemmisítés, vagy harcképtelenné tétel valószínűségét.

A célfelderítést gyakran már a területen korábban működő felderítő drónok is támogatják. Mindkét hadviselő fél rendszeresen közzétesz felvételeket a közösségi médiában, amelyeken jól látható, hogy az akár 500 amerikai dollárból előállított, alacsony költségű FPV-drónok képesek több millió dollár értékű tüzérségi rendszerek és páncélozott harcjárművek megsemmisítésére. Ezen dokumentált találatok jól példázzák az FPV-technológia költséghatékonyságát és a modern hadviselés dinamikájában betöltött forradalmi szerepét.

A drónok és más távirányítású eszközök alkalmazása hosszú múltra tekint vissza a hadviselésben, különféle feladatkörökben történő bevetéssel. Az első jelentős áttörést ezen a téren a 2003-as iraki háború – a második öbölháború – hozta, amikor az Amerikai Egyesült Államok vezette koalíciós erők széles körben alkalmaztak pilóta nélküli légi járműveket mind felderítési, mind célmegjelölési és csapásmérési feladatok végrehajtására. [7]

Ettől kezdve a dróntechnológia egyre jelentősebb szerepet tölt be a hadviselésben, azonban újabb technológiai ugrás 2020-ban következett be a Hegyi-Karabah régióért vívott konfliktus során. A hadszíntérre jellemző, rétegzett örmény légvédelmi rendszer hatékonyan akadályozta a konvencionális légierő (harci repülőgépek és helikopterek) bevetését, mivel azok jelentős radarkeresztmetszetük miatt könnyen detektálhatók voltak és tüzet lehetett rájuk vezetni. Ennek következtében a hagyományos repülőeszközök alkalmazása háttérbe szorult. Ezzel szemben a kisebb méretű, alacsony észlelhetőségű pilóta nélküli légi járművek (UAV-k) kiemelkedő műveleti sikereket értek el az azeri haderő

részéről. Azerbajdzsán – török és izraeli technológiai támogatással – jelentős mértékben korszerűsítette hadfelszerelését, mind a minőség, mind a mennyiség tekintetében. A konfliktus során az UAV-k elsődleges célpontként az örmény légvédelmi eszközöket támadták és nagy sikerrel semmisítették meg azokat. Az alkalmazott drónok a kis méretük, az alacsony radarkeresztmetszetük, valamint a gyakran kompozit anyagú szerkezetük révén nehezen voltak felderíthetők a jobbára szovjet eredetű örmény légvédelmi rendszerek számára. A légtér fokozatos megtisztítását követően az azeri UAV-k korlátozás nélkül folytathatták műveleteiket, célzott csapásokat mérve az örmény állásokra, különösen a peremvonalak mentén. Az örmény fél részéről a drónok elleni védelem súlyos hiányosságokat mutatott. A rendelkezésre álló légvédelmi rendszerek többsége elavult, valamint nem rendelkezett megfelelő érzékelő- és tűzvezető képességekkel kisméretű légi célok ellen. Noha ezen rendszerek hatékonyan léptek fel hagyományos légi célokkal szemben, a drónokra csupán korlátozott hatékonysággal tudtak tüzet vezetni. Az elektronikai hadviselés – amely potenciálisan az egyik leghatékonyabb védelmi eljárás lehet a drónfenyegetéssel szemben – csak szórványosan került alkalmazásra, részben azért, mert a saját kommunikációs rendszerekkel történő interferencia veszélye miatt az ilyen jellegű zavarás a saját erők kommunikációját is gátolja [8].

A térségbe telepített örmény légvédelmi rendszer nem tudta hatékonyan ellátni a kijelölt feladatát, mivel a rendelkezésre álló eszközöket nem megfelelő időben, térbeli elosztásban és nem kellő mennyiségben alkalmazták. A korszerű, elvileg pilóta nélküli eszközök leküzdésére is alkalmas orosz gyártmányú légvédelmi komplexumok – például a Tor-M2KM-rendszer – sem bizonyultak kellően hatékonyak [9], mivel a katonai vezetés döntése alapján azokat idő előtt kivonták a harcérintkezés területéről az eszközök megóvása érdekében. A drónfenyegetés elleni védelem gyengeségeit súlyosbította, hogy az Oroszországtól beszerzett újgenerációs haditechnikai eszközök sem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket. Jó példa erre az Iskander-M típusú harcászati ballisztikus rakéták teljesítménye, amelyek pontosságát 2021-ben maga Nikol Pasinján örmény miniszterelnök is nyilvánosan bírálta, kétségbe vonva azok harcászati értékét [10].

A 2020-as azeri–örmény fegyveres konfliktus számos tanulsággal szolgálhat a NATO-tagállamok, így a Magyar Honvédség, valamint más modern haderők számára. A háború során az offenzív fél olyan korszerű haditechnikai eszközöket és harcászati eljárásokat vett be széles körben, amelyekre a védekező fél nem rendelkezett adekvát válaszlépésekkel. Az így kialakult aszimmetrikus helyzet jelentős emberi és technikai veszteségekhez, valamint az örmény haderő demoralizálódásához vezetett. Az említett harcászati újdonságok – különösen a pilóta nélküli rendszerek tömeges és integrált alkalmazása – napjainkban is kihívást jelentenek a legtöbb ország hadereje számára. Ezért különösen sürgető a konfliktusból levonható tanulságok rendszerezése és azok integrálása a hadművészeti gondolkodásba, a kiképzési rendszerekbe, valamint a hadgyakorlatok tematikájába. Noha a háború utólagos elemzésekor a közvélemény és a nem katonai elemzők részéről gyakran megfogalmazódik az a – részben téves – következtetés, mely szerint az azeri hadsereg pilóta nélküli légi járművek széles körű alkalmazásával aratott sikere a hagyományos fegyvernemek korszakának végét jelenti, ez a megközelítés azonban túlzottan leegyszerűsítő. Valójában a tapasztalatok azt mutatják, hogy a modern, nagy precizitású és költséghatékony rendszerek, mint az UAV-k és a cirkálólőszerek, képesek műveleti fölényt biztosítani a harc téren, de nem helyettesítik teljes mértékben a hagyományos katonai képességeket, az élőerőt és

a nehéz fegyverzetet. A 2020-as konfliktus tanulságai alapján indokolt egy átfogó koncepció kidolgozása az efféle fenyegetések elleni hatékony védelem érdekében, mivel ezek a hívások már nem a jövő, hanem a jelen hadviselésének szerves részét képezik. [11]

Az ukrainai háború során drámai mértékben megnövekedett a pilóta nélküli légi járművek alkalmazása. Míg a drónok korábban főként specializált feladatokra szolgáló eszközök voltak, mára a hadszíntér egyik legfontosabb és legszélesebb körben alkalmazott harceszközeivé váltak.

2022-ben, a háború kezdeti szakaszában elsősorban az ukrán fél használt kisebb méretű drónokat nem regularizált módon, főként felderítési célokra. Erre a légierő hiányosságai, valamint az orosz légvédelem és légierő által kialakított lokális légifölény miatt került sor, amely korlátozta a hagyományos felderítőrepülések végrehajtásának lehetőségét.

A harcok előrehaladtával azonban gyors adaptáció ment végbe: egyéni harcosok és kisebb egységek elkezdtek módosítani a kereskedelmi forgalomban kapható multirotoros drónokat csapásmérő feladatokra. Kezdetben ezek az eszközök gyárilag szerelt vagy házilag barkácsolt kioldószerkezettel rendelkeztek, amelyek segítségével kis tömegű robbanóeszközöket – jellemzően kézigránátokat – dobtak le az ellenséges állásokra. Ezek alkalmazása azonban korlátozott hatékonyságúnak bizonyult, mivel a kézigránátok időzített gyújtószerkezete nem becsapódáskor lépett működésbe, hanem késleltetéssel, így csökkentve annak határfokát, illetve lehetőséget adva a célnak, hogy reagáljon rá.

A későbbiekben ezért elterjedt az orosz gyártmányú, 40 mm-es VOG–25 típusú gránátok alkalmazása, melyeket kifejezetten erre a célra alakítottak át. A fejlődés folytatásaként egyre nagyobb tömegű és komplexebb robbanóeszközök felszerelésére került sor, beleértve a kumulatív páncéltörő PG–7 és PG–9 típusú gránátokat, valamint a mintegy 10 kilogrammos TM–62 típusú harckocsi-elhárító aknákat is. Egyes esetekben ezekből az aknákból akár kettőt is képes volt szállítani egy-egy megerősített kereskedelmi drónplatform. [12]

A drónok ukrainai alkalmazása az idők során alapvető szemléletváltáson ment keresztül. A konfliktus kezdeti szakaszában még túlnyomórészt civil célú, házilag módosított vagy tömeggyártott, alacsony költségű – jellemzően Kínából importált – eszközöket használtak. [13] A sikeres alkalmazásuk után azonban a drónok fokozatosan integrálódtak az Ukrán Fegyveres Erők hadrendjébe. Mára szinte minden harcoló dandár önálló támadó drónos századdal rendelkezik, miközben az alegységek körében a könnyű, kézi indítású felderítő drónok az alapfelszereltség részévé váltak. [5]

A drónok pszichológiai hatása sem elhanyagolható, különösen az FPV típusú eszközök esetében. A quadcopterekre jellemző zümmögő hang már önmagában is félelmet keltethet az állásokban tartózkodó katonákban, mivel az esetek döntő többségében azt jelzi számukra, hogy felderítették pozíciójukat, és közvetlen támadás veszélye fenyeget. [14] Az ukrán haderő által széles körben alkalmazott FPV-drónok megjelenése alapjaiban változtatta meg napjaink hadviselését: ezek a kis méretű, nagy manőverezőképeségű és olcsón előállítható eszközök lehetővé teszik a páncéltörő rakétákkal szemben, hogy képesek legyenek akár egyhelyben lebegve, vagy akár egy ponton várni az ideális célra, hogy azt saját kamerájukkal észlelve, vagy az őket támogató felderítődrón jelzésére felszálljanak és megtámadják azt. A célkijelölés történhet a drón fedélzeti kamerája révén vagy más felderítő eszköz közreműködésével. Az FPV-drónok előnyei közé tartozik, hogy képesek saját tömegük többszörösét célba juttatni, akár 100 km/h sebességre is képesek, és

fejlődésük révén hatótávolságuk folyamatosan növekszik. Ezek az eszközök az öngyilkos drónok (kamikaze UAV-k) kategóriájába sorolhatók, amelyek az okozott veszteségek arányában gyorsan a haditechnika élvonalába kerültek. Alacsony költségük, egyszerű fejleszthetőségük és a róluk készült nagyszámú videó révén – amelyek a közösségi médiában nagy nyilvánosságot kaptak – nemcsak katonai, hanem társadalmi szinten is nagy ismertségre tettek szert, ezzel is hozzájárulva ahhoz, hogy napjaink aszimmetrikus hadviselésének új formái alakuljanak ki. [15]

A drónok népszerűségének egyik jelentős oka, hogy lehetővé teszik olyan, mára már elavultnak tekinthető eszközök hatékony alkalmazását is, amelyek önállóan, hagyományos harctéri körülmények között csupán korlátozott harcértékkel bírnának. Tipikus példaként említhető az RPG-7 kézi páncéltörő eszközhoz rendszeresített gránátok, amelyeknek harcértékét az elmúlt évtizedek technológiai fejlődése nagymértékben csökkentette. A modern harckocsik és gyalogsági harcjárművek szemből, oldalirányból és hátulról is megerősített páncélzattal, robbanó- és nem robbanó reaktív páncélzattal (ERA és NERA⁸), kumulatív töltetek elleni rácpáncéllal vagy aktív-, úgy nevezett „hard-kill” védelmi rendszerekkel rendelkeznek, így a kumulatív-gránátok önálló alkalmazása csak ritkán eredményes. Emellett az ilyen eszközök hatékony alkalmazásához szükséges lőtávolság a kezelőállomány számára komoly veszéllyel jár, különösen a nagy sebességgel mozgó harcjárművek esetében.

Azonban, ha egy PG-7 kumulatív gránátot egy manőverezésre képes FPV-drónra szerelnek, az lehetővé teszi, hogy a cél körül manőverezve ideális helyen és szögben történjen a becsapódás, szükség esetén rárepülés végrehajtásával. Ez a módszer nagymértékben növeli a találat valószínűségét, miközben minimálisra csökkenti a kezelőállomány kitettségét. Így ezek a korszerűtlennek tűnő eszközök új módszerekkel, drónplatformra integrálva újra komoly harcértéket képviselhetnek és ár-érték arányban jelentősen kedvezőbbnek mondhatóak az irányított páncéltörő rakéták vagy cirkálólészerekkel szemben.

Az orosz haderő a háború korai szakaszában saját fejlesztésű UCAV-típusait,⁹ így például az ORION-drónt alkalmazta. Ezek azonban korlátozott darabszámban álltak rendelkezésre és technológiai képességeik is elmaradtak a hadszíntéren megkövetelt szinttől. Ennek következtében Oroszország iráni eredetű eszközöket állított rendszerbe, majd később azok liszencelt hazai gyártását is megkezdte. A legismertebb típusok közé tartozik a Mohajer-6 típusú UCAV, valamint a HESA Shahed-136 típusú cirkálólészér, vagy „öngyilkos drón”, amelyet az orosz hadsereg saját típusjelöléssel Geran-2 néven rendszeresített. A Shahed-136 típus orosz változata néhány módosításon esett át: az eredeti, polgári GPS-alapú navigáció helyett az orosz GLONASS műholdas helymeghatározó rendszerrel látták el, amely lényegesen kevésbé érzékeny a külső rádióelektronikai zavarásra. [16] Ezek mellett az oroszok is elkezdtek alkalmazni a civil drónokból átalakított FPV típusú és bombázó drónokat, amelyek átalakított lészereket és robbanószerkezeteket szállítanak és azokkal mérnek csapást.

Az orosz–ukrán háború során az ukrán fél drónhadviselésének jelentősége folyamatosan növekedett. 2022-től egyértelművé vált, hogy az Amerikai Egyesült Államokból, Törökországból, valamint más NATO-tagállamokból és szövetségeseiktől érkező dróntechnológia fejlettebb, és alkalmazási spektruma is szélesebb, mint az orosz fél által

⁸ ERA – Explosive Reactive Armour, NERA – Non-Explosive Reactive Armour.

⁹ UCAV – Unmanned Combat Aerial Vehicle – pilóta nélküli harci légi jármű.

hadrendben álló hasonló eszközöké. Ez elsősorban a korszerűbb elektronikai rendszereknek, fejlettebb érzékelőknek és pontosabb navigációs berendezéseknek köszönhető, amelyek lehetővé teszik az ukrán erők számára a hatékonyabb harci alkalmazást. [17]

A háborúk, mint azt a hadviselés különböző területein már számos esetben tapasztalhattuk, jelentős mértékben katalizálják a katonai technológiák és harc eljárások fejlődését. Az egyre nagyobb internetlefedettség és az okos eszközök száma mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a harctéri események és tapasztalatok gyorsan eljussanak globálisan a felhasználókhoz. Ez elősegíti a megszerzett ismeretek hatékony feldolgozását és beépítését a doktrínákba és eljárásrendekbe. [18]

Az ukrainai konfliktusban is jól megfigyelhető a dróntechnológia alkalmazásának folyamatos fejlődése. A harcok kezdetén még elszórtan, egyedi esetekben vetettek be pilóta nélküli légi járműveket, azonban az idő előrehaladtával jelentős technikai előrelépések valósultak meg. A hatékonyabb akkumulátorok és motorok alkalmazásával nőtt a drónok hatótávolsága és növekedett a szállítható hasznos teher, ami a hordozható harci eszközök számának és típusainak bővülését eredményezte. A frekvenciaugratásos, illetve optikai szál vezérlési rendszerek alkalmazása javította a drónok elektromágneses hadviseléssel és zavarással szembeni ellenállóképességét, továbbá a különböző fedélzeti felderítő rendszerek és kamerák révén hatékonyabb célfelderítési és célmegjelölési képesség alakult ki.

A drónok katonai hasznosítása ma már külön iparággá vált, mivel a világ számos gyártója szállít eszközöket a konfliktuszónába. A háború harmadik évére a tapasztalatok nemzetközi szinten is feldolgozásra kerültek, és azokra válaszul több állam – köztük Kína, Svédország és Ukrajna – létrehozta saját dróntesztelő és kiképző központját. Ezen felül számos ország dolgozta ki saját drónstratégiáját és kiképzési metodikáját a pilóta nélküli légi járművek alkalmazására, valamint az ellenük való védekezésre. Az orosz agresszió által indukált haderőfejlesztések keretében egyre több európai állam szerez be drónokat, és alakít ki a haderejében ilyen eszközök kezelésére specializált alegységeket. Mindez jelentős mértékben elősegíti a drónok rohamos technológiai fejlődését és alkalmazásuk folyamatos kiterjedését. [19]

A 2003-as iraki háború óta egyértelművé vált, hogy a pilóta nélküli légi járművek a modern hadviselés alapvető eszközeivé váltak, amelyben egy hatalmas ugrást jelent a 2020-as hegyi-karabahi háború és a jelenleg zajló orosz–ukrán háború. Ezen eszközök hiányában jelentős képességek hiányoznak a fegyveres erők arzenáljából. Az orosz–ukrán konfliktus során is világossá vált a drónokban rejlő potenciál és összességében elmondható, hogy a 2022-ben kezdődő háború óta mindkét fél drónhasználatára mind mennyiségi, mind minőségi szempontból jelentősen megnövekedett. Ennek eredményeként nemcsak az érintett felek, hanem szövetségeseik is felismerték a drónok elleni védelem fejlesztésének sürgősségét, különösen annak fényében, hogy a hagyományos katonai erők drónelhárító képességek nélkül súlyosan védtelenek ezen eszközökkel szemben. [19]

DRÓNELHÁRÍTÁS

Először is, fontos különbséget tenni a drónok elleni védekezés két alapvető kategóriája, a drónvédelem és a drónelhárítás között. E két fogalom közötti lényegi különbség az alkalmazott módszerekben és a védekezés céljában rejlik. A drónvédelem főként a megelőző,

felismerő és figyelmeztető rendszerek összességét jelenti, amelyek célja a drónok korai azonosítása és a támadási szándék felismerése. Ezzel szemben a drónelhárítás aktív ellen-tevékenység, amely során az ellenséges drónok megsemmisítése vagy hatástalanítása a cél, különféle fizikai vagy elektromágneses eszközök alkalmazásával. [20]

A drónvédelem elsődleges célja az esetlegesen ellenséges szándékú pilóta nélküli légi járművek időben történő észlelése és azonosítása, valamint az, hogy megakadályozza azok védendő területekhez, eszközökhöz vagy objektumokhoz való eljutását. E védekezési forma elsősorban passzív és megelőző intézkedésekre épül, melyek nem egy konkrét drónra irányulnak, hanem általános védelmet nyújtanak a fenyegetéssel szemben. Ide tartoznak a passzív ellenintézkedések, mint az álcázás, rejtés, valamint a közeledő drónok időbeni észlelését szolgáló technológiák – például radarok, elektromágneses hadviselési eszközök, elektrooptikai és akusztikus szenzorok. E megelőző védekezési stratégia mind katonai, mind polgári környezetben széles körben elterjedt és szükséges gyakorlat, különösen a tömegrendezvények, a kritikus infrastruktúra elemeinek és a katonai objektumoknak a védelmében. Jó példa erre a Leonardo által fejlesztett Orcus-rendszer, amelyet az Egyesült Királyság fegyveres erői rendszeresítettek, különösen a repülőterek és a kritikus infrastruktúra védelmére. [21]

A drónelhárítás magában foglal minden olyan aktív módszert, amely a fenyegetést jelentő pilóta nélküli légi járművek semlegesítésére, megsemmisítésére vagy felettük való irányítás átvételére irányul. Ide tartoznak kinetikus eszközök, mint például löfegyverek, hálövetők, továbbá az irányított energia- és lézerfegyverek, valamint az aktív elektromágneses zavarók (jammerek). Jól szemlélteti ezt a kategóriát az Egyesült Államok fegyveres erői által rendszeresített Raytheon Coyote kinetikus drónelfogó rendszer, amely kisméretű, gyors manőverezésre képes UAV-k segítségével képes az ellenséges drónok elfogására és megsemmisítésére az ütközés kinetikus erejét felhasználva. [22]

A hagyományos repülőgépekhez és helikopterekhez képest a kisméretű, pilóta nélküli légi járművek (UAV) felderítésére, azonosítására, valamint ellentévékenységek alkalmazására szolgáló eszközöket katonai terminológiában C-UAS (Counter-Unmanned Aerial Systems) rendszereknek nevezik. A C-UAS rendszereken túlmenően számos hagyományos módszer áll rendelkezésre a drónok elleni védekezéshez. Jelen összefoglalóban ezek közül azokat mutatom be, amelyek a közelmúlt fegyveres konfliktusainak tapasztalatai alapján a leghatékonyabb védelmet biztosítják a pilóta nélküli eszközökkel szemben.

A drónok jelentette új típusú fenyegetésre a modern, integrált légvédelmi rendszerek fejlesztése és rendszerbe állítása kínálhat hatékony megoldást. Ezek a rendszerek képesek elektromágneses zavaró berendezésekkel vagy irányított energiájú fegyverekkel (pl. lézerfegyverek) semlegesíteni vagy megsemmisíteni az azonosított fenyegetést jelentő pilóta nélküli légi járműveket. [23] Az ilyen típusú légvédelmi rendszerek esetében alapvető követelményként jelenik meg a magas fokú autonómia és mobilitás. Ennek oka, hogy a korábbi, statikus védelmi megoldások már nem nyújtanak megfelelő biztonságot a korszerű, sokrétű ellenséges felderítési képességekkel szemben. Az ebből fakadó új biztonsági kihívások nyomán felértékelődik az összhaderőnemi hadviselés jelentősége, ugyanakkor elengedhetatlenné válik az is, hogy az egyes haderőnemek képesek legyenek saját harcuknak biztosítására is.

A mai, összetett és dinamikusan változó hadműveleti környezetben ugyanis előfordulhat, hogy egyes alakulatok nem kapnak külső támogatást. E szemlélet alapját képezi a

„multitér műveletek” (Multi-Domain Operations – MDO) koncepciója, amelynek lényege, hogy a hadviselés már nem korlátozódik egyetlen földrajzi térre, vagy dimenzióra, hanem minden haderőnemnek képesnek kell lennie tevékenységét szárazföldi, légi, tengeri, kiber-térbeli, illetve az űrhadviselés szintjein is összehangoltan végeznie. A MDO alapvető tézise, hogy egy fejlett és technológiailag azonos szinten álló ellenséggel szemben feltételezhető, hogy az egyes alegységek időszakosan elszigetelődnek egymástól, így csak saját képességeikre támaszkodhatnak.

E szemlélet létjogosultságát és relevanciáját jól szemlélteti a 2020-as hegyi-karabahi konfliktus, ahol – meglátásom szerint – világosan megmutatkozott, hogy az a fél, amely nem volt képes gyorsan és rugalmasan reagálni a műveleti környezet változásaira, súlyos hátrányba került és végső soron alulmaradt a harcban. [19]

A hegyi-karabahi konfliktus során az örmény fél technikai hátránya nem kizárólag abból fakadt, hogy hadereje túlnyomórészt korszerűsített, szovjet eredetű eszközökből állt, míg az azeri fél modernebb eszközökkel rendelkezett és jelentős számban alkalmazott pilóta nélküli légi járműveket. A probléma gyökerét sokkal inkább az jelentette, hogy az örmény haderő nem volt felkészülve saját erőinek hatékony védelmére a modern hadviselés követelményei szerint. Hiányoztak azok az alapvető képességek, amelyek elengedhetetlenek egy magas intenzitású, technológiaorientált konfliktusban való sikeres részvételhez.

A konfliktus tanulságai nemcsak regionális, hanem nemzetközi szinten is relevánsak, különösen a NATO, valamint annak tagállamai, így Magyarország számára is. A háborúk egyre összetettebb és gyorsabban változó jellege szükségessé teszi a fegyveres erők minőségi fejlesztését. Ennek részeként előtérbe kell kerülnie a rugalmas, feladatorientált kiképzési rendszernek, a korszerű, digitális vezetés-irányítási rendszerek és infrastrukturális háttér kialakításának, valamint a többdimenziós fenyegetések kezelésére alkalmas, integrált légvédelem fejlesztésének.

A modern légvédelem kulcselemei közé tartoznak a különféle C-UAS-rendszerek, amelyek kutatása, fejlesztése, beszerzése és hadrendbe állítása elengedhetetlen válasz a pilóta nélküli eszközök által jelentett új típusú fenyegetésekre. E területen jelenleg számos NATO-tagállam jelentős lemaradásban van, amely gyors reakciót igényel.

Az orosz–ukrán háború egyik kézzelfogható hozadéka, hogy a drónhadviselés, valamint a drónok elleni védelem szükségességét egyre több állam ismeri fel, melynek következtében komoly fejlesztési programok indultak meg ezen a téren is.

A C-UAS rendszerek hatékonysága elsősorban a kis- és közepes méretű, alacsonyan repülő, viszonylag egyszerűbb UAV-kal szemben érvényesül. Ugyanakkor a nagyobb méretű, zavarás ellen védettebb, nagyobb repülési magasságban működő pilóta nélküli eszközök esetében ezek a rendszerek korlátozottan alkalmazhatók. Ezért ezen fenyegetések ellen elengedhetetlen a modern légvédelmi rendszerek alkalmazása, amelyek képesek a hagyományos harcirepülőgépekkel szemben alacsony észlelhetőségű légi célok hatékony detektálására, azonosítására és semlegesítésére.

A drónalapú felderítés és célmegjelölés rohamos terjedése miatt a terepen tevékenkedő katonai alakulatok számára elsődleges prioritássá vált a felderíthetőség csökkentése. Ennek érdekében kiemelt szerephez jutnak a különféle passzív védelmi megoldások, különösen az álcázás és a megtévesztés eszközei. Ezek célja, hogy mérsékeljék az ellenséges felderítőrendszerek – különösen az optikai, infravörös és rádiófrekvenciás érzékelőkkel

felszerelt UAV-k – hatékonyságát. Ezen belül különös jelentőséggel bírnak a felderítő, tűzvezető és tűzhelyesbítő funkciót betöltő drónok elleni védelmi technikák, melyek célja ezek felismerési és célmegjelölési képességeinek megtévesztése vagy kiiktatása. [24]

Az álcázás egyik legrégebbi és legalapvetőbb eszköze az álcaháló, valamint a terep adottságainak célszerű kihasználása. Ezek az eljárások lehetővé teszik a különböző technikai eszközök – mint például a fegyverzet, járművek és állások – vizuális rejtését az ellenséges felderítéssel szemben. Az álcázás hagyományosan a látható fény spektrumában történő észlelés elleni védelmet szolgálta, azonban a korszerű haditechnikai eszközök fejlődésével párhuzamosan az álcázás spektruma is kibővült.

Napjaink modern álcahalói már nem csupán a vizuális érzékelés ellen nyújtanak védelmet, hanem kiegészülnek a látható fény, az infravörös és rádióelektronikai érzékelőkkel szembeni rejtést biztosító tulajdonságokkal is. Ezáltal képesek elrejtetni az eszközök hőképet és képesek megváltoztatni azok radarkeresztmetszetét, illetve sziluettjét, ezáltal hatékonyabban rejthetik el a célokat a több spektrumú érzékelők elől. A több spektrumú álcázás ma már elengedhetetlen eleme a korszerű eszközök passzív védelmi képességeinek. [25]

A korszerű hadviselésben a saját erők védelme érdekében kiemelt szerepet kap nemcsak a rejtés, hanem az ellenség célzott megtévesztése is. A tényleges katonai állások és eszközök álcázásán túl fontos eleme az álcázásnak az úgynevezett „mock-up” állások, illetve eszközök alkalmazása. Ezek olyan, jellemzően vizuálisan, illetve részben műszaki paramétereikben is a valós eszközökhöz hasonló másolatok vagy makettek, amelyek célja, hogy az ellenséges megfigyelő- és csapásmérő rendszerek figyelmét magukra irányítsák. E módszer alkalmazása révén – különösen drónok, légi felderítő eszközök, illetve precíziós tűzérési rendszerek ellen – elérhető, hogy az ellenséges fél a megtévesztésül szolgáló célpontokat azonosítsa elsődleges célként és ezekre mérje a csapásokat. Ezáltal a ténylegesen harcértéket képviselő eszközök és állomány túlélési képessége növekszik, illetve a hadrafoghatósága fenntartható. A módszer hatékonyságát növeli, hogy a korszerű makettek nemcsak vizuálisan, hanem radar- és hőképük alapján is képesek megtévesztetni a célfelderítő rendszereket. Ennek megfelelően külön iparág épült az ilyen, az eredetivel szinte mindenben megegyező megjelenésű és jellemzőkkel bíró felfújható vagy modulárisan összeállítható makettek gyártására, amelyek fontos részét képezik a modern hadviselésnek. [26]

Az elektromágneses hadviselés a korszerű hadviselés egyik leggyorsabban fejlődő és leghatékonyabb komponensévé vált a drónok által jelentett fenyegetések megelőzésében és elhárításában. Az EH-technológiák célja elsősorban a pilóta nélküli légi járművek irányítási, kommunikációs és navigációs rendszereinek zavarása, blokkolása vagy megbénítása. Ezen rendszerek hatékony alkalmazásával lehetőség nyílik a fenyegetést jelentő UAV-k semlegesítésére még azelőtt, hogy azok elérnék kijelölt célpontjukat. Az ilyen típusú nem-kinetikus ellentevékenység különösen előnyös lehet sűrűn lakott vagy érzékeny kiemelt infrastruktúra létesítmények védelme esetén, ahol a hagyományos fizikai ellentevékenység a szükségesnél nagyobb kockázattal járna.

Az FPV-drónok és más kis méretű pilóta nélküli repülőeszközök jellemzően közvetlen rádiófrekvenciás kapcsolatot tartanak fenn a kezelőjükkel, továbbá gyakran alkalmaznak globális helymeghatározó rendszert (GPS) a navigációhoz. Ezen kommunikációs és navigációs csatornák sérülékenysége teszi lehetővé, hogy az ellenük bevetett elektronikai zavaróeszközök hatékonyan akadályozzák működésüket. Az RF- vagy GPS-jel megzavarása

következtében a célját el nem érő UAV vagy automatikusan megkísérel visszatérni kiindulási pontjára, vagy – típustól függően – kényszerleszállást hajt végre, a régebbi típusok esetében irányítás nélkül a földre zuhannak. Habár egyes korszerűbb drónok képesek lehetnek az előre beprogramozott repülési útvonal folytatására, a fejlettebb elektromágneses zavaróberendezések képesek, angol terminológiában úgynevezett GPS-spoofingra, vagyis valótlan GPS-jelekkel a valódi jelek elnyomására. Ennek következtében a drón nem a valós pozícióját észleli, ami hibás navigációhoz, vagy teljes irányvesztéshez vezet. Ez különösen hatékony a félautonóm és régebbi típusú rendszerek ellen.

Az FPV és más típusú UAV-k ellen nem minden helyzetben hatékony az elektronikai zavarás – különösen, ha a drón autonóm navigációval vagy frekvenciaugrással rendelkezik, illetve napjainkban az orosz–ukrán háborúban egyre elterjedtebb mindkét fél részéről az optikai szálon történő irányítás. Ilyen esetekben csupán a kinetikus eszközök érnek el eredményt.

A nagyobb hatótávú eszközök és drónrajok ellen eredményesen vethetők be közel- és kishatótávolságú légvédelmi rendszerek, angol terminológiában úgynevezett SHORAD- (Short-Range Air Defence) rendszerek, mint például a Gepard, a MANTIS, a Pantsir vagy az Avenger [27]. Ezek az eszközök radar és/vagy optikai rávezetés elvén működnek és több km távolságból képesek a célokra tüzet vezetni. Ezen eszközök beszerzése és fenntartása költségesek, de mégis olcsóbbak a gépágyúkhöz tartozó lőszer árát tekintve, mint a légvédelmi rakétákkal való tűzvezetés, mivel többségük kizárólag, vagy részben 30–35mm űrméretű gépágyúkkal dolgoznak.

Az elmúlt évek tapasztalatai és az Ukrajnának, nemzetközi és európai országok által nyújtott katonai segítség és adományok közül kiemelendő a FlakPz¹⁰ Gepard, amely a nyugat-német Bundeswehr, a holland, a belga és a jordán fegyveres erőknél szolgált, illetve a 2022-es qatari FIFA-világbajnokságra üzembe helyezett, az 1970-es években rendszerbe állított önjáró légvédelmi gépágyú, amely két 35 mm-es gépágyúval rendelkezik. Ezeket a harcjárműveket a német haderő a 2010-es években vonta ki hadrendből és sokat közülük tartós tárolásba tettek. Ezek az önjáró légvédelmi gépágyúk már rendelkeztek a programozható AHEAD-típusú¹¹ lőszer alkalmazásához szükséges berendezésekkel és csőszájfékkel, illetve a felderítő és tűzvezető lokátoruk alkalmas a drónok felderítésére és követésére, közel hetven példányt átadtak belőlük az ukrán fegyveres erőknél, amely a már korszerűnek nem mondható, hidegháborús légvédelmi gépágyúval is jelentős sikereket ért el az orosz drónok, cirkálólőszer és manőverező robotrepülőgépek ellen. A Gepardot rendszeresítette még továbbá Románia is, mint NATO-tag, illetve több közel-keleti és dél-amerikai ország. Több fejlesztés is zajlik párhuzamosan a Gepard légvédelmi rendszerek kiváltására, azonban ezen újabb rendszerekből még viszonylag keveset állítottak hadrendbe. Ezek között példa a Rheinmetall által is fejlesztett Skyranger, és a MANTIS típusú légvédelmi rendszerek is. [28]

A fegyveres erők világszerte egyre nagyobb számban alkalmaznak és rendszeresítenek kifejezetten drónok ellen fejlesztett rendszereket, közzismertebb nevükön C-UAS fegyverrendszereket. Ezek az eszközök jellemzően kombinált megoldásokat kínálnak, amelyek ötvözik a felderítést, az elektromágneses zavarás módszereit, valamint a fizikai

¹⁰ Flakpanzer – Flugabwehrkanonenpanzer – léghátrító gépágyús páncélozott harcjármű.

¹¹ AHEAD – Advanced hit efficiency and destruction – fejlett találati hatékonyság és pusztítás.

– kinetikus vagy irányított energiájú – effektorokat. A rendszerek képesek lehetnek hagyományos lövedékek, irányított energiafegyverek – például lézerek – vagy kinetikus eszközök, például hálövetők alkalmazására is a fenyegetést jelentő UAV-k hatékony semlegesítése érdekében. [29]

A közelmúlt hadműveleti tapasztalatai nyomán az Amerikai Egyesült Államok fegyveres erői ismételten felismertek egy régóta háttérbe szorult szükségletet: a csapatlégvédelem megerősítésének fontosságát. A hidegháború végét követően e képesség fejlesztése hosszú időn keresztül nem kapott kellő figyelmet, azonban a modern hadviselés – különösen az UAV-k tömeges alkalmazása – világossá tette, hogy e területen sürgős fejlesztés vált szükségessé. Ennek eredményeként az amerikai haderő prioritássá tette egy olyan csapatlégvédelmi rendszer hadrendbe állítását, amely átmeneti, de hatékony megoldást kínál a napjaink háborús kihívásaira. A program eredményeként 2021 őszén rendszeresítették a Stryker lövészpáncélosra integrált IM-SHORAD¹² légvédelmi rendszert, amely sikeresen alkalmazta kombináltan a AESA¹³ radarokon alapuló elektromágneses zavaróberendezéseket, egy 30 mm-es gépágyút, illetve Stinger és Hellfire rakétákat légi és szárazföldi célok ellen. [30] Az Amerikai Egyesült Államok tengerészgyalogsága a 2010-es években kezdte meg a Light Marine Air Defense Integrated System (LMADIS) rendszer alkalmazását, amely egy ultrakönnyű, mobil C-UAS eszköz. A rendszer két Polaris MRZR-4 típusú harcászati járműre telepítve képes pilóta nélküli repülőeszközök észlelésére, követésére és zavarására. Az LMADIS 2019-ben demonstrálta képességeit, amikor a USS Boxer helikopterhordozóról sikeresen semlegesített egy iráni gyártású Mohajer-4 típusú UAV-t a Perzsa-öbölben. [31] A modern légvédelmi fejlesztési irányokhoz illeszkedik a Rheinmetall Defence és a svájci Oerlikon közös fejlesztésében készült Skyranger moduláris légvédelmi rendszer, amely az amerikai IM-SHORAD koncepciójához hasonlóan egy integrált, többkomponensű védelmi megoldást kínál. A rendszer különböző szenzorokat, zavaróberendezéseket, gépágyút és rakétákat kombinál egy platformon, lehetővé téve a pilóta nélküli repülőeszközök, valamint egyéb légi fenyegetések elleni komplex védelmet. A Skyranger rendszer beszerzésére a Magyar Honvédség is keretszerződést kötött, amelyet az MH-nál rendszeresítés alatt álló Lynx gyalogsági harcjármű alvázára integrálnának. [32]

ÖSSZEGZÉS

„Jobb utólag bölcsnek lenni, mint soha és az egyik történés utáni bölcsesség talán egy másik előtti bölcsességhez vezet.” – Sir John C. Slessor

Az elmúlt évek konfliktusainak, különösen a hegyi-karabahi háborúnak és az orosz–ukrán háborúnak a tapasztalatai alapján egyértelmű következtetésként levonható, hogy a drónok napjaink hadviselésében jelentős szerepet töltenek be. Bár alkalmazásuk jelentős harctéri előnyt és kedvező műveleti feltételeket teremthet, önmagukban nem elegendőek a döntő győzelem kivívásához, ahogyan önmagában a korábbi légiháborúk sem jelentettek. A dróntechnológia széles körű elterjedése komoly kihívások elé állítja a harcoló feleket, amelyeknek sokkal hatékonyabb védelmi megoldásokat kell alkalmazniuk a pilóta

¹² Initial Maneuver Short-Range Air Defense – önállóan mozgó kis hatótávolságú légvédelmi rendszer.

¹³ Active Electronically Scanned Array – aktív-fázisvezérelt radar.

nélküli légi járművek ellen, mint korábban. Ugyanakkor a szárazföldi erők továbbra is meghatározó szerepet játszanak a műveletek során, hiszen a tényleges harc és a terület elfoglalása változatlanul az ő feladatuk. A hagyományos légierők szerepe bár csekély mértékben, de háttérbe szorult a korábbi konfliktusokhoz képest, mivel a hadszínterek jelentős részét mindkét oldalon korszerű légvédelmi rendszerek fedik le, korlátozva a légi műveletek mozgásterét.

A pilóta nélküli légi járművek elterjedése nyomán a hagyományos harcjárművek új típusú sebezhetőségei és gyenge pontjai kerültek előtérbe. Bár a nagy tömegű, hagyományos harcjárművek jelentősége némiképp csökkenni látszik, ez nem jelenti azt, hogy szerepük a modern hadviselésben elhanyagolhatóvá válna. Sokkal inkább egyfajta alkalmazkodási folyamatról beszélhetünk, amely az eszközök harcászati felhasználásának átalakulását eredményezi. E folyamat jól megfigyelhető a 2022 óta tartó orosz–ukrán háborúban. A közel-múlt fegyveres konfliktusainak tapasztalatait mindenképpen szükséges levonni és integrálni a jelenlegi katonai szabályzatokba és kiképzési gyakorlatokba annak érdekében, hogy a jövő hadviselési tendenciái előre jelezhetőek és kezelhetőek legyenek. A pilóta nélküli repülőeszközök megfelelő alkalmazás esetén jelentős hatékonyságnövelő tényezőként – úgynevezett *force multiplier*ként – léphetnek fel a hadműveleti környezetben.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Statista. (n.d.). *Projected commercial drone revenue worldwide from 2016 to 2025 (in million U.S. dollars)*. Retrieved November 10, 2024, Online: <https://www.statista.com/statistics/607922/commercial-drone-market-revenue-worldwide-projection/>
- [2] Daruka, N. – Végh, K. (2025). The challenge of technology-enabled unmanned aircraft systems. *Honvédségi Szemle*, 153(1), 80–91.
- [3] Daruka, N. – Végh, K. (2025). Criminal use of drones and possible lines of defence. In R. Horváth, J. Lukács – R. G. Stadler (Eds.), *Mérnöki Szimpózium a Bánkin: Proceedings of the Engineering Symposium at Bánki: ESB 2024* (pp. 82–88).
- [4] Dunai, P. (2013). Emberi tényező a pilóta nélküli légijárművek üzemeltetésében. In M. Palik (Ed.), *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek* (2nd ed.). Budapest: Nemzeti Közszerzői Egyetem. ISBN 978-615-5057-64-9.
- [5] Zafra, M., Hunder, M., Rao, A. – Kiyada, S. (2024, March). How drone combat in Ukraine is changing warfare. *Reuters*. Retrieved April 10, 2024, Online: <https://www.reuters.com/graphics/UKRAINE-CRISIS/DRONES/dwpkeyjwkp/>
- [6] Judson, J. (2024, August 8). Cheap first-person-view drones now hunting larger prey in Ukraine. *Defense News*. Retrieved February 10, 2025, Online: <https://www.defensenews.com/global/europe/2024/08/08/cheap-first-person-view-drones-now-hunting-larger-prey-in-ukraine/>
- [7] Campbell, D. (2020, April). US drone strikes – An analysis of unmanned weapons and their impacts (2002–2018). Retrieved April 10, 2025, Online: <https://storymaps.arcgis.com/stories/8336cb0a4dc5416d8057fbb080d7b83a>
- [8] Shaikh, S. – Rumbaugh, W. (2020). *The air and missile war in Nagorno-Karabakh: Lessons for the future of strike and defense*. CSIS. Retrieved April 10, 2025, Online: <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>
- [9] Malyasov, D. (n.d.). Azerbaijani drone blows up Armenian modern air defense system. *Defence Blog*. Retrieved April 10, 2025, Online: <https://defence-blog.com/azerbaijani-drone-blows-up-armenian-modern-air-defense-system/>

- [10] Felgenhauer, P. (2021). Russia's Iskander missiles fail in Karabakh but cause crisis in Armenia. *Eurasia Daily Monitor*, 18(32). Retrieved April 10, 2025, Online: <https://jamestown.org/program/russias-iskander-missiles-fail-in-karabakh-but-cause-crisis-in-armenia/>
- [11] Lénárt, T. (2021). *A hegyi-karabahi háborúk hadtörténetének vizsgálata a régió biztonságpolitikai helyzetének tükrében* [Diplomamunka]. Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest.
- [12] Army Recognition. (2024, June). Ukrainian forces intensify drone use to drop TM-62 anti-tank mines on Russian forces. Retrieved April 10, 2025, Online: <https://armyrecognition.com/focus-analysis-conflicts/army/conflicts-in-the-world/russia-ukraine-war-2022/ukrainian-forces-intensify-drone-use-to-drop-tm-62-ant-tank-mines-on-russian-forces>
- [13] Szalkai, L. – Daruka, N. (2022). The dangers of unmanned aircraft systems. In N. Daruka (Ed.), *Fúrás–Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022* (pp. 247–257). Magyar Robbantástechnikai Egyesület.
- [14] Daruka, N. (2013). Kvadrokopter, mint lehetséges felderítő eszköz, avagy a repülő polip visszatért. *Repüléstudományi Közlemények*, 25(2), 114–122.
- [15] Тактика применения противником FPV-дронов (в схемах) и способы противодействия [Tactics of using FPV drones by the enemy (in diagrams) and methods of counteraction]. (2024). Retrieved January 10, 2025, Online: http://centralwar.com/info/files/UKR_FPV_UASandCUAS-2024.pdf
- [16] Bryen, S. (2024). Israel's strategic interest in Ukraine is changing because of Iran. *Center for Security Policy*. Retrieved January 10, 2025, Online: <https://centerforsecuritypolicy.org/israels-strategic-interest-in-ukraine-is-changing-because-of-iran/>
- [17] Lowther, A. – Siddiki, M. K. (2024). Unmanned aircraft systems – Combat drones in Ukraine. *Air & Space Operations Review*, 1(4). Retrieved January 10, 2025, Online: https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASOR/Journals/Volume-1_Number-4/Lowther.pdf
- [18] Porkoláb, I. (2016). Az innováció hatása a hadviselésre. *Hadtudomány*, 26(1–2), 19–28. <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2016.26.1-2.19>
- [19] Lénárt, T. (2025). *A személyzet nélküli rendszerek katonai- és bünyös célú alkalmazása és az ellenük való védekezés lehetséges módjai* [Szakdolgozat]. Óbudai Egyetem, Budapest.
- [20] Dudás, Z. – Ujvári, B. (2020). A drónelhárítás módszerei és lehetőségei. *Repüléstudományi Közlemények*, 32(3), 5–15. Retrieved April 24, 2025, Online: https://epa.oszk.hu/02600/02694/00084/pdf/EPA02694_rtk_2020_3.pdf
- [21] Airforce Technology. (2022). Orcus counter-unmanned aerial system, United Kingdom. Retrieved April 24, 2025, Online: <https://www.airforce-technology.com/projects/orcus-counter-unmanned-aerial-system-united-kingdom/>
- [22] Army News Service. (2018). Army's air, missile defense countering UAS threat in multiple ways. Retrieved April 24, 2025, Online: https://www.army.mil/article/202944/armys_air_missile_defense_countering_uas_threat_in_multiple_ways
- [23] US Army Public Affairs. (2021). Army announces release of DoD counter-small UAS strategy. Retrieved April 10, 2025, Online: https://www.army.mil/article/242241/army_announces_release_of_dod_counter_small_uas_strategy
- [24] U.S. Army. (2023). ATP 3-01.81: Counter-unmanned aircraft system (C-UAS). Retrieved April 10, 2025, Online: <https://irp.fas.org/doddir/army/atp3-01-81.pdf>
- [25] Ministry of Defence of Ukraine. (2023). *Camouflage techniques against UAV detection: Practical guide for field units*. Kyiv.
- [26] NATO. (2022). *Counter class I unmanned aircraft systems*. Retrieved April 10, 2025, Online: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/8/pdf/220803-flyer-C-UAS-EN.pdf
- [27] Jane's Defence Weekly. (2024). SHORAD systems in Ukraine: Efficacy and adaptation. Retrieved April 14, 2025, Online: <https://www.janes.com/short-range-air-defence-ukraine>

- [28] Bundesregierung Deutschland. (2025). *The arms and military equipment Germany is sending to Ukraine*. Retrieved April 21, 2025, Online: <https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/military-support-ukraine-2054992>
- [29] Rheinmetall AG. (2023). *Counter-UAS technologies overview*. Düsseldorf: Rheinmetall Defence. Retrieved April 14, 2025, Online: https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/products/counter-uas
- [30] Leonardo DRS. (n.d.). *Maneuver short-range air defense (M-SHORAD)*. Retrieved April 10, 2025, Online: <https://www.leonardodrs.com/what-we-do/products-and-services/m-shorad/>
- [31] Mizokami, K. (2019, July 22). This is the ATV-mounted jammer that took down an Iranian drone. *Popular Mechanics*. Retrieved April 10, 2025, Online: <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a28471436/lmadis-iranian-drone/>
- [32] Levente, B. (2021, March 4). Skyranger az új hatásos légvédelem. *Combatant.blog.hu*. Retrieved April 10, 2025, Online: https://combatant.blog.hu/2021/03/04/skyranger_az_uj_hatasos_legvedelem

ROBBANTÁSSAL ELKÖVETETT BŰNCSELEKMÉNYEK ÉS AZ ELLENÜK VALÓ VÉDEKEZÉS¹

Hódos Attila²

ABSTRACT

When we hear about crimes committed by bombing, we immediately think of terrorism. The reason for this is that terrorists, in most cases, use violence and the threat of violence to enforce their political, religious or ideological goals, one of the most terrifying tools of which is bombing or the threat of bombing. Most often, buildings of paramount importance for the functioning of the state or the provision of services to the population, venues for mass events, train stations, airports, public transport, shopping malls and other locations visited by many people at the same time can be the "ideal" targets of terrorists. Considering that bombings can cause significant human casualties and material damage, and in many cases are directed against symbolic buildings, they become the focus of media coverage, thus, thanks to modern telecommunications, they become leading news "worldwide" in a short time. In my article, I would like to present the options available to prevent and detect such crimes, and to mitigate the damage caused.

Keywords: bombing crimes, terrorism, critical infrastructure, prevention and detection, damage mitigation

ÖSSZEGZÉS

A robbantással elkövetett bűncselekmények hallatán azonnal a terrorizmusra gondolunk. Ennek oka, hogy a terroristák, a legtöbb esetben, politikai, vallási vagy ideológiai céljuk kikényszerítése érdekében erőszakot alkalmaznak, illetve az erőszak alkalmazásával fenyegetnek, amelynek egyik legfélelmetesebb eszköze a robbantás vagy a robbantással történő fenyegetés. Leggyakrabban az állam működése, illetve a lakosság ellátása szempontjából kiemelt fontosságú épületek, tömegrendezvények helyszínei, pályaudvarok, repülőterek, tömegközlekedési eszközök, bevásárlóközpontok, illetve egyéb, egyidejűleg sok személy által látogatott helyszínek lehetnek a terroristák „ideális” célpontjai – figyelemmel arra, hogy a robbantásos cselekmények jelentős emberi áldozattal és anyagi kárral járhatnak, illetve sok esetben szimbolikus épületek ellen irányulnak, a média híradásának fókuszába kerülnek, így a modern telekommunikáció révén rövid idő alatt „világszerte” vezető hírré válnak. Írásomban azt szeretném bemutatni, hogy milyen lehetőségek állnak rendelkezésre az ilyen jellegű bűncselekmények megelőzésére, felderítésére és az okozott károk enyhítésére.

Kulcsszavak: robbantásos bűncselekmények, terrorizmus, kritikus infrastruktúra, megelőzés és felderítés, kárcsökkentés

¹ Crimes Committed by Explosion and the Defense Against Them

² Robbantástechnikai szakmérnök; e-mail: hodos69@gmail.com; ORCID: 0009-0002-6494-5751.

BEVEZETÉS

Hazánk a NATO és az Európai Unió tagjaként szorosan kapcsolódik a nyugati gazdasági és politikai rendszerhez. Magyarország az ENSZ és a NATO tagjaként szerepet vállalt a közel-keleti és a balkáni háborúkat követő békefenntartó tevékenységben, illetve katonáink háborús és polgárháborús helyzetekben álltak helyt a különböző NATO- és ENSZ-missziókban.

Földrajzi elhelyezkedését tekintve Magyarország az Európai Unió egyik délkeleti kapuja. A Közel-Kelet irányából Nyugat-Európa felé vezető, talán legforgalmasabb szárazföldi főútvonalon helyezkedik el, amelyből az is következik, hogy a kelet felől érkező illegális migráció is érinti.

Elmondható, hogy az ország – bár még nem érezzük a közvetlen fenyegetettséget – a nyugati világot terrorral fenyegető iszlám, illetve az Ukrajnát megtámadó Oroszország, és az Ukrajnát támogató Nyugat keresztültűzésében helyezkedik el. Fontos körülmény továbbá, hogy az Izrael elleni, 2023 őszén történt Hamász-akciót követően kirobbanó izraeli hadműveleteket Magyarország önvédelemnek tekinti, ami kiválthatja a szélsőséges iszlamista terrorszervezetek ellenszenvét.

Ugyancsak meg kell említeni, hogy szélsőséges politikai nézeteket valló személyek, illetve kisebb közösségek – mint mindenhol – hazánkban is léteznek. Folyamatosan figyelemmel kell kísérni tevékenységüket, és meg kell akadályozni az esetleges előkészületben lévő illegális tevékenységeik, így terrorcselekményeik végrehajtását. A szervezett bűnözés szintén jelen van. Az egymással rivalizáló bűnözők, bűnözői csoportok közötti ellentétek vagy elszámolási viták is eredményezhetnek esetleges fegyveres, vagy robbantással elkövetett leszámolásokat.

Megállapítható tehát, hogy a terrorfenyegetettség, illetve más robbantással elkövetett bűncselekmény elkövetésének lehetősége fennáll, ezért a nemzetbiztonsági szolgálatok, valamint a rendvédelmi szervek részéről folyamatos éberség fenntartása szükséges, hogy a bűncselekmények elkövetését meg tudják akadályozni.

ROBBANTÁSSAL ELKÖVETETT CSELEKMÉNYEK HAZÁNKBAN

Magyarország a II. világháború lezárását követően a Szovjetunió érdekszférájába került. Az 1956-os forradalom leverés után a pártállami rendszer újra megszilárdult, erős politikai és rendőri hatalom alakult ki, amely komoly állambiztonsági apparátust működtetett az eltérő politikai nézetek elnyomására. Ennek köszönhetően a szélsőséges politikai megnyilvánulásokat már „csírájában elfojtották”, ezzel a politikai terrorizmus lehetőségét kizárták.

Fordulatot hozott az 1990-es rendszerváltást megelőző évektől kezdődő, a 2010-es évekig tartó időszak, amikor már nyíltan vállalhatóvá vált bármilyen politikai nézet és vélemény, mindemellett megtörtént a gazdasági átalakulás, megkezdődött a privatizáció, illetve megnyíltak a határok. Egyes bűnözők, illetve bűnözői csoportok hol együttműködve, hol pedig egymással rivalizálva, a vendéglátás, a személyfuvarozás, az autókereskedelem, az őrzés-védelem és más vállalkozások területén tevékenykedve jelentős haszonra tettek szert. Ettől az időszaktól jelentek meg hazánkban a robbantásos cselekmények, amelyek jelentős része az alvilági leszámolások vagy figyelmeztetések közé sorolható, valamint a politikai indíttatású, kisebb károkat okozó robbantások említhetők még, de már történtek terrorista cselekmények is.

A teljesség igénye nélkül az alábbi robbantásos esetek bemutatásával jellemezhető a korszak:

- 1991. decemberében a Ferihegyre vezető gyorsforgalmi úton a Szovjetunióból Izraelbe kivándorlókat szállító buszt ért autóba helyezett pokolgéppel végrehajtott támadás. A buszt autóval kísérő rendőrök súlyos sérüléseket szenvedtek. A nyomozás 1999-ben megállapította, hogy a merényletet a Vörös Hadsereg Frakció nevű terrorszervezet német állampolgárságú tagjai követték el.
- 1998. július 2-án Budapesten, az Aranykéz utcában gépkocsiba rejtett pokolgépet robbantottak. A robbanás következtében 4 fő meghalt, több mint 20 fő megsérült. Az ügyet felderítették, így kiderült, hogy „maffialeszámolás” történt, a rendőrséggel együttműködő szervezett bűnözői körökhöz tartozó személy elhallgattatása volt a cél.
- 2016. szeptember 24-én Budapesten, a Teréz körúton egy rendőr járőrpár mellett robbantottak házilag készített robbanószerkezetet, akik a robbanás következtében súlyos, egyikük életveszélyes sérülést szenvedett, továbbá egy közelben tartózkodó személy könnyebben megsérült. Az elkövetőt egy hónapon belül elfogták, a számítógépén további robbantásos cselekményeket kilátásba helyező, pénzkövetelést tartalmazó, el nem küldött üzenetet találtak.

A fentebb említett cselekményeken kívül:

- 1994-ben, Szegeden egy templomnál, Budapesten a Parlamentnél, valamint a Mátyás-templomnál történt robbantás.
- 1995 karácsonyán egy szegedi templom ablakán dobtak be Molotov-koktélt.
- 1996-ban 3 alkalommal követtek el robbantással bűncselekményt.
- 1998-ban az Aranykéz utcai robbantás mellett további 18 alkalommal követtek el robbantással támadást, egy alkalommal pedig az FKgP székházánál egy robbanóeszközt hatástalanítottak. Ugyanebben az évben 3 esetben kézigránátos, míg 6 esetben Molotov-koktélos támadás is történt. Az esetek jelentős részében vállalkozók, illetve cégek voltak a célpontok, ami alvilági leszámolásra enged következtetni, de több robbantás történt pártszékházaknál, illetve ismert politikusok lakásánál is. [1]

A ROBBANTÁSOS CSELEKMÉNYEKHEZ FELHASZNÁLT ESZKÖZÖK

Katonai lőszerek

A fent felsorolt bűncselekmények elkövetésének eszközei között többször szerepelt jugoszláv gyártmányú kézigránát. Ennek egyik oka lehet, hogy az 1990-es években folyt a Jugoszlávia felaprózódásához vezető délszláv háború, amelyben reguláris és irreguláris egységek is részt vettek, illetve külföldi önkéntesek is harcoltak. Az egymással harcoló felek legális és illegális értékesítési csatornákon jutottak fegyverekhez, lőszerekhez, robbanóanyagokhoz és egyéb, a harcok során felhasznált hadieszközökhöz. Ebben a zűrzavaros időszakban a lakosság kezébe is kerülhettek hadianyagok, amelyek a harci cselekmények lezárását követően az illegális piacra kerülve, hazánkba is eljuthattak. Valós a veszély, hogy az orosz–ukrán háború lezárását követően megmaradó hadi eszközök egy része szintén az illegális piacra, bűnszervezetekhez és terroristákhoz fog kerülni.

Improvizált robbanóeszközök

Az improvizált robbanóeszköz (Improvised Explosive Device rövidítve: IED), olyan házilag készített eszköz, amely robbanás, tűzokozás, fertőző, sugárzó vagy vegyi anyag környezetbe juttatása révén fejti ki pusztító hatását. Az ilyen eszközök alkalmazásának jelentősége, hogy egyszerű szemrevételezéssel az eszköz nehezen, vagy egyáltalán nem azonosítható, mérete terjedhet boríték méretűtől (pl. levélbomba) akár teherautó méretűig is. A kialakítását a rendelkezésre álló vagy beszerezhető anyagok mennyisége és minősége a tervezett pusztítás mértéke, készítőjének kreativitása, technikai ismerete, a merénylet célpontja, valamint annak tervezett helyszíne határozza meg. Az IED robbanótöltetből, detonátorból és a detonátort működésbe léptető mechanizmusból áll. [2] Emellett tartalmazhat áramforrást, időzítő berendezést, repeszképző anyagot és az álcázást lehetővé tevő burkolatot. Robbanótöltetként felhasználhatnak katonai vagy ipari robbanóanyagot, illetve házilag készített robbanóanyagot, de akár el nem működött katonai lőszerkből kinyert robbanóanyag is. A robbanótöltet iniciálását katonai vagy ipari, bányászati területen használt gyutacsokkal oldják meg, de lőszerekben használt indítószervezetet vagy házilag készített gyutacsot is felhasználhatnak. Az improvizált robbanószerkezeteket működésbe lépésük szerint lehetnek a „célpont” által (húzással, nyomással, teherelvéttel, elmozdítással) működésbe hozott, illetve időzített vagy távvezérelt eszközök. [3][4]

A Magyarországon elkövetett, fentiekben ismertetett robbantásos cselekmények közül a legnagyobb közérdeklődést kiváltó eseteknél az elkövetők házilag készített improvizált robbanóeszközöket alkalmaztak. Így például „csőbomba” robbant az M2-es metrószerelevényen, gépkocsiban elhelyezett „pokolgép” robbant az Aranykéz utcában és a Ferihegyi úton, továbbá házilag készített „bomba” robbant a Teréz körúton. [5]

Mivel sok esetben a robbanások tömegközlekedési eszközön, forgalmas utcán vagy útvonalon történtek, több ember, köztük ártatlan (a bűncselekmény elkövetője szempontjából indifferens) személyek haltak vagy sérültek meg, illetve voltak veszélyeztetve, továbbá több alkalommal is jelentős anyagi kár keletkezett, így ezek a bűncselekmények a köznyugalmat is súlyosan megzavarták. Ilyen esetekben az állampolgárok bizalma súlyosan megrendülhet az állam védelmi funkciójában és jogos elvárást támasztanak, hogy a hatóságok gyorsan derítsék fel az ügyet, kerítsék kézre az elkövetőt, folytassák le ellene a büntetőeljárást, az okozott kárt térítsék meg, valamint akadályozzák meg, hogy a jövőben ilyen vagy hasonló bűncselekmény megtörténjen. [6]

A NEMZETKÖZI TERRORIZMUS ELLENI KÜZDELEM

A terrorizmus elleni harcban mérföldkőnek számított a 2001. szeptember 11-ei New York-i World Trade Center elleni terrortámadás, amely új korszakot nyitott. A támadást követően George W. Bush elnök háborút hirdetett a terrorizmus ellen. Leküzdendő ellenségként nemcsak a terrrorszervezeteket, terrorista csoportokat vagy személyeket, hanem a terrorizmust támogató államokat is megjelölte. A történetek hatására az Európai Unió is biztonsági intézkedéseket vezetett be. Az Európa Tanács ülésén terrorizmus ellenes akciótervet fogadtak el a jogalkotói és rendőri együttműködések fokozása, összehangolása érdekében.

A 2004-es madridi terrorcselekményeket követően az Európa Tanács már nyilatkozatba foglalta a terrorizmus elleni küzdelmet. Létrehozták a terrorizmus elleni küzdelem koordinátori hivatalát, amelynek feladatai közé tartozott az Europol és az Európai Unió Helyzetelemző Központja jelentései és elemzései alapján történő intézkedési javaslattevél az Európa Tanács részére.

Az Európai Unió az elmúlt időszakban is több terrorizmusellenes intézkedést tett:

- 2016 óta befagyasztja az Al-Kaida és az Iszlám Államhoz köthető személyek vagyonát, illetve korlátozza utazásukat;
- szigorította a pénzmosással kapcsolatos szabályokat, ami jelentősen megnehezíti a terrorizmus pénzügyi támogatását azzal, hogy megnehezíti a pénzeszközök fiktív cégekhez történő juttatását;
- tagállami szinten szigorította a lőfegyverek birtoklását, illetve a lőfegyveralkatrészek nyomomonkövethetőségét, és előírták a kereskedők általi regisztrációját;
- szigorította továbbá a házi készítésű robbanóanyagok előállításához használt anyagok értékesítésének szabályait.

A nyugat-európai terrortámadások gyakoriságának növekedése részben magyarázható a nagyobb csoportokban élő, bevándorolt muszlim közösség egyes tagjainak radikalizálódásával, ami fokozódott a közel-keleti tüntetéssorozatok és az azokat követő polgárháborús helyzet következtében a térségből Európa irányába induló migrációs hullámmal. A többnyire illegális módon, az Európai Unió területére gyakran személyazonosságot igazoló okmányok nélkül tömegesen belépő személyek menekült státuszért folyamodtak, amelyet az adminisztráció nehezen tudott kezelni. Ugyancsak probléma volt a beérkező, a befogadó állam hivatalos nyelvét gyakran nem ismerő embertömeg elhelyezése, életkörülményeinek biztosítása. Valós veszélyt jelent az is, hogy a menekültekkel együtt a már radikalizálódott, az Iszlám Állam vagy az Al-Kaida szervezetekkel kapcsolatban álló személyek is érkezhettek, illetve a közösségi média felületén az iszlamista szervezetek által kifejtett propagandatevékenység hatására a generációk óta Európában élő muszlim családok fiataljai körében is megjelent a radikalizálódás.

Az internetes radikalizálódás elleni harc egyre fontosabbá vált, mivel a közösségi médián keresztül nemcsak a szélsőséges ideológiát terjesztették, hanem azt toborzásra is felhasználták, ezért 2015-től az Europol Terrorelhárítási Központjában külön egység alakult, amelynek egyik fő feladata az interneten található terrorista tartalmak felderítése, megjelölése. 2019-ben az egység több szolgáltatóval (Telegram, Google, Instagram, Twitter, Files.fm stb.) együttműködve folytatta az Iszlám Állam propagandahálózatának gyengítését a tartalmak törlésével. A radikalizálódás természetesen offline módon a lakóközösségekben is előfordul. Holland jelentések szerint börtönökben is folyik egyfajta radikalizálódás.

A határokon átnyúló bűnözés megelőzését, illetve nyomon követését segíti a nemzeti bűnüldöző szervek közötti együttműködés, a bűnügyi nyilvántartások összehangolása, a Schengeni Információs Rendszer, illetve a légitársaságok egységes utasadat-nyilvántartása. [7]

TERRORELHÁRÍTÁS MAGYARORSZÁGON

Magyarország az Európai Unió, így az Europol tagjaként is beágyazódott az ismertetett rendszerekbe, amelyeknek adatot szolgáltat, és azoktól adatokat is igényel. Az ország területén a nemzetbiztonsági szolgálatok, valamint a rendőri szervek végzik a bűnüldözési tevékenységet, a külföldi bűnüldöző szervekkel karöltve.

Kiemelt szerepet játszik ebben az Információs Hivatal, a Nemzetbiztonsági Szakszolgálat, valamint a Terrorelhárítási Központ. [8] Az általános rendőri feladatok ellátására létrehozott szerv folytatja a törvényben meghatározott bűnüldöző tevékenységét. A Nemzeti Védelmi Szolgálat is szerephez juthat, hiszen feladatai között szerepel a rendvédelmi állomány védelme, így a védett állomány vonatkozásában végzett védelmi vagy felderítőtevékenysége során előfordulhat, hogy robbantásos bűncselekmény kerül hatáskörébe. Az Országos Idegenrendészeti Főigazgatóság mint rendőri szerv szintén szerepet játszik, hiszen a letelepedési és tartózkodási engedélyek elbírálása során a társszervekkel együttműködve az érintett személyeket ellenőriznie kell annak tekintetében, hogy jelenlétük veszélyt jelent-e az ország közbiztonságára.

BÜNTETŐJOGI SZABÁLYOZÁS HAZÁNKBAN

A Büntető Törvénykönyvről szóló 2012. évi C. törvény (a továbbiakban: Btk.) határozza meg azon elkövetési magatartásokat, amelyeket a törvény büntetni rendel. A törvényben több olyan bűncselekmény szerepel, amit robbanóanyagokkal, illetve robbantással lehet elkövetni.

A Btk. már a robbanóanyag, robbanószer vagy az ezek felhasználására szolgáló készülék engedély nélküli készítését, megszerzését, forgalomba hozatalát, tartásukra jogosulatlan személynek átadását, engedély nélkül vagy az engedély kereteit túllépve, az ország területére történő behozatalát, kivitelét vagy átszállítását is szankcionálja. A felsorolt cselekményeket elkövető személyek a Btk 324. §-ában meghatározott robbanóanyaggal vagy robbanószerrel visszaélés büntettét követik el.

A Btk. megjelöl olyan szándékosan elkövetett bűncselekményeket, amelyeknél az elkövetési magatartás robbantás szándékos előidézésével vagy azzal való fenyegetéssel valósul meg. Ebbe a kategóriába az alábbi bűncselekmények sorolhatók:

A Btk. 322. §-ába ütköző közveszély okozását – fókuszálva a robbantásra – az követi el, aki robbanás kiváltásával közveszélyt idéz elő, vagy a közveszély elhárítását, illetve következményeinek enyhítését akadályozza.

Ezzel szoros összefüggésbe hozható a Btk. 338. §-ában meghatározott közveszéllyel fenyegetés, amelynek elkövetője valótlan tény állításával, híresztelésével, olyan esemény bejelentésével fenyeget, amely közveszéllyel jár.

A Btk. 371. §-ában foglalt rongálást idegen vagyontárgy szándékos megsemmisítésével vagy megrongálásával történő károkozással lehet elkövetni. A törvényben minősítő körülményként szerepel a robbanóanyag felhasználásával történő elkövetés.

Súlyos, robbantással, vagy robbantással történő fenyegetéssel elkövetett bűncselekmény a Btk. 314. §-ába ütköző terrorcselekmény, amelyet az a személy követ el, aki

állami szerv, valamint más állam vagy nemzetközi szervezet kényszerítése, a lakosság megfélemlítése, más állam alkotmányos, társadalmi vagy gazdasági rendjének megzavarása, megváltoztatása vagy nemzetközi szervezet működésének megzavarása érdekében a törvényben meghatározott erőszakos, közveszélyt okozó vagy fegyverrel kapcsolatos bűncselekményt követ el, illetve anyagi javakat kerít hatalmába és azok visszaadását követeléséhez köti.

Figyelemre méltó az, hogy a törvény lehetőséget ad arra, hogy amennyiben az elkövető szándékától elállva, a tevékenységét a hatóság előtt felfedve megakadályozza a bűncselekmény elkövetését, illetve annak súlyos következményeit, büntetése korlátlanul enyhíthető. Ennek értelmében a terrorcselekmény előkészületi szakában az abban résztvevő személyek bármelyike előtt lehetőség nyílik arra, hogy elállva szándékától, a hatósággal együttműködve a bűncselekmény elkövetését megakadályozza. A jogalkotó szándéka szerint tehát fontosabb, hogy a súlyos bűncselekmény megíósuljon, mint az annak elkövetésétől elálló, a hatósággal együttműködő személy büntetőjogi felelősségre vonása iránti igény.

A robbanószerek vagy robbanóeszközök felhasználása során természetesen előfordulhatnak véletlenszerűen bekövetkezett, balesetszerű robbanások, illetve olyan esetek is, amikor a robbantást ugyan szándékosan követik el, de az arra vonatkozó biztonsági előírásokat nem tartják be, ezáltal a robbanás miatt a robbantó által nem szándékosan okozott rongálódás, személyi sérülés vagy halál, illetve közveszély következik be. Ilyen esetekben az alábbi bűncselekmények valósulhatnak meg:

A Btk. 165. §-ában foglalt foglalkozás körében elkövetett veszélyeztetés bűncselekményt az a személy követi el, aki foglalkozási szabály megszegésével más életét, testi ép-ségét, illetve egészségét veszélynek teszi ki. Ez a szakasz vonatkozik a lőfegyver, illetve a robbanóanyag felhasználása során bekövetkezett balesetekre is. Bár a bűncselekményt tipikusan nem szándékosan követik el, súlyosbító körülmény az, ha a vészhelyzetet szándékos magatartás idézi elő.

Emellett szintén gondatlan magatartással is elkövethető a Btk. 322. §-ában foglalt közveszély okozása is.

A fentebb felsorolt bűncselekményeken kívül még számos más bűncselekmény is elkövethető robbanóanyag felhasználásával, robbantással, vagy azzal való fenyegetéssel így különösen az alábbiak:

- emberölés, Btk. 160. §;
- jármű hatalomba kerítése, Btk. 320. §;
- lopás, Btk. 170. §;
- rablás, Btk. 365. §;
- kényszerítés, Btk. 195. §. [9]

VÉDELMI TEVÉKENYSÉG

Védett személyek és védett objektumok

A terrorista vagy egyéb bűnös célból elkövetett robbantásos cselekmények elleni védekezés egyik módja, hogy meghatározzuk a támadások lehetséges célpontjait és azok tekintetében a szükséges védelmi intézkedéseket megtegyük.

Kiemelt figyelmet érdemel az állam működése szempontjából a különösen fontos személyek és objektumok, valamint a kiemelt infrastruktúrák és a lakosság ellátása szempontjából fontos létesítmények védelme.

Zsúfolt helyek, tömegrendezvények védelme

Megfigyelhető, hogy az elmúlt bő két évtizedben Európában elkövetett terrorista cselekmények többnyire tömegközlekedési eszközökön, tömegrendezvényeken, a védtelen lakosságot támadták. A támadások hátterében a legtöbb esetben az Iszlám Állam „nyugati világ” elleni uszítása állt, a támadók az Iszlám Állam tagjai vagy annak követői voltak. A terroristák az eszközökben nem válogattak, követtek el robbantásokat, használtak löfegyvert, szúró- vagy vágóeszközt, illetve több alkalommal előfordult, hogy amikor gépkocsival a tömegbe hajtottak.

A fentebb kifejtettek tükrében kijelenthető, hogy a támadásra bárhol és bármikor számítani lehet. Ezért fontos a bevásárlóközpontok, sportrendezvények, tömegközlekedési eszközök, pályaudvarok, színházak, szállodák, oktatási vagy egészségügyi intézmények, tömegesen látogatott turisztikai látványosságok, koncertek, szabadtéri rendezvények helyszíneinek védelme.

Ezen helyszínek jellemzői, hogy egyidejűleg sok, esetenként több ezer fő van jelen és nincs, vagy gyenge a biztonsági protokoll.

Minden esetben szükségesnek látszik a felsorolt, és azokkal egy kategóriába eső helyszínek és események tekintetében kockázatelemzést végezni és biztonsági intézkedéseket bevezetni, annak érdekében, hogy az esetleges terrortámadás esélye csökkenjen, illetve annak bekövetkezte esetén gyors reagálással a károk csökkenthetők legyenek. Fontos a helyszínen tartózkodókat előzetesen tájékoztatni a figyelmeztető jelzések esetén követendő teendőkről, illetve szükséges a megfelelő menekülési útvonalak vagy vészkijáratok biztosítása.

Ahhoz, hogy a robbantásos cselekmények elleni védekezésünk hatékony legyen, meg kell ismernünk azokat a módszereket is, amelyekkel az elkövetők alkalmazznak cselekményeik végrehajtásában.

Épületek, létesítmények, illetve az azokban tartózkodó személyek ellen elkövetett robbantásos merényletek végrehajtását alapvetően az alábbi három módszerrel követhetik el:

- az elkövető valamilyen módon rejtett útvonalon jut be az épületbe, vagy szándékát leplezve, csomagjába vagy ruházatába rejtve, a biztonsági személyzet megtévesztésével juttatja be a robbanóeszközt az épületbe, ahol azt elhelyezi;
- erőszakos úton, akár járművel tör be az épület vagy létesítmény területére, ahol a robbanószerkezetet működésbe hozza (öngyilkos merényletekre jellemző);
- az épület vagy létesítmény közvetlen közelében helyezi el a robbanóeszközt, és robbantja fel (pl. gépkocsi vagy szemétkonténer).

A veszélyeztetett objektumok körül körkörösén akár több védelmi vonal is kialakításra kerülhet. Ez nemcsak épületek és létesítmények, hanem szabadtéri rendezvények esetén is alkalmazható.

A járművekkel történő erőszakos behatolások, vagy a védett terület közvetlen közelében járműbe helyezett robbanószerkezettel elkövetett támadás kiküszöbölhető, ha

a védendő területtől távolabb helyezkedik el a parkoló, illetve a gépjárműforgalmat a védendő terület közelében – a rendezvény idejére akár ideiglenesen – korlátozzák vagy tiltják. Ehhez alkalmazhatók például úttorlaszok, ideiglenes kerítések, betonelemek, betonvirágtartó ládák, illetve gépjárművek is. [10]

Sokat segíthet a biztonsági kamerarendszer kiépítése, amely a rendezvényen arcképazonosításra is alkalmas felvételeket képes rögzíteni.

A robbanóeszközök rejtett bejuttatását a terület őrzésével és a használaton kívüli helyiségek zárásával meg lehet akadályozni. A területre érkező forgalmat, különösen a beszállított eszközöket és az azokat szállító járműveket ellenőrizni kell.

Fontos a kiszolgáló személyzet (karbantartók, takarítók, büfészemélyzet stb.) ellenőrzése.

A beérkező postai küldemények ellenőrzését szintén szükséges elvégezni. Gyanúsak lehetnek a nem várt küldemények vagy azok, amelyeknek a feladója, illetve annak címe nincs feltüntetve. Emellett az aránytalanul nagy tömegű, aszimmetrikus küldemények esetén is fokozott figyelemmel kell eljárni. [11]

Egyes objektumok esetén szükséges lehet a veszélyeztetettség mértékével arányos személybeléptető rendszer kiépítésére, fémdetektoros kapuk és csomagvizsgáló röntgenkészülék alkalmazása.

ROBBANTÁSOS MERÉNYLETEK ELKÖVETÉSÉNEK ÚJ FORMÁI

A fentiekben röviden ismertettem a stacioner célpontok (védett objektumok, kiemelt infrastruktúrák, tömegrendezvények helyszínei stb.) ellen elkövetett robbantásos merényletek kivitelezésének lehetőségeit és az ezek ellen történő védekezési lehetőségeket.

A mozgó célpont elleni robbantásos merényletek elkövetése során a robbanószerkezetet a célpont által használt járműbe vagy annak útvonalára telepítik. Ez komoly körülményeket igényel, hiszen ennek megvalósításához az első esetben meg kell oldani az adott járműhöz való hozzáférést, a második esetén pedig ismerni kell annak útvonalát, illetve azt meg kell oldani, hogy az eszköz az „ideális” helyen és időpontban lépjen működésbe, tehát azt meg kell figyelni.

A robbanószerkezetek célba juttatásának újabb módszere lehet a kereskedelmi forgalomban is kapható használata, melyek többsége gyárilag is fel van szerelve kamerával, és típustól, mérettől függően, de több kilométeres hatótávolsággal bírnak. Mivel távvezérelt eszközökről van szó, a használó „biztonságos távolságról” vezérelheti azokat, miközben a drón által rögzített képet valós időben látja. A felhasználni kívánt robbanószerkezet tömegének megfelelő teherbírású drón a robbanószerkezetet így akár a célra ejtheti, vagy az eszközt „öngyilkos drónként” alkalmazva rávezethetik a célpontra.

Ilyen drónok előállítását ukrán egyetemeken szervezetteren, nagy számban készítettek és sikerrel alkalmazták az orosz–ukrán háborúban.

Polgári célú felhasználásra gyártott drón alkalmazásával már több esetben követtek el, illetve kíséreltek meg elkövetni támadásokat. 2015-ben Japánban, a miniszterelnöki hivatal tetejét egy radioaktív homokot szállító drón vette célba, 2019-ben pedig mérgező vegyi anyagot szállító drónnal terveztek támadást egy francia futballstadion ellen. 2018-ban Nicolas Maduro venezuelai elnök ellen, 2021-ben pedig Musztafa Al-Kadhimi iraki

miniszterelnök ellen kíséreltek meg robbantásos merényletet, sikertelenül. 2021-ben a tálibok robbanóanyaggal felszerelt drón felhasználásával követték el „sikeres” merényletet Píram Qult üzbgé hadúr ellen.

A drónok terrorista céllal történő felhasználása ellen 2017-ben, az ENSZ Biztonsági Tanácsa intézkedést kezdeményezett.

Több szervezet, köztük az ENSZ Terrorelhárítási Ügyvezető Igazgatósága (UNCTED), az ENSZ Kábítószer-ellenőrzési és Bűnmegelőzési Hivatala (UNODC), az ENSZ Leszerelési Kutatóintézete (UNIDIR), az Interpol és az Európai Bizottság közzétette a berlini memorandumot a pilóta nélküli légi rendszerek terrorizmusellenes felhasználásának tapasztalatairól.

Az Európai Bizottság 2022-ben véglegesítette az európai Drone Strategy 2.0-t, amely szabályozza a drónok műszaki paramétereit és használatuk engedélyezésének feltételeit. [12]

Az Amerikai Egyesült Államokban a Pentagon már 2017-ben egy 700 millió dolláros programot indított, amelyben civil drónellenes startup cégeket kerestek meg, akik – olyan nagy cégekkel versenyezve, mint a Boeing és a Raytheon – azon dolgoztak, hogy technológiát és taktikát dolgozzanak ki a drónnal elkövetett támadások megállítására. A Titkosszolgálat (USSS) már 2016-ban bejelentette, hogy megkezdik egy drónpajzs tesztelését a Fehér Házat körülvevő területen. A Szövetségi Légügyi Hatóság (FAA) és a Belbiztonsági Minisztérium (DHS) egyaránt aktívan fektet be olyan technológiába, amely lehetővé teszi a drónok észlelését a környező légtérben, és blokkolja a feléjük irányuló és felőlük induló rádiókommunikációt.

Az Országos Terrorelhárítási Központ (NCTC) aktívan együttműködik az állami és helyi rendészeti, valamint légiközlekedési hatóságokkal a kérdés tanulmányozása és a hatékony ellenintézkedések előkészítése érdekében. [13]

Magyarországon a pilóta nélküli állami légi járművek repüléséről szóló 38/2021. (II.2.) kormányrendelet szabályozza a drónok használatának feltételeit. A jogszabály meghatározza a kategóriákat, megköveteli az eszközök regisztrációját, használatukat vizsgáláshoz köti és megszabja a használat egyéb feltételeit. A törvény hatálya alól kivételt csak a játéknak minősülő, 120 g-ot nem meghaladó tömegű, kamerával és mikrofonnal nem felszerelt eszközök képeznek, amelyek a használatól legfeljebb 100 méterre távolodnak el.

A jogi szabályozás ellenére a drónok használata a bűnös célú robbantásos cselekmények elkövetésére továbbra sem kizárható, az ilyen jellegű támadások lehetőségével számolni kell, megakadályozásukra megbízható módszereket kell kidolgozni.

Már többféle megoldással kísérleteztek. Egyfajta módszer az, hogy a drón és az üzemeltetője közötti vezetékes nélküli kapcsolat megszakításával a drónt leszállásra kényszerítik, vagy az lezuhan. Az Amerikai Egyesült Államok Haditengerészetének megrendelésére a Lockheed Martin lézerfegyvert fejlesztett ki, amely a célpontot repülés közben is képes megsemmisíteni. Létezik ultrahangalapú módszer is, amely a rajokban érkező, kisebb méretű drónok ellen is hatásos.

Kifejlesztettek költséghatékonyabb megoldásokat is. Egyik lehetőség, hogy hálót lőnek ki a drónra, amely abba belegabalyodva, a hálóval együtt a földre zuhan. Ehhez a megoldáshoz az elfogni kívánt eszköznek a kilövőhely közelében kell lennie és viszonylag alacsonyan kell repülnie. Létezik olyan háló is, amelyet a levegőből, másik drónról indítanak és elég nagy teljesítményű ahhoz, hogy a kilövőszerkezetet, amelyhez hajtóanyag (pl. sűrített levegő, pirotechnikai eszköz) is szükséges, elbírja.

Egy litván drónépítő egy olyan elfogó Interceptor Drone néven ismert eszközt fejlesztett ki, amely a cél alá repülve, képes azt megfigyelni. Amennyiben a céltárgyról készített valós idejű felvétel alapján úgy értékeli, hogy az „gyanús terhet” cipel, négy rotorját felgyorsítja, amelyek felemelkedve leválnak és egy kevlárból készített hálót feszítve az elfogott drón köré, azt megállítják. Ezt követően az elfogóeszköz ejtőernyővel földet ér, majd újra felszerelhető és bevethető marad. [14]

Hasonló megoldás az Eagle One névre keresztelt drón, amely automatikusan száll az elfogni kívánt drón fölé, zsinórokat enged le, amibe az elfogott eszköz rotorjai beleakadnak, majd ezután az elfogott drónnal együtt a kívánt helyen leszáll. Az eszköz egyidejűleg két kisebb méretű céltárgy befogására is alkalmas.

Előnye az előző megoldáshoz képest, hogy a befogott eszköz nem zuhan le, hátránya, hogy csak kisebb méretű drónokat tud semlegesíteni. [15]

Az IED-k alkalmazásával kapcsolatban ugyancsak említésre méltóak a 2024. szeptember 17-én történt személyhívós (csipogós), és 2024. szeptember 18-án történt kézi adóvevős (walkie-talkie-s) robbanások. Az esetek azért is érdekesek, mert a robbanóeszközt egy állam által létrehozott titkosszolgálat alkalmazta egy terrorszervezet ellen, így a korábban ismert esetekhez képest fordított helyzet alakult ki. Az eszközök gyárilag készültek, azok rendeltetésszerűen is működtek. [3]

Az esetről a sajtó részletesen beszámolt. Eszerint Hasszán Naszrállah, a Hezbollah szervezet vezetője 2024 februárban utasítást adott személyhívó készülékek beszerzésére, mondván, hogy az izraeli titkosszolgálatok a mobiltelefonos kommunikációikat lehallgatják.

Ezt követően két hónappal vásárolták meg azokat a készülékeket, amelyek külföldön készültek, azonban az izraeli hírszerző ügynökség (Moszad) beavatkozása révén a készülékek akkumulátorába PETN (nitropenta) robbanóanyag volt elhelyezve.

A robbanások a fenti időpontokban egyidejűleg történtek Libanonban és Szíriában, amelyek legalább 42 ember halálát és kb. 3500 ember súlyos, többnyire maradandó sérülését okozták. Az elkészült jelentések szerint kb. 1500 Hezbollahhoz tartozó személy sérült meg, sokan a látásukat vagy valamelyik végtagjukat veszítették el. Emellett számos gyermek és idős személy is volt az áldozatok között. [16]

ÖSSZEGZÉS

A terrorizmus és a terroristák által elkövetett merényletek a világ bármely részét bármikor érinthetik. A terroristák eszközei közül a legfélelmetesebb a potenciálisan súlyos áldozatokkal és jelentős anyagi károkkal járó robbantásos cselekmény, amelynek talán leg súlyosabb hatása, hogy sokkot és riadalmat okoz a lakosságban, sorozatos elkövetések esetén tartós félelmet alakíthat ki. Ilyen esetekben az államhatalomba, illetve a rendvédelmi szervekbe vetett állampolgári bizalom meginoghat, az állam destabilizálódhat. A negatív hatások elkerülése érdekében szükséges a robbantással elkövetett bűncselekmények megelőzése, a bűncselekmény-sorozatok megszakítása, az ügyek gyors felderítése, az elkövetők kézre kerítése.

Az ilyen jellegű bűncselekmények megakadályozása érdekében nemzetközi együttműködések szükségesek. Az Európa területén elkövetett terrorcselekményekre az EU reagált,

fontos intézkedéseket vezetett be, amelyekkel igyekszik megakadályozni a terrrorszervezetek pénzügyi finanszírozásának lehetőségét, továbbá születtek olyan intézkedések is, amelyek a terrorcselekmények során felhasznált eszközökhöz történő hozzáférést nehezítik, valamint intézkedéseikkel más intézkedésekkel szab korlátot a radikalizálódást elősegítő szélsőséges eszmék, internetes közösségi médiafelületeken történő terjesztésének. Az EU-s intézmények és a tagországok hatóságai nemzetközi együttműködés keretében nyilvántartást vezetnek a terrrorszervezetekről, illetve hozzájuk köthető személyekről, valamint egyéb nyilvántartások alkalmazásával, mint például a Schengeni Információs Rendszer és a légitársaságok utasadat-nyilvántartása, figyelemmel követik mozgásukat, szükség esetén elfogásra kerülnek, illetve megakadályozzák a területre történő belépésüket.

A magyarországi nemzetbiztonsági szolgálatok és a rendőri szervek egymással és a külföldi társszervekkel együttműködve ebben a tevékenységben aktívan részt vesznek.

A robbantásos cselekmények megelőzése és felderítése érdekében fontos továbbá azok büntetőjogi szabályozása, szankcionálása, emellett a fenyegetettség felmérése, valamint az ilyen jellegű bűncselekmények elkövetésével fenyegetett objektumok, helyszínek fizikai védelme és a biztonságos beléptető rendszerek alkalmazása.

Írásomban kitértem a drónok bűnös célú felhasználásának veszélyeire, hiszen ezek az eszközök többnyire távirányítható és kamerával felszerelt állapotban kerülnek kereskedelmi forgalomba, gyorsan mozognak és veszélyeztetett területre történő berepülésük megakadályozása nehézkes, így „ideális” eszközök lehetnek a robbantásos vagy más jellegű merényletek elkövetéséhez. Ismertettem továbbá néhány intézkedést és már alkalmazott, vagy alkalmazható módszert a bűnös célú felhasználásuk megakadályozására.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Wikipedia. (n.d.). *Robbantásos merényletek Magyarországon*. Retrieved Online: https://hu.wikipedia.org/wiki/Kateg%C3%B3ria:Robbant%C3%A1sos_mer%C3%A9nyletek_Magyarorsz%C3%A1gon
- [2] Kovács, Z. (2012). Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2).
- [3] Daruka, N. (2013a). Bombers, wires and explosives Part I.: Death within a reach. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23(2), 73–80.
- [4] Daruka, N. (2013b). Bombers, wires and explosives Part II.: Death arrives with us. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23(2), 64–72.
- [5] Daruka, N. (2013). *A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzszerész feladatok ellátására* [Doktori (PhD) értekezés].
- [6] Lukács, L. – Mueller, O. (1994). *Házilagos készítésű robbanóanyagok és robbantószerkezetek: Jegyzet a Rendőr Szakközépiskolák hallgatói számára*. Budapest: ORFK Oktatási és Kiképző Központ.
- [7] Council of Europe. (n.d.). *EU response to terrorism: Prevention of radicalisation*. Retrieved Online: <https://www.consilium.europa.eu/en/eu-response-to-terrorism/#group-section-Prevention-of-radicalisation-zqSezCeRkw>
- [8] Szalkai, L. (2022). A magyar rendvédelmi tűzszerészet rövid története 1945-től a Terrorrelhárítási Központ megalakulásáig. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(2), 55–65.
- [9] 2012. évi C. törvény a Büntető Törvénykönyvről. (2012).

- [10] Berente, Z. (2023). *Katonai rendeltetésű robbanótestek felderítésének lehetőségei a terrorista merényletek tükrében* [Szakdolgozat].
- [11] Jasenszky, N. (Ed.). (2019). *Terrorelhárítási Központ: Mindennapi biztonság*.
- [12] Vision of Humanity. (n.d.). *Preventing terrorists from using emerging technologies*. Online: <https://www.visionofhumanity.org/preventing-terrorists-from-using-emerging-technologies/>
- [13] Airsight. (n.d.). *Drones are a looming domestic terrorism threat*. Online: <https://www.air sight.com/blog/drones-are-a-looming-domestic-terrorism-threat/>
- [14] Gizmodo. (n.d.). *Quadcopter shoots down other drones with own propellers*. Online: <https://gizmodo.com/quadcopter-shoots-down-other-drones-with-own-propellers-1848817743>
- [15] Rakéta.hu. (n.d.). *Egyszerre két drónt is képes elfogni egy oktokopter, majd zsákmányként magával is viszi őket*. Online: <https://raketa.hu/egyszerre-ket-dront-is-kepes-elfogni-egy-oktokopter-majd-zsakmanykent-magaval-is-viszi-oket>
- [16] Wikipedia. (n.d.). *2024-es libanoni személyhívó-robbanások*. Online: https://hu.wikipedia.org/wiki/2024es_libanoni_szem%C3%A9lyh%C3%ADv%C3%B3-robban%C3%A1sok

PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK KÜLFÖLDI TŰZSZERÉSZ-TEVÉKENYSÉG SORÁN TÖRTÉNŐ ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI¹

Süveges István²

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles (UAV), commonly known as drones, are playing an increasingly significant role in military explosive ordnance disposal (EOD) operations, especially during foreign missions. Based on the practical experience of the Hungarian Defence Forces' 1st Explosive Ordnance Disposal and River Flotilla Regiment and the applicable regulatory framework, this article presents how these devices support the safe reconnaissance of areas, buildings, vehicles, and hideouts that may contain explosive devices. The use of drone technology enhances operational efficiency, enables faster decision-making, and reduces personnel risk. Drones not only improve the effectiveness of information gathering but also complement EOD robots effectively, thus contributing to the safety and technical readiness of military operations.

Keywords: EOD operations, drone technology, UAV, Hungarian Defence Forces, reconnaissance, military missions, EOD robots

ÖSSZEGZÉS

A pilóta nélküli légi járművek (UAV), vagyis drónok egyre fontosabb szerepet töltenek be a katonai tűzszerészeti műveletek során, különösen külföldi missziókban. A Magyar Honvédség 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezredének gyakorlati tapasztalatai és a drónhasználatot szabályozó keretrendszer alapján a cikk bemutatja, hogyan segítik elő ezek az eszközök a robbanásveszélyes területek, épületek, járművek és rejtékhelyek biztonságos felderítését. A dróntechnológia alkalmazása növeli a műveletek hatékonyságát, gyorsabb döntéshozatalt tesz lehetővé és csökkenti a személyi kockázatot. A drónok nemcsak az információgyűjtést teszik eredményesebbé, hanem hatékonyan egészítik ki a tűzszerészrobotokat, így hozzájárulva a katonai műveletek biztonságához és technikai felkészültségéhez.

Kulcsszavak: tűzszerészeti műveletek, dróntechnológia, UAV, Magyar Honvédség, felderítés, katonai missziók, tűzszerészrobotok

BEVEZETÉS

Napjainkban már rendkívül széles körben alkalmaznak pilóta nélküli légijármű-rendszereket, azaz UAS-eket³ a világon – ezeket röviden drónoknak hívjuk. A világ hadseregei számos típusú, célú és felszerelésű drónt használnak. [1] A Magyar Honvédség sincs lemaradva

¹ Possibilities for the Use of Unmanned Aerial Vehicles in Eod Operations

² Robbantástechnikai szakember (Óbudai Egyetem BGK FKK); e-mail: suveges.istvan@gmail.com; ORCID: 0009-0006-6565-1308.

³ UAS – Unmanned Aerial System

a technikai fejlődésben. [2] A Magyar Honvédség 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezrede is folyamatosan beépíti a technikai eszköztárába a UAV-ket.

Jelenleg ezen technikai eszközöket alkalmazzuk belföldi tűzszerész-tevékenységek tekintetében és folyamatos az útkeresés, hogyan tudnánk ezeket a külföldi missziós területen végzett tevékenységek vonatkozásában is a lehető legjobban beépíteni eszköztárunkba.

A TŰZSZERÉSZMŰVELETEK FELOSZTÁSA

A tűzszerésműveleteket feloszthatjuk belföldön és külföldön végzett tűzszerésműveletekre. Ezeket a Magyar Honvédség tűzszerész szabályzata 1. és 2. része szabályozza pontosan.⁴

Műveleti tevékenységeink körébe tartozik a közszolgálati tűzszerészeti mentesítés, amely nemcsak a második világháború során kilőtt, felhasznált vagy visszamaradt hadianyagok felkutatására, azonosítására, hatástalanítására és az összegyűjtött robbanótestek megsemmisítésére terjed ki, hanem a fel nem használt, illetve szavatosságukat veszített hadianyagok robbantással vagy más módszerrel történő megsemmisítésére is. Ide tartozik továbbá a robbanótestek hatástalanítása különböző speciális technikai eszközök és berendezések – például vizesvágók – alkalmazásával, a saját erők, valamint az ország területére települt szövetséges erők fegyveres gyakorlataihoz kapcsolódó biztosítási feladatok ellátása, illetve igény szerint, szolgáltatási szerződés keretében és díjfizetés ellenében végzett tűzszerészeti mentesítőtevékenység is. Emellett nemzetközi felkérések alapján kiképzési tevékenységet és szakmai támogatást is nyújtunk. Nem utolsósorban ide tartoznak a saját állomány részére, kiképzési tevékenység keretében végrehajtott gyakorlatok is, amelyek hozzájárulnak a szövetséges erők részére történő felajánlásokra való szakmai felkészüléshez, valamint a képességek fejlesztéséhez és szinten tartásához.

Belföldön végzett tűzszerész-tevékenységek:

- tűzszerész-szakfeladat végrehajtása során történő alkalmazás;
- felkérésre, anyagi ellentételezés fejében történő területmentesítés során történő alkalmazás;
- löterek és gyakorlóterek területének mentesítése során történő alkalmazás;
- saját gyakorlatok megfigyelése oktatási és kiképzési célból.

A külföldön, nemzetközi békefenntartó-missziós tevékenység és nemzetközi együttműködés tekintetében látunk el feladatokat. Aktív háborús zónában harci tevékenységet az alakulat jelenleg nem lát el. A külföldön végrehajtott műveleteink jogszabályi hátterét, a belföldi szabályozással kiegészülve az alábbi jogszabályok és szabályozások alkotják: az 1999. évi I. törvény a Magyarországnak az Észak-atlanti Szerződéshez történő csatlakozásáról és a Szerződés szövegének kihirdetéséről, valamint a NATO STANAG-ok, különös tekintettel az AJP-3.15 (C) Allied Joint Doctrine For Countering Improvised Explosive Devices-re és az, AJP-3.14 Allied Joint Doctrine For Force Protection-re, valamint az ATP-3.12.1.2 Allied Tactical Doctrine For Military Search Training Requirements-re [3].

⁴ A szabályzatok elérhetők a MH Központi Doktrinális Adatbázis (MH KDAB) portálon.

A békefenntartó-missziós tevékenység körébe tartozik az ezred IEDD-képességgel⁵ rendelkező katonáinak tevékenysége. Ennek keretében a tűzszerész-felderítés, a terület-mentesítés, az improvizált robbanóeszközök elleni harc, a vegyi- radiológiai- és biológiai harcanyagok elleni védekezést hajtják végre. Emellett a békefenntartó tevékenység részeként a nemzetközi együttműködés keretében történő részvétel is hangsúlyos, amely magában foglalja a nemzetközi gyakorlatokon való megjelenést, a közös gyakorlatozást, a tapasztalatcserét, valamint a kiképzési tevékenységeket is. Ez magában foglalja a tábor őrizetét, a beléptetés támogatását, a belépési pontok ellenőrzését, a konvojok részére történő tűzszerész-biztosítást – úgymint a konvoj tagjaiként közvetlenül, illetve közvetett módon, központi kirendelés alapján, készenlétben. Ide tartozik továbbá a megvalósult robbantásos cselekményeknél történő hadszíntéri helyszínelő képesség alkalmazása, valamint egyéb olyan előjárói utasításra történő feladatvégrehajtás, amely során IEDD-tűzszerész-képesség alkalmazására kerül sor. [4]

Külföldi missziós tevékenységek során IED-fenyegetett környezetben alkalmazzuk a pilóta nélküli légi járműveket. Az IED-fenyegetett környezet azt jelenti, hogy olyan területen kell feladatot végrehajtunk, ahol IED-alkalmazásra, -használatra fel kell készülnünk, mert az azzal elkövetett támadás esélye reálisan várható, vagy már következett is el ilyen incidenst. Ezeket az eszközöket kizárólag felderítésre, adatgyűjtésre, tehát nem a harc megvívására használjuk, azaz csak képalkotó és érzékelő eszközökkel vannak felszerelve jelenleg, nincsenek semmilyen fegyverzettel ellátva. [5]

Azon esetek és tevékenységek, illetve képességek, amikor ezeket az eszközöket alkalmazhatjuk:

- WIT⁶ (hadszíntéri helyszínelés);
- veszélyes pontok és területek átvizsgálása;
- izolációs doboz végrehajtása;
- Incident Control Point átvizsgálása;
- útvonal-átvizsgálás;
- terület-, rejtékhely-átvizsgálás;
- gépjármű-átvizsgálás;
- épületátvizsgálás.

Ezen esetekben célszerű alkalmazni a drónt, amelynek érzékelői, képalkotásra, videofelvétel készítésére és tárolására alkalmas eszközei növelik a biztonságunkat, könnyítik a munkánkat és támogatják a későbbi feladatvégrehajtást a tárolásra kerülő adatok elemzésével. A továbbiakban ezeket tárgyalom részletesen.

WIT – HADSZÍNTÉRI HELYSZÍNELŐ CSOPORT

A WIT betűszó a Weapons Intelligence Team rövidítéséből áll össze. „Fő feladatuk a műszaki és taktikai hírszerzési és törvényszéki potenciális bizonyítékok összegyűjtése, elemzése, összevetése és terjesztése a felhasználás céljából” IED-események vonatkozásában. [6]

⁵ IEDD – Improvised Explosive Device Disposal – improvizált robbanószerkezetek semlegesítése (képesség).

⁶ Weapons Intelligence Team – Hadszíntéri Helyszínelő Csoport.

Az IED-incidensek helyszínén ezen információk összegyűjtése céljából először jelennek meg, a tűzszerészek után. Alapképességeiket tekintve lehetnek „csak” ilyen jellegű speciális képességgel, szakismeretekkel és felszereléssel rendelkező szakemberek, vagy lehetnek más alapfeladattal rendelkező és ilyen feladattal megbízott katonák is, pl. tűzszerész szakemberek WIT-tevékenységre kiképezve.

A tűzszerészképesség részét képező drón alkalmazása ebben az esetben úgy valósulhat meg, hogy először az egész helyszín fölé repülünk, olyan magasságban, amely magasságban egy átfogó képet kapunk a helyszínről. A helyszínnek sokfélesége miatt a következő lépés az aprólékos feltérképezés, a fényképezés és videórögzítés lehet, amely során a drón képkalkáló eszközeivel a lehető legaprólékosabb módon, nagy részletgazdagságú videó- és fényképfelvételek készítésével rögzítjük a helyszínen található tárgyakat, dolgokat, eszközöket, anélkül, hogy azokban kárt tennénk, de még azelőtt, hogy odamennénk. Ez azért fontos, mert ha esetleg van másodlagos, robbanásra képes eszköz, akkor azt még azelőtt felderítjük, mielőtt még személyesen, fizikailag a közelébe mennénk, így meg tudjuk hozni a megfelelő intézkedéseket. Vigyázni kell arra, hogy a légi járművünk lapátjai által keltett légmozgások semmilyen elmozdulást ne okozzanak, illetve semmit se kavarnak fel és fújjanak el. Ez azért fontos, mert a nyomokat és anyagmaradványokat károsíthatják, így az egész helyszínelési folyamat eredményességét veszélyeztethetjük, illetve, ha van másodlagos IED, akkor azt nehogy működésbe hozzuk vele. A tényleges tevékenységre rendelkezésre álló szűkös időhatárokról való tekintettel, az állomány szinte teljes körű igénybevétele és az ellátandó feladatok miatt a drónoperátor-tevékenység nem elsőrendű, hacsak nem nélkülözhetetlen a helyszín jellemzői, illetve a fentről készült légifelvételek fontossága miatt. Ha a földfelszínen történt a robbantás, akkor a keletkezett kráter milyenségét, a keletkezett kráter tulajdonságait, a repedések irányát, alakját, valamint a repeszek kiszóródását és kirepülését, repülési sugarát a fentről történő rögzítés alapján értékelhetjük, melyből levonhatóak azok a következtetések, amelyek a későbbi nyomozás vagy más tevékenység, akció végrehajtásához szükségesek. Vannak bizonyos átvizsgálási technikák (spirális, szektoros, zóna), amelyeket ekkor is alkalmazhatunk a parancsnok elhatározása szerint.

VESZÉLYES PONTOK ÉS TERÜLETEK ÁTVIZSGÁLÁSA

Általánosságban a veszélyes pontokat és területeket az alábbi három logikai összefüggés alapján azonosíthatjuk:

- a terület;
- az ellenség műveleti szándékai;
- az ellenség képességei.

A terület, amelyen tevékenységünket kifejtjük, alkalmas-e arra, hogy ott improvizált robbanószerkezettel támadást hajtsanak végre? Az ellenségnek szándékában áll-e IED-támadást végrehajtani? Az ellenség birtokában van-e annak a technikának, technológiának, tudásnak, amelynek birtokában képes végrehajtani egy ilyen támadást?

Ha mindhárom kérdésre igen a válasz, akkor a területet feltételezhetően veszélyes pontként vagy veszélyes területként azonosíthatjuk. Ezután a terület és pont azonosításának folyamatát, logikai menetét egy öt betűből alkotott betűszóval fejezhetjük ki:

- **C** – Channeling – terelés, szűk helyek, pontok, területek, csatornázottság;
- **A** – Aiming – célzópontok, -helyek;
- **G** – Ground signs – telepítésre utaló jelek;
- **E** – Environment – környezet;
- **S** – Setting patterns – sablonosság, korábbi minták követése.

A csatornázottság fogalma arra utal, hogy az úton haladó konvoj egy előre nem látható probléma miatt csak egy útvonalon tud továbbhaladni, mert minden más út el van zárva vagy nagy idővesztést okozna arra folytatni az utat – így csak egyetlen észszerűnek tűnő választás marad. Ezt használják ki egy támadás végrehajtására, mivel biztosak benne, a konvoj arra fog haladni.

A célzópontok és -helyek esetében olyan szemmel látható és távolról jól azonosítható tárgyak, jelek, jelzések vannak elhelyezve, amelyek segítenek az elkövetőnek egy támadás végrehajtásában, azáltal, hogy a pontok előtti, közötti elhaladás során nyomon tudják követni a járműveket, így megfelelő időzítéssel pontosan az előre meghatározott személyt, csoportot, gépjárművet tudják megtámadni.

Hét telepítésre utaló jel van:

- színváltozás;
- bolygatás;
- lenyomódás;
- szabályosság;
- áthelyezés;
- szemetelés;
- jelek, jelzések. [7]

Kiemelt jelentőséggel bír a sablonosság kérdése. Kerülnünk kell a kiszámíthatóságot, a konvojmenetet pedig ennek megfelelően kell tervezni, szervezni és irányítani. Ne induljon és haladjon ugyanazon séma szerint ugyanabban az időben és helyen. Változtasson a bevett szokásokon, kerülje a megszokást.

A fentiek alapján a további veszélyes pontokat azonosíthatják:

- korábbi helyszínek (hot spots);
- gázlók, hidak, átereszek;
- feltúrt laza út/föld;
- éles útkanyarulat, ahol lassítanunk kell, egyéb lassító pontok;
- szűk pontok;
- illetve, amit a parancsnok annak nyilvánít.

A drónoperátor tevékenységét a megelőző 0/5/25 eljárás⁷ és biztosítás után kezdi meg a parancsnok utasításainak megfelelően. Ezeket a pontokat légi jármű alkalmazásával többféle módon tudjuk megvizsgálni. Vagy közvetlenül rárepülünk, és a parancsnok által már előre kijelölt tereppontokat, tereptárgyakat, területet megnézzük, átvizsgáljuk IED-telepítési jel, célzójel vagy egyéb más gyanúsak tűnő eltérés után kutatva, vagy egy

⁷ Katonai védelmi eljárás, mely arra épül, hogy a gépjárműből kiszállva, vizuálisan átvizsgálva a gépjármű 25 méteres körzetét, biztonságos területet képez a katona.

általunk választott vagy a parancsnok által meghatározott rendszer szerint szisztematikusan lerepüljük az egész meghatározott területet. Ez a rendszer lehet:

- spirális: külső spirál felől középpont felé haladva, vagy az origó felől a külső spirál felé haladva egy menetben a teljes területet;
- szektoros: amikor a teljes helyszínt egy meghatározott rácsszerkezet szerint négyzethálósan részeire bontjuk, az így létrejött szektorokat egyesével lerepüljük;
- zóna: amikor csak egy konkrétan kijelölt térrészt vizsgálunk át alaposan és a többi részét a helyszínnak figyelmen kívül hagyjuk;
- Isobox⁸ kijelölt határvonalak mentén négyzet alakban körbe repülni az adott helyszínt. [8]

Ezeket végrehajthatjuk egy magasságban vagy változó magasságban. Fontos, hogy minden olyan területet, térrészt nézzünk meg, fényképezzünk le, vegyünk fel videóra, ami fontos lehet. A későbbi tervezéskor kinagyíthatóak lesznek a képek, visszajátszhatók a videók, és ennek függvényében tudja a parancsnok a tevékenységet szervezni, tervezni: el tudja dönteni, szükséges-e újabb repülés, vagy már más technikát alkalmaz, vagy megfelelő a terep és biztonságosan át lehet haladni ott.

INCIDENT CONTROL POINT KIALAKÍTÁSA

Azt a helyet, területrészt hívjuk *incident control point*nek, röviden ICP-nek, ahonnan a kirendelt vagy a konvoj részét képező tűzserézsraj a tevékenységét biztonságosan végre tudja hajtani, azaz intézkedik az IED incidens vonatkozásában. Az ICP elhelyezkedését a kialakított kordonon belül az IEDD raj parancsnoka határozza meg, annak figyelembevételével, hogy a lehető leghatékonyabban tudja kifejtetni tevékenységét, illetve a legbiztonságosabb a feladatvégrehajtás. A terület attól lesz biztonságos, hogy azt előzőleg a tűzserézsraj saját magának a rendelkezésre álló eszközeivel megfelelően átvizsgálta. Ezt általában kézi hadszíntéri fémkereső eszközzel végzi el. A 4C végrehajtása és a 0/5/25 eljárás után a tűzserézsraj is felveszi álláspontját, kialakítja a biztonságos munkakörnyezetet magának. Innen hajtja végre a pozitív tűzserész-tevékenységét. A pozitív tűzserész-tevékenység azt takarja az improvizált robbanóeszközök vonatkozásában, hogy olyan mozzanat kerül végrehajtásra, amely a robbanóeszköz teljes szétválasztásával, egyes részegységeinek leválasztásával, működésképtelenné tételével jár. Ezt korábban már említettem: a távoli, féltávoli vagy manuális technikák alkalmazása részben.

ÚTVONAL-ÁTVIZSGÁLÁS

Útvonal-átvizsgálás vonatkozásában ugyanúgy kell eljárni, mint a veszélyes pont átvizsgálásnál, azzal a különbséggel, hogy egy utat kell teljes meghatározott hosszában és szélességében átnézni. Feladatvégrehajtásunk lehet előre eltervezett, illetve kirendelés alapján IED-esemény következtében, illetve konvoj részeként is végezhetjük ezt.

⁸ Isobox – isolation box – elhatárolt terület, amelyben a veszélyes pont, hely, eszköz található.

Az útvonal és a környezet tulajdonságainak függvényében tudjuk végezni a feladatunkat. A drónt tereptípusoktól függően tudjuk alkalmazni, amelyek lehetnek: nyílt terep, félig fedett, fedett, illetve városi beépített terület, amelyen keresztül olyan út fut, amely kevésbé kiépített, így az abban való IED-alkalmazásra jelentős esély mutatkozik az elkövetők részéről. Különböző magasságokból és különböző nagyítási módokat és optikai eszközrendszereket tudunk használni. Olyan logikai sorrenddel kell ezt végrehajtani, ami lehetővé teszi az útvonal teljes körű és alapos átvizsgálását. Először felrepülünk nagyobb magasságba, ahonnan egy áttekintő képet kapunk úgy, hogy az átvizsgálandó utat, terepszakaszt teljes terjedelmében átlátjuk. Ekkor jellemzően célzó-, irányzó- és indítópontokat keresünk, amelyeket az ellenség a terep lehetőségeinek figyelembevételével kihasználhat. [8] Aztán az utat és a környező területet a következő felosztás szerint vizsgálhatjuk át:

- út szélei mellett található területek;
- az út teljes terjedelmében;
- az út forgalmi sávjai, vagy az út két részre osztva.

Az út menti területek átvizsgálása során különös figyelmet kell fordítani minden olyan tereptárgyra és növényzetre – mint a rézsűk, mezsgyék, útpadkák –, amelyek az útszakaszt határolják. Ezeket a lehető legalaposabban kell átvizsgálni, amennyire az adott körülmények engedik. Lényeges szempont, hogy az út szélét mindig részben bevonjuk a látómezőbe, hogy biztosítsuk a megfigyelési átfedéseket. Ezen a szakaszon ugyanúgy célzó- és indítópontot, illetve olyan telepítésre utaló jeleket, amelyek már IED-komponensekre utalhatnak. A növényzet különös jelentőséggel bír, mivel az elkövetők gyakran a fákra vagy bokrokra is elhelyezhetnek eszközöket. Ezeket a levegőből, drón segítségével sokkal hatékonyabban észlelhetjük, mivel a magasból más látószögeket tudunk alkalmazni, mint a gyalogos megfigyelők, hiszen alapvetően az elkövető célja az, hogy az úton való haladás közben maradjon észrevétlen az eszköze. A levegőből teljesen más látószögeket alkalmazva, könnyebben felderíthetők ezek az eszközök, ebben az esetben a növényzet sűrűsége szab(hat) határt a repülésünknek, ilyenkor fokozott óvatosság szükséges a repülőeszköz épségének megóvása érdekében. [9] Fontos figyelembe venni az időjárási tényezőket, körülményeket is, nehogy az időjárás szélsősége, vagy más időjárási tényezők következtében a repülőeszköz megsérüljön.

Az út átvizsgálása során először célszerű keresztül repülni az egész útszakaszon. Itt is fontos az átfedés, így az út mentén elhelyezkedő szakasznak is látszódnia kell kameránkon. Az út teljes hosszúságú átrepülése során célunk, hogy átfogó képet kapjunk a területről és jegyzeteket készítsünk az esetlegesen észlelt gyanús tényezőkről. Ezt követően – amennyiben az út kialakítása lehetővé teszi – célszerű az utat forgalmi sávokra bontva, vagy legalább két részre osztva átvizsgálni. Erre azért van szükség, mert nem biztos, hogy tudunk olyan optikai nagyítással dolgozni, amellyel az út egészén sikerrel fel tudjuk deríteni a telepítési jeleket, így nagyobb nagyítással, a területet részekre osztva eredményesebb a felderítés.

Kiemelten fontos, hogy a drón sebességét úgy válasszuk meg, hogy az a lehető legalaposabb megfigyelést tegye lehetővé, de még biztonságosan tudjuk kezelni a drónt a körülöttünk lévő tereptárgyak figyelembevételével. A feladatvégrehajtás során nem szabad kapkodni; a parancsnok által meghatározott időkeretet, valamint az akkumulátor kapacitását is a lehető legoptimálisabban kell kihasználni. Ezáltal csökkenthetjük a balesetek, illetve a váratlan események kockázatát.

TERÜLETÁTVIZSGÁLÁS

A területátvizsgálás célja lehet egy adott térség részletes felderítése egy későbbi műveleti tevékenység előkészítésére, vagy annak megállapítására, hogy az adott helyszínen feltételezhető-e IED jelenléte, illetve található-e annak rejtését szolgáló objektum (caché). Előfordulhat, hogy már rendelkezésünkre áll információ az IED pontos helyéről, de a tényleges felderítő és feltáró manőverek megkezdése előtt elengedhetetlen annak vizsgálata, hogy a beavatkozás biztonságosan végrehajtható-e. Ezen feladatok végrehajtása arra, irányul, hogy a lehető legalaposabban átvizsgáljuk a területet, a rendelkezésre álló erőforrásaink és időnk legoptimálisabb beosztásával. Ezelőtt már a kötelező tevékenységeket, mint 4C, 0/5/25 eljárás, ICP felállítás, már elvégeztük.

A rejtekhelyek típusai a következők:

- rövid távú;
- hosszú távú;
- tranzit.

Ezek elnevezése is mutatja, hogy melyiket mennyi időre veszik igénybe a pokolgépet alkalmazó személyek.

A felderítés metodikája lehet a következő:

- nagy magasságból a terület teljes áttekintése;
- Isobox végrehajtása a terület körül;
- az áttekintés során megjelölt referenciapontok, területetek átvizsgálása, felderítése;
- a többi, addig nem vizsgált terület átvizsgálása.

A parancsnoknak előzetesen már lesz információja arról, hogy milyen területet kell átvizsgálni, ennek megfelelően szervezi és irányítja majd tevékenységünket. Az első lépés itt is egy magasból végzett, áttekintő megfigyelés, hogy a parancsnok a látottak figyelembevételével meg tudja határozni azokat a pontokat, tereptárgyakat, azaz referenciapontokat, amelyeket alaposabban is át kell vizsgálni először.

A referenciapontok fajtái:

- állandó;
- feltűnő;
- nem szokványos.

Az állandó lehet az, amely a terepen mindig jelen van, vagy már viszonylag régóta ott lehet. A feltűnő, amely, ha hirtelen rátekintünk a képre, odacsalsa a szemünket. A nem szokványos pedig az, amikor ránézünk a területre, és valami ok folytán nem illik a képbe. Itt rejtésre alkalmas helyeket keresünk, vagy olyan jeleket, amelyek arra utalnak, hogy itt feltehetően el van rejtve valami. Ez segít a parancsnoknak, hogy később a gyalogos átvizsgáló katonák számára is útvonalat jelöljön ki, amelyen majd megközelítik a szükséges eszközeikkel az átvizsgálendő pontokat. Ezt követően megszabja az Isobox végrehajtásának pontos menetvonalát.

A kijelölt pontok átvizsgálást olyan módon kell végrehajtani, hogy nemcsak a tereppontokat, helyeket nézzük át, hanem azt az útvonalat is körülbelül 2-3 méter szélességben, amelyen az átvizsgáló katonák majd eljutnak oda, illetve a helyek környezetét is

körülbelül 5 méteres szélességben. Ezt azért tegyük meg, mert így tudunk majd biztosítani a katonáinknak egy zónát, amely feltehetően biztonságos. Ezért itt telepítési jeleket, IED-komponenseket, illetve egyéb olyan csapdákat, veszélyes tényezőket keresünk, amelyek arra utalhatnak, hogy ha fel is fedtünk egy rejtékhelyet, annak a megközelítése hogyan lehetséges, hogyan biztonságos, vélhetően milyen robbanóeszközökkel lehet biztosítva az elkövető részéről.

Ezután kerül sor azoknak a terepszakaszoknak az átvizsgálására, amelyek az előző lépések során még nem kerültek feldolgozásra, de csak abban az esetben, ha az időkeret ezt lehetővé teszi.

GÉPJÁRMŰ-ÁTVIZSGÁLÁS

Gépjármű-átvizsgálást pilóta nélküli légi járművel végezhetünk saját, szövetséges jármű vagy ismeretlen/ellenséges jármű vonatkozásában. Saját/szövetséges jármű vonatkozásában azért, mert sérült: konvojunk, amelynek éppen részét képezzük, kapott egy ellenséges csapást és megsérült a gépjármű, illetve annak személyzete és a benne utazók nem válszólnak semmilyen hívásra, vagy már korábban egy saját/szövetséges járművet támadás ért és ezért kirendelték minket.

Ismeretlen vagy ellenséges járművet azért vizsgálhatunk át, mert:

- ismeretlen jármű, amelyben nem tudjuk, van-e elhelyezve robbanóeszköz;
- ellenséges vagy ismeretlen jármű, amelyben előzetes információk szerint van elhelyezve valahol IED.

VBIED-ként⁹ használt gépjármű, amellyel sikerült elkövetni merényletet, vagy éppen nem robbant fel és kirendelték az EOD csoportot

Gépjármű-átvizsgálás vonatkozásában a szektoros rendszer, ami célravezető lehet. A gépjárművet és annak környezetét szektorokra osztjuk, amelyeket egy logikai lánc mentén végignézünk. Fontos, hogy először azt a területet nézzük át, amelyen majd az átvizsgáló katonák megközelítik a járművet, aztán a gépjárművet körülvevő területet 5 méteres körben, hogy mennyire biztonságos. Ezt követően a gépjármű fölé kell repülni, hogy a gép optikai eszközének közepén, a célkeresztben a jármű legyen, és úgy megvizsgálni a környezetét a járműnek. Ezután körbepötyöljük a gépjárművet, hogy kapjunk róla egy áttekinthető képet, ezután jön a szektoros átvizsgálás. Ügyeljünk arra, hogy lehetőség szerint a lehető legalaposabban vizsgáljuk át. Az ablakokon betekintve, az optikai eszközök széles skáláját és összes nagyítási lehetőségét kihasználva derítsük fel. Nézzünk be a gépjármű alá is, ott is végezzünk minél alaposabb felderítést, mert rejtésre a lehető legjobb lehetőséget a gépjármű alja kínálja. Ilyenkor vezetékeket, oda nem illő, felhelyezett tárgyakat, dolgokat keresünk, támadás esetén sérültek, túlélőkre utaló jelek után kutatunk. [10]

Meg kell jegyezni, hogy az alkalmazás itt sajnos korlátozott lehet, mert vannak olyan területei, részei a gépjárműveknek, amelyeket a gép fizikai tulajdonságaiból fakadóan nem tud megnézni: burkolat alatti részek, különösen az ülések alatti részek, illetve a gépjárművek alja, az alváz alsó része egy bizonyos hasmagasság alatt.

⁹ VBIED – vehicle-born IED – jármű által szállított IED.

ÉPÜLETÁTVIZSGÁLÁS

Egy épület átvizsgálása mindig nagy veszélyeket rejt magában, hisz soha nem tudhatjuk, hogy mennyire alakították át, a bútorokat mennyire módosították, bennük, vagy azok mögött mennyi rejtésre alkalmas helyet alakítottak ki, azokban mennyi és milyen improvizált robbanószerkezetet, milyen kapcsolóval, milyen elvi kialakítás szerint, milyen típusú robbanóanyaggal, esetleg milyen típusú hatásfokozóval használtak. Ezért a lehető legalaposabban kell átvizsgálni, illetve a repülőeszköz kép- és videórögzítésre alkalmas optikai eszközeivel, valamint a lehető legszélesebb spektrumú kamerával, (pl. hőkamera) kell a lehető legrészletesebb dokumentációt és feltérképezést végezni. Ez segíthet a tűzszerészcsoporthoz parancsnokának a megfontolt döntést hozni a csoport tevékenységét illetően: hogyan közelítsék meg az épületet, hol történjen a behatolás, hogyan legyen a behatolás, milyen módszerrel történjen és a behatolás után milyen irányba.

Drónoperátori vonatkozásaiban egy épület átvizsgálásának öt fő mozzanata lehet:

- előkészületek, tervezés;
- az épület környezetének, az oda vezető utaknak vizuális felderítése, kutatása;
- az épület teljes körű, külső vizuális feltérképezése, felderítése, kutatása;
- az épület belső részeinek vizuális feltérképezése, felderítése, kutatása;
- visszatérés, elemzés-értékelés.

Az előkészületek és a tervezés során a csoport parancsnoka a rendelkezésére álló, művelethez szükséges információkat megosztja a drónkezelővel és közösen egyeztetik, hogy a feladat végrehajtható-e, illetve, ha igen, milyen módszer szerint történjen. Ekkor vizsgálják meg többek között azt is, hogy milyen típusú épületről van szó, tartózkodhatnak-e személyek az épületben, és ha nem, mióta van elhagyatott állapotban. Fontos szempont annak meghatározása, hogy van-e az épületnek olyan pontja, helyisége (pl. lakás, szoba, melléképület), amelyet a rendelkezésre előzetes információk alapján különösen indokolt felderíteni. Vizsgálni kell, hogy találhatók-e nyílászárók az épület homlokzatán, lehetővé téve a betekintést, vagy teljesen zárt szerkezetről van-e szó, amely kívülről nem megfigyelhető. Figyelembe kell venni az esetleges külső és technikai korlátozó tényezőket is: például akadályozza-e valamilyen tereptárgy vagy zavaró körülmény a kapcsolatot a drón és az irányítórendszer között, minden szükséges rendszer működőképes-e, illetve probléma esetén visszahozható, vagy menthető-e a repülőeszköz. Ezek a tényezők mind alapvetően befolyásolják a feladat végrehajthatóságát és biztonságát.

A következő lépés az épület környezetének feltérképezése. Először az épület fölé szükséges repülni, olyan magasságban, ahonnan az épületről és a környezetéről is áttekinthető képet tudunk kapni. Ekkor, ha lehetséges, ki lehet jelölni oda vezető utat, illetve megvizsgálható az épület teteje: van-e rajta tetőablak és azon keresztül mennyire láthatók be a belső terek, azok szerkezete, bútorzata, elrendezése. Ezt követi a közvetlen környezet átvizsgálása: az épület közvetlen környezetét oly módon nézzük át, hogy a lehető legpontosabb képet kapjuk arról, hogy van-e ott elhelyezve bármilyen IED, vagy annak komponense vagy más veszélyes tényező, csapda. A megfigyelés során folyamatosan fényképfelvételeket és videóanyagokat kell rögzíteni a későbbi elemzés és értékelés, illetve taktikai tervezés miatt.

A környezeti felderítést követően kezdődhet meg az épület előre meghatározott részeinek vagy teljes egészének külső, vizuális felderítése. A szektoros módszer lehet itt is célravezető: szintről szintre, emeletről emeletre, fokozatosan haladva, lehetőség szerint alulról felfelé. Minden szintet célszerű körbepéldni, jegyzetelni a megfigyelteteket, különösen a nyílászárók típusát, hozzávetőleges méretét, valamint minden olyan homlokzati elemet vagy tárgyat, amely releváns lehet a további műveleti tervezés szempontjából.

Ezt követi a nyílászárók egyenként történő vizsgálata, vizuális felderítése, kutatása:

- melyik oldalt (északi, keleti, déli, nyugati homlokzaton) hol, mennyi, milyen típusú van,
- van-e rács kívül, amely a behatolást megakadályozza;
- mekkora méretű körülbelül;
- milyen anyagból készült;
- hány részből, táblából áll;
- van-e ablaktábla a tokozásban, keretben;
- ha nincs, ki van-e töltve a helye, mivel van kitöltve;
- merre nyílik;
- van-e nyitómechanizmus, ha igen, milyen;
- ha nyitva van, mennyire, befelé vagy kifelé;
- van-e függöny, ha igen, milyen;
- a függöny be van-e húzva, vagy a széleken helyezkedik el;
- a párkányon kívül vagy belül helyezkedik-e el valami, van odarakva tárgy;
- a keretekben, kereteknél látni-e valami módosítást;
- van-e valami hozzárögzítve, ha igen, hogyan és merre vezet;
- van-e arra utaló jel, hogy valamely módon az behatolás vagy nyitás esetére az ellenfél részéről biztosítva van-e improvizált robbanóeszközzel, pl. valamilyen vezeték, drót, kábel stb., rögzítve van-e valahova bármely részéhez a nyílászárónak.

Ha ezekkel megvagyunk, ezekre a minimumkérdésekre választ kaptunk, megvizsgáljuk, felderítjük, illetve rögzítjük, amit bent a nyílászárón keresztül látunk:

- milyen a padló, fedett vagy nem fedett;
- ha le van fedve, hogyan; szőnyeggel, parkettával, linóleummal stb.;
- látható-e másik nyílászáró a helyiségben (ha igen akkor az előzőleg felsorolt kérdések vonatkozó részére ugyanígy válaszolunk), mit látunk azon keresztül;
- mi látható a falakon, plakát, térkép stb.;
- mi látható a plafonon, van-e nyílás, amely feljebb vezet, esetleg padlástérbe;
- van-e lépcső a helyiségben, merre vezet;
- van-e bútorzat a helyiségben, ha igen, milyen bútorok;
- milyen elhelyezkedéssel a helyiségben;
- ha van polc, azok elhelyezkedése, miket tartanak a polcokon;
- vannak-e ott olyan indikátorok, amelyek arra utalnak, hogy ott drogot készítettek;
- vannak-e ott indikátorok, amelyek arra utalhatnak, hogy a helyiségben házi készítésű robbanószereket készítettek;
- ha található asztal, mi található rajta, alatta, van-e fiókja, mennyi, ki van-e nyitva valamelyik, mennyire;
- ha van szekrény, akkor milyen típusú, van-e fiókja, ajtaja, mennyi van, ki van-e nyitva, mennyire van;

- vannak-e elektronikai eszközök a helyiségben;
- vannak-e arra utaló jelek, hogy ott improvizált robbanóeszközt, illetve annak komponenseit gyártották, tárolták, szerelték össze;
- vannak-e IED készítéséhez használható eszközök, szerszámok.

Ezen információkat szükséges feljegyezni, felvenni, rögzíteni és továbbadni a járőrparancsnok részére, aki ezen információk alapján meghozza a döntését. Többszintes épületek esetében különösen fontos a hatékony együttműködés, ha lehetőség van rá, a Search Teammel.

A következő lépés – amennyiben megoldható – az ingatlan belső terében történő felderítés és kutatás. A fenti kérdésekre keressük ugyanúgy a válaszokat, de pontosítjuk azokat: figyelemmel kell kísérnünk, hogy esetleg tartózkodik bent valaki, akit nem vettünk észre és kárt tehet repülőeszközünkben. A felderítés során vigyázunk arra, hogy a lehető legbiztonságosabban haladjunk az épületben, és arra is, hogy a kapcsolat a repülőeszköz és a kontroller között lehetőleg stabil maradjon. Jelvesztés esetén, az addig feltérképezett terület rész alapján próbáljuk visszafelé navigálni az eszközünket, abban a reményben, hogy a kapcsolat megszakadása csak átmeneti. Ezzel lehetőség nyílna a stabil jelkapcsolat helyreállítására és az eszköz irányításának visszaszerzésére.

Figyeljünk arra, hogy hirtelen mozdulatokat, hirtelen manővereket ne hajtunk végre: könnyen olyan tárgynak ütközhetünk, amit előtte nem vettünk észre, elkerülte figyelmünket. ha szükséges, akkor szálljunk le gépünkkel az adott helyiségben. Ez több okból is pozitív: amíg a földön tartózkodik a gép, addig nem fogyaszt energiát a repüléshez szükséges meghajtórendszer, a kamerával, optikai eszközökkel más látószögből tudjuk megfigyelni dolgokat, tárgyakat, valamint így be tudunk nézni ágyak, asztalok, székek alá, illetve a padlóburkolatot is megvizsgálhatjuk. Ily módon más perspektívából vizsgálva észlelhetjük, ha valamelyik használati tárgy vagy bútor csapdásítva van, illetve, ha abban IED vagy annak valamelyik komponense került elrejtésre. Így feltérképezhetjük az adott épületet, rajzot, ábrát készíthetünk a belső elhelyezkedéséről a dolgoknak, így hozzájárulhatunk a tűzszerészcsoporthoz műveleti sikeréhez.

Ezek után már csak a visszatérés és későbbi elemzés és értékelés marad hátra: hogyan működött az eszköz, a manőver, a megfigyelés. Ha probléma volt, mi okozhatta, ha valamit jól csináltunk, akkor azt a továbbiakban is gyakorolni szükséges. Ki kell értékelni minden mozzanatot, hibát, pozitív gyakorlatot, hogy a későbbiekben ki tudjuk küszöbölni, vagy akár tovább tudjuk adni, mint jó példát.

ÖSSZEGZÉS

A modern technika e vívmányát rendkívül hasznos módon tudjuk alkalmazni a tűzszerész-tevékenységek és a feladatellátás sikerének növelésére. Ezen eszköz segítségével biztonságos távolságból van lehetőség felderíteni, megvizsgálni és azonosítani az improvizált robbanóeszközöket, és ezen információk birtokában lehet a következő feladatokat megtervezni és végrehajtani. Időhatár elsődlegesen nincs a feladatok és felderítés végrehajtására. Viszont azt figyelembe kell venni, hogy az improvizált robbanóeszközök elleni harcban az idő nem a tűzszerész előnyére dolgozik. Ezért a kiérkezés után 45 perccel az

első pozitív tűzszerező-tevékenységnek meg kell történnie. A drón az információszerzéshez szükséges időt rövidíti le, illetve a megszerzett adatmennyiség és tudásanyag pontosítható ezzel, valamint a tűzszerező-alkalmazású robotot tudja további lehetőségként támogatni.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] NATO Countering Unmanned Aircraft System Working Group. (2019, August 16). *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Technical Exploitation Lexikon* (2nd ed.). NATO Countering Unmanned Aircraft System Working Group.
- [2] Petróczy, L. (2024, July 24). Előterben a pilóta nélküli légifelderítő rendszerek. *HadERŐ*. Retrieved May 19, 2025, Online: <https://honvedelem.hu/magazin/hadero-eloterben-a-pilota-nelkuli-legifelderito-rendszerek.html>
- [3] Magyarország. (1999). 1999. évi I. törvény a Magyar Köztársaságnak az Észak-atlanti Szerződéshez történő csatlakozásáról és a Szerződés szövegének kihirdetéséről. Retrieved May 19, 2025, Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99900001.tv>
- [4] Kovács, Z. – Daruka, N. (2013). IEDD: Improvised Explosive Device Disposal. In V. Krivanek & A. Stefek (Eds.), *International Conference on Military Technologies: ICMT 2013* (pp. 383–390). National Defence University (Brno).
- [5] Daruka, N. (2013). Kvadrokopter, mint lehetséges felderítő eszköz, avagy a repülő polip visszatért. *Repüléstudományi Közlemények*, 25(2), 114–122.
- [6] NATO Standardization Office. (2018, February). *ACIEDP-02 NATO Weapons Intelligence Team (WIT) Capabilities*. NATO Standardization Office.
- [7] United Nations. (2015). *Landmines, Explosive Remnants of War and IED safety handbook* (3rd ed.). Retrieved April 27, 2025, Online: https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Media/GICHD-resources/rec-documents/IED_indicators_and_grounds_sign_awareness_handbook__EN.pdf
- [8] Daruka, N. (2013). *A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzszerező feladatok ellátására* (Doctoral dissertation, 2013).
- [9] Kovács, Z. (2012). Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2).
- [10] Szalkai, L. – Daruka, N. (2024). Vehicle explosives and explosive device detection methods at outdoor public events. In R. Horváth, J. Lukács, R. Stadler – P. Pinke (Eds.), *Proceedings of the Engineering Symposium at Bánki (ESB 2023)* (pp. 186–191).

A VÍZÜGYI ROBBANTÁS ÉLETÚTJA¹

Tóth Ferenc²

ABSTRACT

The blasting tasks used in water management differ significantly in practice from the theoretical ones. The beginnings have also been undeservedly forgotten. Nowadays, there is hardly a specialist who would understand the scope of the task in its context. So sooner or later the question arises: "Is it actually necessary?"

Keywords: water management, blasting operations, historical events of water management blasting

ÖSSZEGZÉS

A vízügyben használatos robbantási feladatok a gyakorlatban jelentősen eltérnek az elméleti ismeretektől. A kezdetek is méltatlanul feledésbe merültek. Napjainkban már alig található olyan szakember, aki összefüggéseiben átlátná a feladatkört. Így előbb vagy utóbb felmerül az a kérdés „Tulajdonképp szükség van-e rá?”

Kulcsszavak: vízügy, robbantási feladatok, vízügyi robbantás történeti eseményei

BEVEZETÉS

A vízügyhöz kapcsolódó robbantási tevékenység legtöbbször a védekezések idején kerül előtérbe. Azonban a robbantási feladatok a vállalászási munkák tapasztalataira épült fel. Hosszú távra visszatekintve a védekezés jellegű robbantások a jobban tervezhető robbantási munkáknak csupán az egytizedét tették ki.

A védekezések három nagyobb csoportba sorolhatók:

- jeges árvizek elleni védekezés;
- gátak robbantása;
- műtárgyak robbantása, uszadékok eltávolítása.

¹ The Lifecycle of Water Engineering Blasting

² Országos Vízügyi Főigazgatóság, nyugdíjas főtanácsos (speciális feladatok); e-mail: toth.ferenc@ovf.hu; ORCID: 0000-0003-1200-524X.



1. ábra. Budapesten ezek az urak, kalapban és a pillanat divatjának megfelelő kifogástalan öltözetben szemlélik 1914-ben a zajló jeget. „Úgy tűnik, élvezik a show-t”

A jeges árvizek elleni³ védekezés jelentőségére – az esetlegesen vagy gyakorlatban is előfordult károk nagyságára való tekintettel – nagyobb figyelmet fordítottak.

A korábbi évszázadokban a jégzajlások és a kapcsolódó árvizek a lakosság mindennapi életének részét képezték. A Duna, a Tisza és a világkerekség minden folyója, a patakok, erek, ahogy azt az időjárás diktálta, rendszeresen befagytak. A nagyobb vizeken a jégtáblák hegyei megakadályozták a hajózást, a jeges árvizek pedig mindent elsöpörtek, elárasztva a földeket, lakott területeket.⁴ Maga a jégzajlás mindig egy látványosság volt. A nézelődők úgy érezték, ez az esemény az, amelyet az utánuk következő generáció már soha többé nem fog látni. A jég levonulását megfigyelték, és emlékek felidézésére érdemes, idővel pedig elévülő hír lett belőlük.

A védekezésbe bevont személyek, szervezetek nagy nehézségek árán, körülményesen megfogalmazott, mértéktartó, tárgyilagosságot megközelítő tájékoztatásokat nyújtottak. Fő iránymutatásként a civil társadalom hírigényének kielégítését tekintették.⁵

A jégrobbantás az a védekezési eljárás, amely legjobban megosztja a szakemberek és emiatt a kívülállók véleményalkotását is. Ennek egyik oka szinte minden jégrobbantási korszakra jellemzően, hogy robbantással nem a „szék lábát” robbantották ki kellő időben, hanem a megrendelő kívánságának megfelelően a száz lábon álló sziklaszilárd jégtakarót kellett volna a levegőbe röpíteni, ahogy a rettenthetetlen kommandósok C4 robbanóanyaggal tevékenykednek az akciófilmekben.

³ A jégkár és jég elleni védekezés kifejezést a mezőgazdaság és biztosítótársaságok használják.

⁴ A legjelentősebb vízszintemelkedés a Lena folyón, Lensk közelében következett be. A magasság téli vízszint fölé átlagosan 16-18 méterre emelkedett fel és Kysur városában megközelítette a 30 métert.

⁵ Az elérhető adatok szerint a világon a folyókon napjainkig 120–150 jégrobbantást hajtottak végre. Több helyen ugyanazon a helyszínen.

A JÉGROBBANTÁS KEZDETEI

A jég lehetett hasznos dolog is,⁶ de ha veszélyt jelentett, akkor igyekeztek elpusztítani. A történelmi időkben is minden kétséget kizáróan küzdöttek az emberek a mindennapi túlélésért. Feltörték a jeget, ha váraikba zárkóztak, miközben tartottak az ellenség támadásától, feltörték a jeget, ha vékony jégen keresztül csónakokkal menekülni kényszerültek és az áthajózáshoz nyílt felszínű vízre volt szükségük. Mindezeket a tevékenységeket előre nem tervezték meg, hanem az éppen fennálló helyzet kívánalmai szerint jártak el.

Közismert és szinte minden szakirodalomban, dolgozatban fellelhető, hogy Weindl Gáspár az első bányászati, feketelőporral végzett robbantást 1627 februárjában hajtotta végre Selmezbányán, a Bieber-táróban. Azonban a jégrobbantás első alkalmazásáról sem a jelentősebb és ismertté vált tudományos írásokban, sem egyéb forrásokban nem találunk adatokat.

A jég robbantással történő megbontásáról szóló első kísérletek az 1758. évre nyúlnak vissza. Ekkor Németországban a jég alá helyezett robbanóanyagokkal próbálták meg a jeget feltörni. Pontosabb helyszínről vagy a robbantás sikerességéről nincs adat. [1] A robbantás minden bizonnyal a Bécs feletti Duna-szakaszon vagy a Mosel folyón lehetett, mivel az 1758. évre vonatkozóan árvízről csak erre a Duna-szakaszra és a folyóra jelentettek.

Az 1758. évi felső-dunai árvíz Magyarország középső szakaszán már nem lehetett jelentős, mert a hazai írások ezt nem említik.

Amennyire meg lehet állapítani, ebben az időben Hollandiában is felvetődött a jég robbantásának gondolata. A tüzéség egyik alhadnagya 1771-ben javasolta a robbantási módszer bevezetését a folyókon keletkezett jég eltávolítására. A holland államnak azt tanácsolta, hogy a folyókban kialakult jégakadályokat aknákkal távolítsák el. Úgy tűnik azonban, hogy ilyen jellegű intézkedések végül is nem születtek, mert Németalföldön a legkorábbi ismert jégrobbantási kísérletet csak majdnem egy emberöltővel később hajtották végre.

Mülhausenben a 1788–89. év fordulóján, 17 R-fokos (–8,33 °C) hideg uralta a környéket. A folyókat, tavakat vastag jégtakaró borította. A városban az összes hidat és vízimalmot a pusztulás fenyegette, ami akkor következhetett volna be, ha a jég megindul a folyón. Glück úrnak, abban a megalapozott meggyőződésében, hogy az addig alkalmazott eszközök nem képesek a folyó jegét eltakarítani, azon a szerencsés gondolat jutott eszébe, hogy a tűzoltók úgynevezett marronjait (korsóit?) jég alá helyezi, és ezek segítségével felrobbantja a jégtakarót. Kísérleteket végzett, amelyek akkoriban igen ígéretesnek tűntek. A kísérlet eredményét elmondta a város előjáróinak is, de nem hittek neki.

Azonban január 17-én a jég kezdett veszélyt jelentve sodródni. Mülhausennél a folyón átvíelő hidat hatalmas, két méternél nagyobb jégtömbök dönggették, és a felhalmozódott jég megsemmisítéssel fenyegette. Minden korábban használt védekezési eljárás alkalmazása hiábavaló volt. Végül jött Glück úr és az összetorlódott jégtömb alatt „tüzet” gyújtott, a torlódott jég pedig megszámlálhatatlan apró darabra hullott szét, és így fennakadás nélkül elhaladt a híd alatt. Általános taps volt az első köszönet, és maga a bíró is készségesen kezet nyújtott neki.

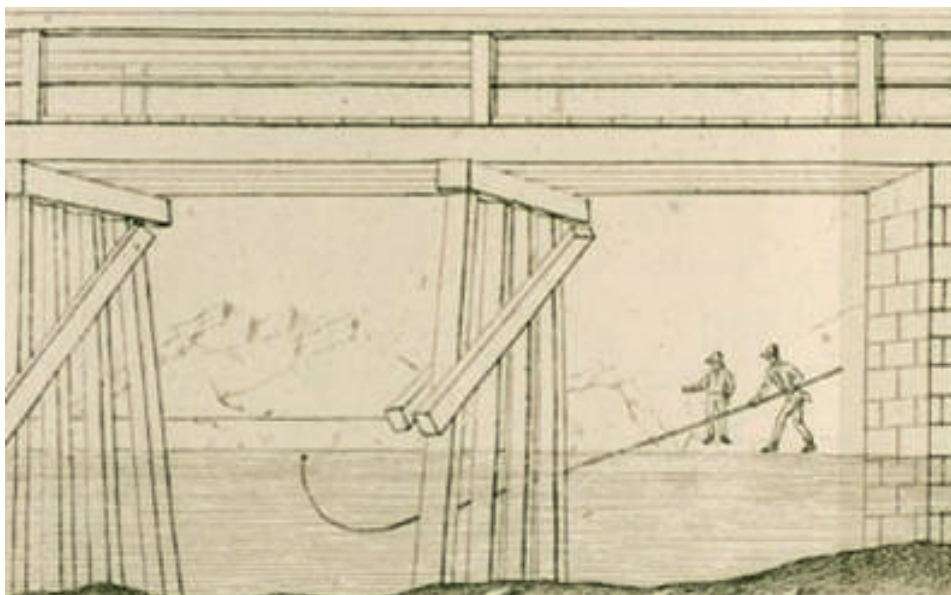
⁶ Közlekedés télen a folyók két partja között, élelmiszerek tartósítása stb.

Az iszonyatosnak vélt jégzajlás – a beavatkozás segítségével – károkozás nélkül vonult le, és a parányi Mülhausen tartomány nagytanácsa elismerte Glück úr eredményét és nyilvánosan köszönetüket fejezték ki neki. Az ezt követő 40 évben Mr. Glück módszerét a legnagyobb sikerrel használták Mülhausenben a jég elleni védekezés során.

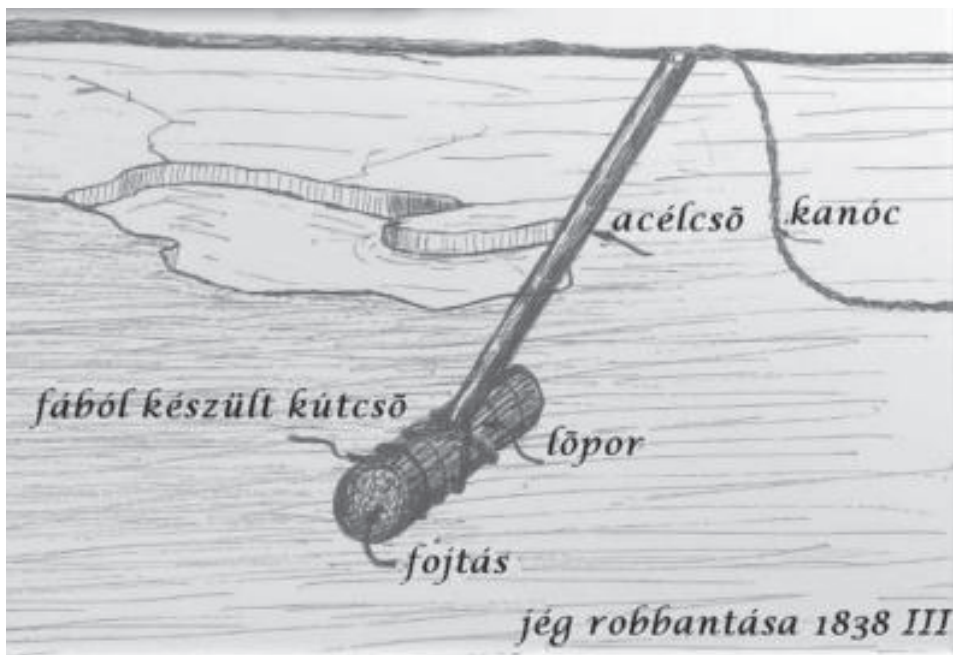
Jó két évtized elteltével, 1823-ban a belügyminiszter kérésének (parancsának) megfelelően kísérlettel kellett igazolni az eljárás hasznosságát. A bizottság azonban nem a nagy jégtáblákkal borított folyóvízben, hanem egy „jégpályán” kérte a kísérlet bemutatását, amelynél a jég a földön feküdt fel, és egészen a parttól partig terjedt ki. Jelentésük ezért szerfelett hibás volt, és a Belügyi Bizottság kétségbe vonta, hogy ez az eljárás előnyösen alkalmazható nagy, széles folyókon is. Ezt követően Glück úr csak 1200 frank végkielégítést kapott, a Société d'Encouragement (Társaság az ipari haladás ösztönzéséért) pedig egyelőre egy ezüstérmét küldött neki. Míg a bizottság hibás kísérletei csak kétségeket ébresztettek a minisztériumban, Glück úrnak megvolt az öröme, hogy a jégrobbantás módszerével új szolgáltatásokat nyújtott Mülhausen városának. [2]

Magyarország területén, a Gellért-hegy alatti folyószakaszon 1838 március elején megállt a jég. Az ugyan közismert, hogy ágyúk lövésével jelezték a veszélyt. [3] Azonban arról, hogy kőagyag kútsőbe töltött puskaporral kísérelték meg a jeget szétrombolni, csak a szépirodalom tesz említést. A puskaport egy vékonyabb vascsőbe húzott kanóc segítségével kívánták felrobbantani. A robbanás félóra várakozást követően sem következett be. [4]

Hollandiában már részletesebben ismertették a védekezés szolgálatába állított jégrobbantást. A tél 1845-ben szokatlanul hosszú volt. Júniusban a jégtáblák még mindig lebegtek a Moselle folyón. Ebben az évben számos robbantást hajtottak végre Bato's Erf közelében (volt falu és birtok), a Waal folyón, a Wamel és Dreumel környékén.



2. ábra. Jég robbantása – meggömbített vascsővel – a jég alá helyezett lőporral, Glück úr módszerével (Polytechnischen Journals, 1829)



3. ábra. Jég robbantása kútszőbe helyezett lőporral (rajz: szerző)

A robbantásra befogott fahordókat puskaporral töltötték meg, és elég messzire engedték őket lefelé, a zajló jégbe, oly módon, hogy közben a fedele közvetlenül a jég felszíne felett maradt. Az ezekben a kísérletekben használt legnagyobb robbanóanyag mennyisége 350 kg-ot nyomott, amelyeket két összekötött hordóban elhelyeztek el.

Az 1875–1876. évi szélsőséges időjárás Magyarországon is éreztette hatását, amit a természet kiszolgáltatottjai mesterkéletlen szavakkal írtak le.

„1875 a tél igen nagy és kemény, a föld fagyja tovább tartott 120 napnál az idő csak Márciusban eresztett ki, a tavasz közönséges, nedves széna, igen és jó termet búza, kevés árpa, jó közép néhol bőven termett Kukoricza, sok és jó, búza sok és jó, búza köblenként 6, 8 írtig. Árpa 2 tőjk, Kukoricza 2, 3 írtig. Január 26 reggel nyugot felől jött egy fel leg égzengései csattogással és jég-esővel, előtte s utána igen hideg, ez évben kezdődött az új méter



4. ábra. A Waal folyó, Wamel és Dreumel közötti (változó hullámtér-szélességű) szakasza 1861-ben

mérték, 1876 a tél igen hideg sok hóval, tavasz eleje esős igen nagy víz áradás, Duna, Tisza, Körös, igen sok helyt kiöntött pestet is megöntötte sok falukat és városokat elöntött az ár.” [5]

A kemény tél a folyókon is megmutatkozott. Dunavecsénél és Gerjennél 1876. január 30-án a jég 8 kilométer hosszban 5,6-6,6 méter vastagságban feltorlódott. A torlódás dinamittal való szétrobbantására (vagy robbantási kísérletére) Jankovich Miklós kormánybiztos úr megkeresésére Hoiny cs. és kir. mérnökkari kapitány és Dolecskó Mihály m. kir. mérnök a szükséges személyzetet és eszközöket Dunavecsére rendelte ki.

Ezt követően Magyarország területén végzett jégrobbantási tevékenységekről már igencsak sok publikáció jelent meg. [6][7][8][9][10]

A jégrobbantási feladatkör ellátása azonban bizonytalan helyzetben volt. A katonaságra várt a gyakorlat, oly módon, hogy a robbantás megtervezéséhez szükséges adatokkal nem rendelkezett. A századforduló kezdetére már elkerülhetetlen volt a jégrobbantási feladatkörök jogszabályban történő meghatározása.

Közvetlen előzménye volt, hogy a jeges árvíz a Tisza menti falvak életét keserítette meg.

A jégképződés nem ismert határokat, nem válogatta meg a folyókat. A Tisza a szabályozás előtti időszakában sokkal szélesebb területet birtokolt. A jeges víz a jégtorlódásokat megkerülte. Igaz, ekkor minden útjában levő akadályt letarolt. Azután a szabályozás következménye az lett, hogy a víz a torlódástól sem jobbra, sem balra nem talált utat. Így a vízszint egyre magasabbra emelkedett, és azokon a területeken is védekezni kellett, ahol korábban ezt nem kellett megtenni. A jég 1912-ben a Felső-Tiszán oly mértékben feltorlódott, hogy a víz útjának szabaddá tétele érdekében jégrobbantásokat kellett végezni. A Tisza folyón ekkor hajtották végre az első jégrobbantásokat.

„Riasztó hírekkel kezdődött ez a hét. Szerencsére azok a hírek, amelyek szárnyra kaptak, hogy a Felvidéken a medréből kilépett Ung folyó 100 méter hosszúságban elseperte a vasúti töltést, nem bizonyultak valóságnak. A mutatkozó veszélyt elhárították azzal, hogy Csontoson és Fenyves-völgyön az Ung medrében összetorlódott nagymennyiségű jeget robbantással eltávolították.” [11]

A jégpáncélon puskaporral 10 méter széles csatornát készítettek. Erdelac⁷ hadnagy beszámolt arról, hogy a leghatásosabb robbanószerület, az ekrazitot nem hozhatták magukkal, mivel a főváros nem engedte meg annak tartását a város területén, azért az ekrazit robbanóanyagot Örkényben tartották, ahonnan a gyors elutazás miatt már nem volt idejük elhozni, de különben is, a MÁV nem adott engedélyt arra, hogy személyvonaton szállítsák a robbanószeret.⁸ Erdelac hadnagy elmondta a sajtó képviselőinek, hogy az „ekrazit veszélytelen, még a lángban sem robban, csupán akkor, ha a megfelelő gyújtóanyaggal érintkezik, vagy ha 17 puskagolyó találja gyors egymásutánban. Ennek az anyagnak a hatását legjobban bizonyítja, hogy 1 cm³ robbanóanyag 60 ezer atmosféra nyomást fejt ki.” Azonban akadtak egyéb, az elszámolással kapcsolatos ügyek is.

⁷ Erdelac Emil hadnagy; Budapesti hadtestparancsnokság a cs. és kir. 7. hidászszázalój

⁸ A közmunka- és közlekedésügyi m. kir. ministerium. A vasúti üzletszabályzat. Rendeleték tára, 1886 Rendeleték 188. A rendelet az ekrazitra nem vonatkozik. „a) Nytroglycerin (robbantó olaj) mint olyan, valamint mindazon nytroglycerin – készítmények, melyeknek vasúti szállítása külön intézkedéssel engedélyezve nincsen.”

„A földmívelésügyi miniszter a vármegyével akarta megfizettetni a folyó év tavaszán, a Tiszán végzett jégrobbantás 799 korona költségét. A közgyűlés felírta, hogy a miniszter e költséget tárcája terhére vállalja el.” [12]

A jeges árvíz levonulását követő évben, 1913-ban kiadták az első „útmutatás a jégtorlódások körül való közreműködés tárgyában”⁹ címmel ellátott szabályzatot.

A szervezetek között szétesztott, közel 400 oldalas vízügyi szabályzatok és rendeletek tára 33 témakört ölelt át.¹⁰ Az utolsó szakasz a jégrobbantás általános irányelveit fogalmazta meg. Elsőként meghatározták a döntési hatásköröket, ugyanis a jégrobbantás sajátos tevékenysége miatt nagyfokú bizonytalanság állt fent.

„A folyóvizeken előálló jégtorlódások alkalmával rendszerint az állami vízügyi műszaki hivatalokra illetőleg tagjaira hárul az a feladat, hogy megállapítsák vajon indokolt-e jégtorlasz eltávolítását mesterséges úton megkísérelni.”¹¹

E döntés meghozatalához szükséges képzettség azonban nagymértékben hiányzott. „Amennyiben a hivatalnak a jégrobbantásokban jártas közegei nincsenek, azok foganatosítása iránt javasolhatja a katonaság igénybevételét, ez esetben is azonban a munkálat mikénti végrehajtására nézve az útmutatást a hivatal kiküldöttének kell megadnia a fentiekben előadottak figyelembevételével.”¹²

E kötelesség ellátásához azonban a folyókkal történő gazdálkodás figyelembevételével a jégrobbantás szakmai ismeretére is szükség van. Hiszen a jégrobbantás alkalmazhatósága, az alkalmazhatóság személyi és tárgyi feltételeinek ismerete, továbbá a munka elvégzéséhez szüksége idő meghatározása nélkül a jég elleni védekezést megtervezni sem lehet. Ekkor már a lehetőségek figyelembevételével az alapvető ismereteket is meghatározták.

„Ha ily nyílt, hosszabb jégmentes szakasz nem áll a torlasz alatt rendelkezésre – a jégeltávolítás vagy jégrobbantás semminemű sikerre nem vezet, mert a felrepszett vagy felrobbantott jégtablák előbbi helyükre visszaesnek és ismét oda fagnak.”¹³

A szabályzat kiadása előtt végzett, szinte minden évben megismétlődő erőfeszítések már az elvégezhető munka nagyságára is iránymutatást adott. „Az ilyenmű munkálatokkal a napi teljesítmény 10 méter szélességű csatornát feltételezve legfeljebb 80-100 méterre tehető.”¹⁴



5. ábra. Robbantással átütött kráterek. Nyitott, félig visszahullott jégdarabokkal kitöltve és helyben maradt jégdarabokkal kitöltve

Már ekkor megkísérelték a vízügyi fenntartási és védekezési munkák elhatárolását körülírni. „A hidak, zsilipek és egyéb műépítmények kijelölése egyszerű műszaki teendőt képeznek, és jelen útmutatás keretén belül esnek.”¹⁵

⁹ A M. Kir. Földmívelésügyi Minister fennhatósága alatt álló Vízügyi Műszaki Szolgálatra vonatkozó szabályzatok és rendeletek (1913). Budapest Franklin Társulat Nyomdája 1913.

¹⁰ Eredeti kiadás a szerző birtokában.

¹¹ Uo.

¹² Uo.

¹³ Uo.

¹⁴ Uo.

¹⁵ Értelmezése az összefoglalóban.

A századforduló jeges jelenségei az akkori időszakban a Tiszát csak egyszer érintették. Így a szabályzat kevésbé figyelembe vehető megállapítás is tartalmazott. „Így pl. a Tiszáról tudjuk, hogy jégtorlaszok Vásárosnaménytől a torkolatig soha veszélyt nem okoztak, mert a jégzajlás megindulásával az áradó víz a jeget felemelte és a hullámtérre kitolta.”¹⁶

Ez a feltétel mindaddig fennállt, amíg a széles hullámtér mezőgazdasági művelés alatt állt.

Az 1920-as évekig végrehajtott jégrobbantásokkal lezárult egy korszak. Minden esetben sodródásban akadályozott és torlódva megállt jég robbantását hajtották végre. Mert megelőző síkjégrobbantásra nem állt rendelkezésre megfelelő előrejelzés, a védekezés helyszínére történő kivonulás ez időben hosszabb ideig tartott, mozgásban levő jég robbantására nem voltak felkészülve, a torlaszok megközelítése a partok mentén gyalogosan történhetett meg.

A korszakot figyelve látható, hogy napjaikban a bevethető szak- és segéderő többszöröse (akár 300-500 fő) állt csatasorba. A felhasznált robbanóanyag arányos volt a torlasz megbontásához számított mennyiséggel. Például a Visztulán az 1987. február 1. és 23. közötti időszakban 9600 méter hosszú, 30-35 méter (helyenként 50-80 méter) széles csatornát robbantottak ki, melynek hatására nemcsak a vízszintduzzasztás szűnt meg, hanem a mederből eltűnt a jégtörmelék is. Ekkor a 6446 robbantásra 15 899 kg puskaport használtak fel. A töltések súlya, a jég vastagsága szerint, 0,75 és 1000 kg között váltakozott.

A JÉGROBBANTÁS MÁSODIK SZAKASZA

A fejlettebb országokban a jégrobbantás alkalmazása mellé felsorakoztak a jégtörő gőzhajók is. A jeges árvizek elleni védekezésnek ekkor jelentősen bővült a tárháza. A védekezés lehetőségeit újra át kellett gondolni: a jég bombázása, a jégrobbantás vagy jégtörés, esetleg mindkettő, vagy mindhárom. Ebben az időben már a világ összes országában a legváltozatosabb formában kerültek a kereskedelembe a robbanóanyagok. Magyarországon közzé tették az iparban használható robbantószerekről szóló, a m. kir. kereskedelemügyi miniszter 1934. évi 16.704. számú rendeletét. Így valós ismeretek alapján lehetett az ipari, bányászati és védelmi feladatok ellátásához szükséges megfelelő robbanóanyagokat kiválasztani.

1920-ban Amerikában, a Susquehanna folyón a jégakadályok más folyókhoz képest sokkal kedvezőtlenebbek voltak. Az olvadás előtti időben 83 napon keresztül összefagyott jég borította a víz felszínét egészen a torkolatig, ami március elején hatalmas jégelakadást eredményezett. Olyannyira, hogy több napon keresztül légi bombázásokat kellett elrendelni a 16 láb (4,8 m) vastagságúra növekedett jégdugók összetörésére. Ezt követően a jégtorlaszok bombázása már nem volt újdonság. Így megjelentek a bombázók a Dél-Saskatchewan folyó felett és Németországban 1941-ben, továbbá Magyarországon 1941-ben, 1945-ben és 1956-ban a Duna felett is. Ugyanezen időszakban a tűzérőség is kísérletet tett a jég rombolására.

Az 1956-os védekezést követően már könnyű volt a magyarázatokat kitalálni, szavakba foglalni.

¹⁶ A M. Kir. Földművelésügyi Minister fennhatósága alatt álló Vízügyi Műszaki Szolgálatra vonatkozó szabályzatok és rendeletek (1913). Budapest Franklin Társulat Nyomdája 1913.

„A magyar Duna szakaszon a jégrombolás nem volt indokolt, mert a jégtakaró alsó vége a Dráva torok alatt volt. Mégis, a védelmi képesség bemutatása végett, bombázás, robbantás, sőt tüzérségi aknázás is folyt a Csepel sziget alsó végénél (1590. fkm), a Dunaföldvári torlasz alsó végén, a bölcskei szigetenél (1552. fkm), a Baja alatti Kádár-Dunánál (1472. fkm), Dunaszekcsőnél (1462. fkm) és a sirinai átvágásban (1438. fkm), azonban különösebb siker nélkül. Ennek oka az volt, hogy nem vékony jégtakaró meglazításáról, felszabadításáról és megindításáról volt szó, hanem ezeken a helyeken a jégtakaró alatt több méter vastag és újból összefagyott jégtömeg volt, és ennek megbontásáról és tovább úsztatásáról kellett volna gondoskodni. Ebben az állandóan összefüggő jégtömegben azonban sem a bombáknak, sem a robbantásoknak hatása nem érvényesülhetett. A jégrombolások, amelyeket a magyar-jugoszláv határ felett végeztünk, ezúttal is megerősítették azt a véleményt, hogy robbantásokkal vagy bombázásokkal csak a jégdugóknál lehet sikeresen beavatkozni ott, ahol a jég borította szakasz alatt sík víz van, tehát a megbontott jég tovább úszhatik.” [13]

A JÉGROBBANTÁSI TEVÉKENYSÉG NAPJAINKIG, AZ ELSŐ PERFORÁTOROK MEGJELENÉSE

Az 54 helyszínen¹⁷ történt gátszakadással járó árvíz után újraértékeltek a jégrobbantás és jégrombolás lehetőségeit. Előtte azonban történtek sajátos fejlesztési kísérletek is.

A jeges árvízre való felkészülés eseményeire húsz évvel később, esetenként másként emlékeztek.

„Az OVF a Hadtudományi Kutató Intézetet bízta meg, készítsen valamilyen eszközt a folyók jégveszélyének elhárítására. Az Intézet »perforátor«-nak nevezett olyan robbanó szerkezeteket kísérletezett ki, amelyek átmérője 60 cm, oldalfaluk magassága 60 cm, alakjuk henger, tetejükön heveder volt, amelyet a katonák a szállításhoz megfoghattak. A szerkezetek tetején gyújtókábelre köthető két szál vezeték lógott ki. Egy-egy perforátorral elméletileg 8 m vastag jégreteget tudtak volna átútni. A perforátoroknak az »atyja« Winkler Mihály hadmérnök őrnagy volt. 1956. januárjában a Dunán Nagybjacsnál keletkezett jégtorlaszon az OVF és a Kutató Intézet 16 darab szerkezet felrobbantásával kipróbálta a perforátorokat.

Nagybajcs lakóit a Tanács az előző napon értesítette, hogy 12 órakor robbantani fogják a jeget, és háromnegyed 12-kor nyissák ki az ablakaikat, nehogy azok a robbantástól betörjenek. A csehszlovákokat is értesítették a robbantásról. Háromnegyed 12-re mindenkinek át kellett mennie a töltés mentett oldalára. Pontosan 12-kor megtörtént a robbantás. Óriási nagy volt a detonáció. A töltés közeli házakról még a cserepek is repültek. A robbantás után felmentünk a töltésre, megnézni a hatást. Minden maradt változatlanul. A jég is!” [14]

A perforátorral történő jégrobbantásról szóló tájékoztatást csak mértéktartó fenntartással lehet elfogadni. Napjainkig erről a kísérleti eseményről sehol máshol nem jelent meg írásos

¹⁷ A gátszakadások számának eltérése különböző szakirodalmakban azért tér el egymástól, mert több szakadás összenyílt. A szakadások felméréséről készített rajzok, számítások (szakadások szélessége, beépítendő föld anyag mennyisége stb.) a szerző birtokában vannak.

visszaemlékezés. Így a tájékoztatás hitelessége kétséges lehet. A Hadtudományi Kutató Intézetet több mint 100 évig Haditechnikai Intézetnek hívták. Továbbá Nagybjacson 1956. január végén nem volt jég. A hőmérséklet is csak február elején csökkent fagypont alá. Vinkler Mihály mérnök őrnagy, fejlesztő szakosztályvezető kutatási területe a 68 és 94 mm-es páncélromboló rakéta változatainak kidolgozása volt. A jégvédekezésnél használatos perforátorokat 6-8 évvel később az ÁBK SZ¹⁸ megrendelésére a Bányai Kutató Intézet (BKI) Tatabányai részlege, a Vegyi és Robbantás-technikai Kutató Laboratórium, a Nitrokémia Ipartelepek technológiai osztálya fejlesztette ki, amelyhez a VITUKI később az előírások elkészítésével csatlakozott.

A Haditechnikai Intézet által jégrobbantáshoz tervezett »Tolnit« robbanóanyag gyártása 1963-ban kezdődött. Az új robbanóanyaggal töltött jégrobbantó töltetekkel végrehajtott kísérleti robbantások azt mutatták, hogy a »Tolnit« műszaki jellemzői csak kis mértékben kedvezőbbek, a gyártási költségek viszont lényegesen magasabbak voltak a paxithoz viszonyítva. A legyártott készlet felhasználása után további alkalmazását beszüntették.

A jégperforátor, kumulatív (robbanóhatást, felerősítő, összegyűjtő) jégrobbantó eszköz csak a jégben, a jég megbontása nélkül léket, furatot készít, amely alkalmatlan a jég teljes mértékű felrobbantására. Minden bizonnyal az ismertetett 60 cm átmérőjű, 60 cm oldalfal-magasságú jég »perforátorral« végzett kísérleti robbantásokat nem 1956-ban, hanem az 1962–1964 közötti időszakban hajtották végre. Erre az időszakra tehető, hogy a Haditechnikai Intézet, a legnagyobb hatású jégperforátor meghatározásához több darab – 60 cm átmérőjű, 60 cm oldalfal-magasságú – gátórházakban rendszeresített mosófazekat¹⁹ kért a vízügytől.

A korábban (1956 előtt) végzett védekezések tapasztalatai rámutattak arra, hogy a legváltozatosabb egyedi védekezési eljárásoknak hiányzik a központi felügyelete. A kü-

lönböző védekezésbe bevont szervezeteknek, egyesületeknek, vállalatoknak nem volt érdeke, vagy nem is volt lehetősége arra, hogy az árvízvédelmi feladatokra megfelelő módon készüljenek fel. Az oktatási rendszerükben az egységes elvárásoknak megfelelő »gyakorlati árvízvédelem« – így a jégrobbantás is – oktatása, műszaki fejlesztése a minimálisra csökkent.

A vízügyön kívüli szervezetek védelmi tevékenysége valójában csak a segítségnyújtásra korlátozódott. Ezért az Országos Vízügyi Hivatal (OVH), a FOKA (Folyamkötő és Kavics kitermelő vállalat) jégtörési feladatait, a bűvármunkákat, a honvédségtől (és munkásőrségtől) a jég- és



6. ábra. Mosófazék mint kísérleti jégrobbantó perforátor (a szerző birtokában)

¹⁸ Árvíz és Belvízvédelmi Központi Szervezet. Az ÁKSZ (Árvízvédelmi Készenléti Szervezet) jogutódja. A szerző egykori munkahelye.

¹⁹ Szóbeli tájékoztatás alapján, forrása már nem lelhető fel. A mosófazekat munkaruhák, géprongyok és juta homokzsákok mosására használták.

gátrobbantási feladatokat, továbbá a Hídépítő Vállalattól a hajózási akadályok eltávolítási munkáit, a légi megfigyelés repülőparkját saját hatáskörbe vette át vagy abban építette fel. Ezen kívül számtalan egyéb védekezési eljárásnak lett a gazdája, amely igénypontjait a vízügyi igazgatóságok határozták meg. Ilyenek voltak pl. gátszakadás elzárásának fejlesztése, és az új feladatként jelentkező vízminőségi kárhárítási gépek kidolgozása. Az egységes védekezési stratégia kidolgozása és a műszaki fejlesztés szakmai felügyelete az Árvízvédelmi Belvízvédelmi Központi Szervezet (ÁBKSZ), Műszaki fejlesztési osztály hatáskörébe tartozott. Az osztály döntéseibe bevonta a gépészeti és védelmi szakszolgálat dolgozóit is. 1992-ben a Műszaki fejlesztési osztály átszervezéssel megszűnt. Feladatkörét a gépészeti szakszolgálaton belül egy fő vitte tovább.²⁰

1963. év végén az ÁKSZ (Árvízvédelmi Készenléti Szolgálat) a VI (1-5) 1963 sz. főosztályvezetői határozattal robbantócsoport létesítésére kapott megbízást. Ennek megszervezése, a szükséges felszerelések beszerzése és jégrobbantásra is képezített robbantómesterek alkalmazása 1964. év végére maradt. A csoport gyakorlatilag 1965. március hónapban lett munkavégzésre alkalmas. A csoport a robbantással összefüggő feladatait lépésről lépésre sajátította el.

Az ÁBKSZ²¹ személyi állománya felkészült vízügyi robbantások végrehajtására és a robbantásokhoz szükséges anyagokat, gépeket, gépjárműveket is csatasorba állította. Így az állami feladatok végrehajtása elől elhárultak az akadályok. A 2/1967 (VÉ.4.) sz. OVH főigazgatói utasítás szerint feladatai közé tartozott az „Egyéb a fentiekben nem említett, az árvízvédekezéssel, jégveszély elhárítással, belvízvédekezéssel, és a helyi vízkárelhárítással kapcsolatos kiemelt feladatok végrehajtása az OVF esetenkénti rendelkezései szerint.”

A vízügyi védekezési robbantási feladatokban azonban a fejlesztések átütő sikert nem értek el.

A védekezési összefoglalókban – melyek 60-70 oldalt is kitettek – a robbantások eredményességéről visszafogottan írtak pár sorban. Az 1985. évi jelentésben is csak annyiban említették meg, hogy „a jégrobbantás technológiájának fejlesztését tovább kell folytatni”. Ez a későbbiekben csak gondolati szinten valósult meg. Pusztán annyi változtatás történt, hogy a nagyok sok kidolgozott technológia közül a két leghatékonyabb megoldást tartották meg.²² Ez a folyamat 2005-ben befejeződött, és az elektromos gyújtási rendszer ezidőben végképp kikerült az állományból, és a NONEL rendszer került bevezetésre. Ez azonban a kimutatható eredményekben alig okozott változást.

²⁰ 1992-ben a Műszaki fejlesztési osztály átszervezéssel megszűnt. Feladatkörét a gépészeti szakszolgálaton belül egy fő vitte tovább. Valójában a feladatkörök (technológiák) szétesztása után összesemosódtak. Az egy fő (a szerző) munkakörének idejét 1996-ig legnagyobb arányban országos szinten a védelmi géppark üzemeltetése, szivattyútelepek, központi gépbeszerzések töltötték ki.

²¹ Az ország területét 12 vízügyi igazgatóság fedi le. Ezek az igazgatóságok önállóan látják el védekezési feladataikat. Az egyedi sajátossággal bíró feladatokkal a 13. igazgatóságnak tekinthető ÁBKSZ (1963-tól Árvíz és Belvízvédelmi Központi Szervezet) az akkor átalakított és jelentősen kibővített létszámmal és területtel nem rendelkező szervezet bízta meg. Központi irányítás alá tartozott az ügylet fenntartása, a hírközlés, a hajózási flotta, a vízügyi robbantás, a repülőszolgálat, a bűvármunkák, a mederakadályok eltávolításának szervezése stb.

²² Az állományban tartandó robbantási szakfelszerelések meghatározását és a robbanóanyag-mennyiség előírását utoljára a szerző határozta meg (2005).

A JÉGROBBANTÁSI TEVÉKENYSÉGEK A KÖRNYEZŐ ORSZÁGOKBAN

Hazánktól nemcsak délre az országból kifolyó és hazánkra veszélyt jelentő, folyók és patakok mentén kellett a jeges árvizek ellen védekezni, hanem nyugatra, délre és keletre is.

1960-ban az osztrák tűzoltó egyesület egyes tagjai mindent elkövettek annak érdekében, hogy a patakokban elakadó jég robbantására is fel tudjanak készülni. Az elképzelésüket még a tűzoltói körökben is meglepetéssel és értetlenséggel fogadták. Később azonban az akadályokat leküzdve minden intézkedés megtörtént, amely szükséges volt ahhoz, hogy a különleges szolgálat működőképes legyen. Már az alapítás évében, 1961. január 14-én megtörtént az első ilyen bevetés, a senftenbergi Krems folyó gátjánál. A Triesting²³ folyón keletkezett jégtorlasz robbantását az az aggodalom válhatta ki, hogy 1944. július 4-én a Pottenstein feletti völgy keskeny szakaszát eltorlaszolta az uszadékfa. A folyó tározóvá alakult, és a gát átszakadt. A két méter magas árhullám levonulása 188 ember életét oltotta ki.²⁴

Jugoszláviában 1963 telén kellett a Dunán jégrobbantásokat végezni. Ez esetben az utolsó pillanatban bontották meg a torlaszt, mert Magyarországról épp elindult egy újabb jégzajlás.

1966. január 26-ára virradó éjszaka Donji Milanovac egész lakossága talpon volt, mert a Duna olyan gyorsan áradt, hogy hajnali három órakor a vízállás már elérte az



7. ábra. Jégtorlódás robbantása a Triesting folyón

²³ A Triesting, egy 63 km hosszú kisebb folyó Alsó-Ausztria délkeleti részén. A Duna vízgyűjtő területének része.

²⁴ A katasztrófális, Közép Európa egyik legnagyobb emberáldozatokkal járó eseményéről nem szívesen tesznek említést, mert a halottak szinte kivétel nélkül a völgyben épült fogolytábor rabjai voltak.

590 centimétert. Mindössze tíz centiméter hiányzott ahhoz, hogy a kisváros víz alá kerüljön. Szinte már mindenki elkerülhetetlennek vélte az árvizet, mikor a folyó apadni kezdett. Ezt követően az illetékes jugoszláv vízügyi és árvízvédelmi szervek adtak magyarázatot a váratlan vízszintcsökkenésre. A Kazán-szorosban néhol 15 méter vastagságúra duzzadt a jég, és a robbantásra alkalmas helyeken megkezdték a torlasz robbantását.

Szerbiában 2012-ben a jég megállása azzal fenyegetőzött, hogy lezárja a Dráva vízfolyását és veszélyezteti Eszék városát, és megakadályozza a jégtörők tovább haladását. A 12.10-kor lezajlott tesztrobbantás során vizsgálták, hogy milyen hatékonysággal tudják lebontani az ilyen jeges akadályokat, és elégedettek voltak az eredményekkel. A folyón 62,4 kilogramm robbanóanyag felhasználásával 22 jégbe fúrt nyílásban, körülbelül 300 méter hosszú és 40 méter széles területet robbantottak fel, majd 16 órákor egy újabb jéggátat törtek fel a Dráva folyó 26. kilométerénél Eszék városa előtt is.

Északkelet-Romániában 2017-ben Vatra Dornei környékén a Beszterce folyón kialakult néhány „jéghegyet” a bákói (Bacău), a Botosani és Suceava város tűzoltói robbantással megsemmisítettek. Ugyanakkor február 5-én nyolc megyében (Alba, Beszterce, Kolozs, Maramaros, Maros, Neamț, Szilágy, Szucsáva) a felügyelőségek robbantástechnikai személynézet a kialakult jégtorlódások megszüntetése érdekében több helyszínen jégrobbantást hajtott végre.

A Szucsáva megyei rendkívüli helyzetek felügyeletének pirotechnikai csoportja Chilia és Dorna-Arini térségében a Beszterce folyón előállt jeget robbantotta fel. Ezeken a területeken 10 töltetet robbantottak fel 5 részletben, 20 kg trotil és 34 kg dinamit felhasználásával. A jégrobbantást követően a vízáramlás kedvezőbbé vált. A „Petrodava” Neamț-megyei vészhelyzeti felügyelőség pirotechnikusai február 23-án nyolc dinamitot robbantottak Topoliceeni faluban, Poiana Teiului községben. Az illetékesek szerint a robbantások eredményeként az 1000 négyzetméteres területen elpusztult a beállt jég. [15] A vízfolyásokon a hójelenségek miatti áradásokat a hatóságoknak tovább figyelemmel kellett kísérniük.

Igazán nagy jeges árvíz évek óta nem okozott problémát Szlovákiában. A mederszabályozások megbirkóztak a jéggel. Azonban Myjava és Humenné közötti területen 2011-ben a jeges árvízre vonatkozó figyelmeztetés első elővigyázatossági szintjét rendelték



8. ábra. A jég robbantása a Dráván (Forrás: tportal.hr / Szerző: Goran Flauder)



9. ábra. A jég eltömítheti a medreket
(Forrás: SITA ARCHIVE)

el. A kis vízfolyásokon a jeget munkagépekkel és kézzel is el lehetett távolítani, azonban a nagyobb jégakadályokat helyenként robbanóanyagokkal kellett felrobbantani. [17]

A JEGES ÁRVIZEK ELLENI ROBBANTÁSSAL TÖRTÉNT VÉDEKEZÉSEK ÁTTEKINTÉSE

A legnagyobb jeges árvíz után eltelt évtizedek után belátható, hogy a jég bombázásával és robbantásával szemben az akkori időben is irreális elvárásokat támasztottak. Az 1956. évi védekezést követően önjelölt szakértők gondoskodtak ennek közzétételéről. „Még a bombázók és robbantók sem tudták felrobbantani a jégtorlaszt” – ez a vezérgondolat szép lassan a védekezést követő években átformálódott a „jégrobbantás semmire sem jó”

elgondolássá. Ez a mérlegelés nélküli hozzáállás, az ismeretek hiányában, minden átgondolás nélkül napjainkig is tart. Ez több okra vezethető vissza.

Ezidáig senki nem írta meg, mint ahogy egyetlen más védekezési technológia alkalmazási történetének feldolgozása sem történt meg. Pl. jégtörő hajók alkalmazása, gátszakadás elzárásának gépei, vízminőségi kárelhárítás gépei, szivattyúzás. Ennek következtében a jégrobbantást – mind a laikusok, mind a szakemberek, és a jégrobbantásban érdekeltek – egy-két írás, szóbeszéd, látott vagy hallott esemény, nagy ritkán végrehajtott robbantási feladat régmúltba nyúló tapasztalatai alapján értékelték.

A jégtorlódások kezelésének és az ahhoz kapcsolódó minden intézkedésnek megvan-e a maga előnye és hátránya. Síkjég esetén könnyen eldönthető, hogy melyik módszert alkalmazzák. Azonban különösen nehéz a kérdés, ha védekezési intézkedések esetén kell eldönteni, hogy szükség van-e valamilyen beavatkozásra, vagy megszűnik a jégtorlódás magától? Mekkora veszély áll fenn valójában? Indokolt-e a jégtorlasz eltávolítását mesterséges úton megkísérelni?

A tapasztalat hasznos ezek eldöntéséhez, de a jégelakadás szempontjából ez nem gyakori, mert kevés embernek van lehetősége sok jégelakadást megfigyelni és abból a logikai összehasonlításokat elvégezni. Így azok tanácsai, akik ismerik a jégrobbantási módszereket és kialakulásuk történetét, felbecsülhetetlenek lehetnek a védekezésbe bevont emberek számára. Azonban a vízrajzi szolgálat nem tud adatokat szolgáltatni a jégtorlódás felépülésének gyorsaságáról, az így felépült jég vastagságáról, a jég alatt levő víz mélységéről és az eltávolításhoz rendelkezésre álló időről.

Tudomásul kell venni, hogy a hidak, zsilipek és egyéb műépítmények kijelzése egyszerű, mindennapi műszaki teendőt képez. Ez pedig a kezelő vagy fenntartó feladata. Amely lehet a

MÁV és a Közútkezelő, ha vízügyi kezelésben levő területen helyezkedik el a tulajdonát képező műtárgy. A tevékenységek elmaradása – késlekedése – miatt legtöbbször védekezést kell elrendelni.

Bár a robbantás nagyon drámai, mégsem olyan gyors vagy egyszerű megoldás, mint azt elvárják tőle. A robbantáshoz meg kell tervezni a hely felkutatását és be kell szerezni a robbanóanyagokat, a lyukak fúrásához szükséges eszközöket és a személyzetet. Mindaddig, amíg a dolgozók a torlódásnál dolgoznak, egyazon feladatként kell ellátni a riasztást, ha a jég magától elindulna. Legalább két embernek kell a lyukakat fúrnia, vagy jégperforátorokat beszállítani, és a felület érdességétől függően legalább négy emberre van szükség, hogy a tölteteket a lékekhez vigye. Mindenhez kell egy robbantószakember, egy felügyelet és két ember a töltetek betöltéséhez, és máris 12-15 főből kell állnia a csoportnak. Nagy szerencsével ez a személyzet két töltéssorozatot képes robbantani 0,5–1 kilométeres folyón naponta, esetleg többet, ha megfelelő rutinnal rendelkeznek.

Az igazgatóságok működési területén bármilyen védekezésjellegű munkavégzést csak akkor lehet végezni, ha a vízügy kéri. Azonban a védekezésbe bevonandó szervezetek képességeiről naprakész adatok nem állnak rendelkezésre.

MEGFIGYELHETŐ NEMZETKÖZI TENDENCIÁK

Valós, utólagosan is a legjobban áttekinthető jégrobbantásokat az utóbbi évtizedekben Amerikában, Oroszországban és Kínában végeztek. Ezen országokon kívül a jégrobbantásokról megjelent tájékoztatások még jobban kerülnek az autentikus magyarázatok közzétételét, pusztán a hír fontosságára fókuszálnak.

A tevékenységek két nagyobb csoportba sorolhatók. A legnagyobb csoport, mind gyakorlatban, mind védekezésben, a védekezésjellegű, bár ez jeges árvízet megelőző tevékenységnek tekinthető, a síkjég robbantása pontszerű és csatornanyitási módzatokban. E tevékenység ellátására mind a szervezeti rendszerek, mind az oktatás, mind a számítások alkalmazási feltételei hazánkban kívüli országokban célravezetőbb módon rendelkezésre állnak. Szinte mindegyik, a tapasztalatok felhasználásával végrehajtott jégrobbantás elérte a célját.

A másik csoport a másodlagos jégzajlás során beállt jég robbantása. E tekintetben a védekezők mindenfajta eljárást felhasználnak a katasztrófa bekövetkezésének megakadályozására vagy enyhítésére. A természet által kialakított jelentős vízfelületek miatt a hagyományos jégrobbantás e tekintetben hátrébb szorult, és előtérbe került a bombázás, a helikopteres jégrobbantás, a tűzéség igénybevétele. Az eredményeket nem lehet pontosan meghatározni. Nem lehet eldönteni, hogy mekkora részt képviselt az emberi tevékenység, és mekkora volt a a természet szerepe a jég eltávolításában. Azonban vitathatatlan, hogy akár az áradó szakaszban, akár az árhullám csökkenő szakaszában alkalmazták a jégrombolást, az árvíz korábban és kisebb károkozással vonult le. A robbanóanyagok munkavégző és a védekezők képességének ismeretében a védekezés sikerének aránya négyzetes vagy akár logaritmikus arányban csökken a vízfolyások méretének növekedéséhez képest. A kisebb csatornákon, vízfolyásokon bekövetkezett „kudar” a legtöbb esetben késlekedésre, szervezetlenségre vezethető vissza. Nagy vízfolyások eseményeinél száz évre visszamenőleg is csak egy-két alkalommal fordult elő, hogy ugyan felmerült a jégrobbantás alkalmazásának lehetősége, azonban mégsem vették igénybe. Viszont ez esetekben a jeges

árvíz emberi életet nem veszélyeztetett. A lehetséges gazdasági kár és a védekezés költsége már mérlegelés tárgyát képezhette.

A robbantásos védekezési eljárásoknál a természet védelme egyre nagyobb szerepet játszik. Emiatt Amerikában már a robbantás mellett egyidejűleg a vízi és szárazföldi munkagépek alkalmazására is felkészültek. Cél a munkagépek minél nagyobb arányú igénybevétele mindazonkon a területeken, ahol korábban robbantást alkalmaztak. Azonban az látszik, hogy a robbantás teljes mértékű kiváltására, pl. a nagy távolságok miatt, egyelőre nincs lehetőség. Születtek környezetvédelmi javaslatok is arra, hogy pl. „a halakat kisebb töltetekkel kell elriasztani”. Ennek azonban fenéken ülő jég esetében nincs sok értelme. Ez a gondolat még nagyon kis szektorra terjed ki. Valószínűleg Oroszország és Amerika után Kína is követni fogja a gyakorlatot.

A jégrobbantást végrehajtó katonai szervezetek mellett a polgári robbantószervezetek is szerepet kapnak. Egyedül Kínában van kizárólagosan e feladatra a hadsereg kijelölve. Azonban majdnem mindenütt a vízügyi és természetvédelmi szervezetek a robbantási feladat tervezésében, fejlesztésében jelentős arányban képviseltetik magukat, mert mindazoknak a felszereléseknek, személyzetnek és főleg adatoknak a birtokában vannak, amelyek az eredményes robbantáshoz szükségesek. Ha a kapcsolatok hiányoznak, hiányzik az egységes oktatás, akkor a rendszer úgy néz ki, mintha az egyik fél építené az autóutakat, készítené az üzemeltetéshez a KRESZ-előírásokat, a másik fél pedig csak vezetni tudna.

MEGFIGYELHETŐ HAZAI TENDENCIÁK

Magyarország területén a csöves tűzéség kivételével az összes jégvédekezési robbantási technológia alkalmazására találunk a múltban példát. A kis vízfolyásokon történt számtalan sikeres jégrobbantás méltatlanul feledésbe merült. A nagyobb vízfolyásokon bekövetkezett jégrobbantási eredménytelenségek ismertetése pedig kedvezően hatottak arra, hogy egyidejűleg végzett más ugyancsak sikertelen védekezési eljárások (technológiák) eredménytelensége vagy részeredményei feledésbe merülhessenek.

Talán a mélyművelési szén- és kőolajipar robbantómesterein kívül minden szervezet kipróbálta a jégrobbantás művészetét. Részt vettek benne a vízügyön kívül a honvédség, a rendőrség, a karhatalom (munkásőrség), a kőbányák és épületek robbantói, az ipari bűvárok és a hídépítők robbantómesterei is. Mindezek a szervezetek közül csak a vízügyi szervezet volt az, amely a jégrobbantást teljes mértékben át tudta tekinteni. Egyedül e szervezetnek volt egyidejűleg mélyépítési osztálya, vízrajza, teljes mértékű logisztikai háttere, hajózási és légi felderítési osztálya, bűvárszolgálat és minden más, ami szükséges a sikeres robbantások végrehajtásához. Százötven évre visszatekintve látható, hogy egyedül ez a szervezet gondoskodott folyamatosan a kifejezetten jégrobbantásra alkalmazható szakfelszerelések fejlesztéséről, a jégrobbantás legújabb vívmányainak oktatásáról és a jégrobbantásról szóló könyvek és szabályzatok kiadásáról, oly módon, hogy közben az egyéb vízügyi (pl. gát, műtárgy és folyómeder) robbantások ellátásáról is gondoskodott. Az is észrevehető, hogy a hazai jégrobbantási technológia eszközparkja teljesen eltér a világon fellelhető összes jégrobbantási technológiától. Megfigyelhető, hogy Magyarországon, sőt a Kárpát-medencében a jégrobbantás nem tekinthető módszeres tevékenységnek.

A világ összes országában elterjedt jégben történő csatornanyitás gondolata, hazánkban ez fel sem merülhet. A Felső Dunán egy erőmű tározóterének az 50-es években történt

feltörésekor keletkezett az erőműre leúsztatott torlasz eseményeinek negatív hatása napjainkban is érvényre jut. Számtalan vízügyi védekezési technológia okkal került bele a történelemkönyvekbe (pl. hullámverés elleni védelem rőzsehengerrel), több új keletkezett (pl. vízminőségi kárelhárítás, drónhasználat), és vannak technológiák, amelyek estenként újjászületnek (pl. jégtörő hajó).

A vízügyi robbantás már nem tudja hasznosítani a drónokat, a robbanóanyag jégre szállításához, a rádióirányítású robbantásindításhoz, mert gazdátlaná vált. Pedig ez volt a jégrobbantás legnagyobb akadálya.

Az, hogy a jégrobbantás a történelemkönyvekbe kerüljön, vagy, hogy melyik úton haladjon tovább, azt a természet és az emberi akarat majd eldönti. Így voltunk régen s vagyunk ma is sok mindennel, a pozitív eredmények és a tapogatózások egymást váltogatják. A természet által létrehozott akadályok igen sok gondot okoznak az emberiségnek, de a kettős ok: az ambíció és az önvédelem óriási erőt kölcsönözhetnek neki.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] White, K. D. – Kay, R. L. (1996). *Ice jam flooding and mitigation: Lower Platte River Basin, Nebraska* (Special Report CRREL-SR-96-1). U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory.
- [2] Engelmann (1829). Glück, über das Sprengen des Eises. *Polytechnisches Journal*, 33(LXXXVIII), 378–381. Online: <http://cu-peitho.culture.hu-berlin.de/article/pj033/ar033088>
- [3] Váczi Közlöny (1891. március 15.). Vác. *Váczi Közlöny*, 13. évf., 11. sz.
- [4] Jókai, M. (2008). *Kárpáthy Zoltán* (Jókai Mór válogatott művei, 3. kötet). Budapest: Kossuth Kiadó.
- [5] Takács, E. (1997). *Petrák-krónika: „mélis Szentes városának a legrégib időktől valló történetét ... foglalja magában”*. Szentes–Szeged: Csongrád Megyei Levéltár. (Tanulmányok Csongrád megye történetéből, 25).
- [6] Lukács, L. (2017). *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből: különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó.
- [7] Daruka, N. (2009). *A jeges árvíz elleni védekezés lehetőségei hazánk belvizein és nemzetközi víziútjain, különös tekintettel a jégrobbantási feladatok ellátására* (pp. 1–77). Szakdolgozat. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Védelmi Igazgatási Mesterképzési Szak, Diplomamunka.
- [8] Lukács, L. – Kovács, Z. (2021). Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945–1990. 3. rész: Jégvédekezési robbantások. *Katonai Logisztika*, 29(1–2), 304.
- [9] Schaffer, A. (1912). Jelentés az 1902–1903. évi bajai jégrobbantó munkálatokról. *Vízügyi Közlemények*.
- [10] Pogonyi, Gy. (1929). A Duna és Tisza magyarországi szakaszán 1928/29. évek telén előállott jégviszonyok. *Vízügyi Közlemények*, 224–232.
- [11] Ung (1912. február 18.). *Ung*, 50. évf., 26. sz. (január–június).
- [12] Nyírvidék (1912. május 19.). *Nyírvidék*, 33. évf., 20. sz. (1–26.).
- [13] Ihrig, D. (1956). Az 1956. évi dunai jeges árvíz. *Vízügyi Közlemények*, 38(2), VII. Kisebbségi közlemények.
- [14] Sümegi, M. (2003). Emlékezés az 1954. és az 1965. év dunai árvizeire. *Hidrológiai Közlöny*, 83(1).
- [15] Vlad, I. (n.d.). Pompierei au dinamitat zápoarele de gheață de pe râul Bistrița. *Unu Versul Argeșean*. Online: <https://www.universulargesean.ro>
- [16] Trško, M. (2011. január 31.). *TASR / POST.sk*, Pozsony.

JÉGROBBANTÁS MAGYARORSZÁGON MINT A JEGES ÁRVÍZEK ELLENI VÉDEKEZÉS EGYIK KIEMELT MÓDSZERE¹

Trenka László²

ABSTRACT

The icing of Hungary's rivers has long been a problem, as icing can trigger disasters, leading to damage events. However, it should be emphasized that glacial flooding is becoming a decreasing problem as a result of climate change and river regulation. Given the fact that humans cannot control the weather, protection against ice cannot be neglected. Ice floods can cause serious damage to public and private property and endanger human lives. There is still a need for professionals with the appropriate professional knowledge who are capable of preventing and averting disasters with their knowledge. One of the most important methods of protection against ice floods is ice blasting, which requires serious expertise.

Keywords: ice blasting, observation of ice phenomena, usability of drones in disaster management

ÖSSZEGZÉS

Magyarország folyóinak jegesedése régóta gondot jelent, mivel a jegesedés katasztrófák kialakulását idézheti elő, ami káresemények bekövetkezéséhez vezet. Azonban hangsúlyozni kell, hogy az éghajlat változásának, valamint a folyók szabályozásának eredményeként csökkenő problémaként jelenik meg a jeges áradás. Bár tekintve azt a tényt, hogy az időjárást az ember nem képes szabályozni, így a jég elleni védekezés továbbra sem hanyagolható el. A jeges árvíz komoly károkat képes okozni az állami és magántulajdonokban, emberi életet veszélyeztet. Továbbra is szükség van a megfelelő szakmai ismeretekkel rendelkező szakemberekre, akik képesek a tudás birtokában a katasztrófa megelőzésére, elhárítására. A jeges áradás elleni védekezés egyik kiemelt módszere a jégrobbantás, ami komoly szakismereteket igényel.

Kulcsszavak: jégrobbantás, jégjelenségek megfigyelése, drónok használhatósága a katasztrófavédelemben

BEVEZETÉS

A téli időjárási viszonyok a közúti közlekedésen kívül a vízi közlekedést, a vízi utak használatát is jelentősen befolyásolni tudja. A jég megjelenése a folyókon, vizeken rendszeresen megjelenő időjárási folyamat. Mérhető és megfigyelhető jelenség azonban a jeges időszakok csökkenése. A folyókon megjelenő jég katasztrófát okozhat. A jégjelenségek megfigyelésével elődeink hosszú évtizedeket töltöttek már el. A megfigyeléseket mintegy 300 éve

¹ Blasting in Hungary as a Possible Method of Protection Against Ice Floods

² Robbantástechnikai szakember; email: laszlotrenka85@gmail.com; ORCID: 0009-0002-2626-9721.

dokumentálták és elemezték a további katasztrófák elkerülése, megelőzése, illetve a károk csökkentése érdekében. A korábbi évtizedekben született tanulmányok a téli időszakra vonatkozóan fontosnak tartották a folyókon történő hajózás időszakának meghosszabbítását. A feladatot a jég levonulásának biztosításával oldották meg. A vízi közlekedési útvonalak járhatóságával az állampolgárok jelentős része szinte nem is foglalkozik mindaddig, amíg nem szembesül azzal, hogy a folyók jegesedése milyen nehézségekhez, katasztrófákhoz vezethet. A folyók vízének jegesedése, befagyása, majd gyors felszakadása jégtorlaszokat okozhat. A torlaszok feletti részben a megemelkedő víz pedig jeges áradásokhoz vezethet. Az áradások anyagi károkat okoznak, és emberi életeket veszélyeztetnek. Az anyagi károk keletkezhetnek a civil lakosság tulajdonaiban, a gazdasági élet szereplőinek ingatlanjaiban, ingóságaiiban, illetve az állami vagyonban is. A témakidolgozásban bemutatom a megelőzéshez alkalmazott földi, légi és vízi megfigyelés lehetőségeit, említést téve a drónok fejlődéséről és alkalmazásuk lehetőségeiről.

A JÉGROBBANTÁS TÖRTÉNETE MAGYARORSZÁGON NAPJAINKIG

A jeges áradások által okozott károk, a jég megindítására, az áradások megelőzésére vonatkozóan nagyon sok tanulmány, elemzés készült. Ezek közül a jeges áradások történelmi visszatekintését mutatom be Lukács László professzor úr könyvének ide vonatkozó alfejezete [1], valamint Tóth Ferencnek a Magyar Robbantástechnikai Egyesület Fűrés-, Robbantástechnika 2012. évben megtartott nemzetközi konferenciáján elhangzottak alapján. [2]

A történelmi feljegyzések számos dunai áradásról számolnak be. Ezek közül jelentős számban tesznek említést olyanokról, amelyek a hideg időszakokkal, a fagyponthoz alatti hőmérsékletekkel függnek össze. Az 1012 és 1013 közötti időszakra vonatkozóan Közép-Európára, ezen belül a Dunára a legszélesebb körű összeállítás 450 különböző végkifejletű árvízi eseményről nyújt tájékoztatást. [3]

„1709-ben a folyók háromszor, márciusban negyedszer fagytak be. Az emberek az ágyukban halálra fagytak, a madarak fagyottan hullottak le a fákról.” [4] 1732-ben már a jeges árvízről tesznek említést a szakirodalmak. 1740-ben szokatlanul hideg tél tombolt Duna medencében. Ekkor a föld olyan hideg volt, hogy a halottakat nem lehetett eltemetni.

A következő adat: 1744. március 4-e és 10-e közötti időintervallumban, valamint az 1768-as években feljegyzett jeges árvizeknél Pest megye területén 557 ház omlott össze, valamint 3662 állat pusztult el.

Az 1700-as években az árvizeknek azonban a fent említettekkel még nem volt vége. 1775-ben, 1781-ben, 1789-ben és 1799-ben is jelentkezett jeges árvíz, majd 1807-ben, 1811-ben és 1830-ban szintén. Ebben az időben az egyik legnagyobb pusztítást végző jeges árvíz 1838 márciusában történt, melynek következtében Pesten 2281, Budán 204, míg szintén a budai oldalon, de akkor még Óbudán 397 ház omlott össze, és 1363 rongálódott meg.

A következő jelentős áradás, mely a jég torlódásából eredt 1876. január 30-án történt, amikor is 8 km hosszúságban 5,6-6,6 m vastagságban alakult ki jégtorlasz a Dunavecse és Gerjen közötti folyószakaszon. Ennek a jégtorlasznak a felszámolása érdekében – Dolecskó Mihály beszámolója szerint – kísérletet tettek a robbantással történő jégtorlódás megszüntetésére, de ez nem járt sikerrel. A robbantáshoz dinamitot használtak. A sikertelen

robbantás ellenére 1901-ig a rendelkezésre álló adatok szerint ritkán alkalmaztak jégrobbantást, de itt szeretném megemlíteni azt, amikor is 1897-ben Schaffer Antal királyi főmérnök egy utáskülönítménnyel jégtorlaszt robbantott. Később 1901 februárjában Visegrádnál a Duna jegén hajtottak végre mindösszesen 41 darab kísérleti robbantást. A végrehajtás eredményeit dokumentálták. 1902-ben, amikor a Duna, a Baja és Gerjen közötti szakaszon ismét befagyott, újra egybefüggő jégtakaró alakult ki. A Visegrádnál szerzett tapasztalatok felhasználásával robbantással megbontották a jeget. A gyakorlat ismeretében a dinamit már jól hasznosítható volt a tömör jégben, és a haloxilin hatékonynak bizonyult a laza szerkezetű jég megbontásánál. A haloxilin a dinamithoz képest egy kevésbé brizáns robbanóanyag. A kapcsolt robbantások hatására az első napon egy 80 m széles és 100 m hosszú, majd a következő napon már 80 m széles 250 m hosszú, míg végül egy 160 m széles és 200 m hosszú csatornát sikerült nyitni a fagyott jégben.

1903. január 7-én a 13. utász zászlóalj hajtott végre jégrobbantást a Vág folyó keszegfalvi szakaszán, a folyó kanyarulatában. A befagyott folyón 50 m szélességben és 70-80 m hosszúságban nyitottak csatornát. A robbantáshoz 140 kg ekrazitot, 400 m durranó gyújtószinórt és 75 db 2 grammos lövőkupakot használtak fel.

A lövőkupak egykori jelentése: Nobel-féle, 2 gramm durranóhigany-tartalmú gyutacs. 1940 tavaszán Ercsi és Baja között jégtorlasz jégmentesítésére alkalmaztak először repülőgépeket. A Junkers 86 típusú repülőgépek 50 kg-os légi bombákkal bombázták a jéggel borított folyót. Szám szerint 271 db légibombát használtak fel. Az eredmény nem volt megfelelő – derült ki a Magyar Mérnöki és Építészeti Egyesület értékeléséből. Az egyik problémaként említették az együttműködés hiányát a vízügy és a légierő között.

A II. világháborút követően az ezidáig legnagyobb jeges árvíztől 1956 tavaszáról maradt fenn adat, amely szerint a Duna több száz kilométeres szakaszon fagyott be. A katasztrofális okok egyike közé sorolható, hogy árhullám és hideghullám váltotta egymást, aminek a végeredménye, hogy 7-11 méter vastagságú jégtorlaszok képződtek, melyek szinte megbonthatatlanok voltak.

A jégtorlaszok vízszintemelkedéshez vezettek, és a tetőzés Bajánál történt. 1955 januárjában az önálló szervezatként felálló Bajai Vízügyi Igazgatósága a katonai együttműködéssel kísérte meg a jég megbontását. A légierő bevetette az IL-10-es repülőgépet a bombázáshoz, továbbá az utászcsapatok tüzérségi eszközöket is alkalmaztak a hagyományos jégrobbantások mellett. Mint korábban, a háború előtti időszakban, itt is problémaként említették a koordináció és a jelentési kötelezettségek összehangolásának hiányát.

1966 telén, februárban a Berettyón történt jegesedés, jégmegállás. Szeghalom térségében egy vasúti hídnál megállt a jég. Ebben az esetben az akkor kivezényelt budapesti Árvízvédelmi Készenléti Szervezet és a Hadihajós Ezred együttesen hajtotta végre a robbantási munkákat. A napokon keresztül végrehajtott robbantások ellenére a feltorlódott jég és a folyó felső szakaszáról érkező jégtáblák egymásra csúsztak, valamint a megemelkedett vízszint eredményeként megrongálták a gátak koronáját. A robbantási munkák kilencedik napján sikerült elérni, hogy a Gáborján térségében levő hídnál a jég megindult. Az itt szerzett tapasztalatok eredményeként a későbbiekben kialakításra került a szükségtározós technológia, a tározók kialakításánál elkészültek azok a robbantási helyek, melyek a gátak gyors megnyitását tették lehetővé. A jégtörő hajók alkalmazásával egyidejűleg a torkolat környékén bevezetésre került a rádóbótöltetek használata.

A korábbi tapasztalatok alapján 1973-ban, ahol az egyéb jégtörési módszerek nem jártak eredménnyel, vagy nem lehetett kivitelezni, a jégrobbantás eredményes volt. A következő évben 1974-ben, valamint 1977-ben a Felső-Tiszaán vált szükségessé a jégrobbantás, mivel a jégtörő hajók által végrehajtott jégtörés után a hátrahagyott karéjjeget kellett robbantással megbontani. 1985-ben szintén hasonló okok miatt vált szükségessé a jég robbantása.

2003 tavaszán a Tiszaölvi erőmű alvízi oldala befagyott. A jégtörő hajókat közúton szállították a védekezés helyére. A hajók megérkezése előtt a jég bontását robbantással kezdték meg. Mivel a víz folyása lassú volt, ezért a megbontott jeget csak lassan vitte tovább. Ekkor vált szükségessé, hogy a jég robbantással végrehajtott bontását kiegészítsék a jégtörőhajók munkájával. A két tevékenység egymást kiegészítve képes a leghatékonyabban elvégezni a jég megindítását a befagyott folyókon. [2]

A JÉG KIALAKULÁSA MAGYARORSZÁG FOLYÓIN, A JEGES ÁRVIZEK ELLENI KÜZDELEM NAPJAINKBAN

A téli időjárási időszakban a folyók vízállása általában alacsony. A jegesedés ott kezdődik meg, ahol a folyó méretében, állapotában valamiféle olyan változás áll be, ahol a jeges víz lelassul, a jégtáblák egymáshoz csatlakoznak, és torlódás alakulhat ki. A nyílt vízfelszín felülete csökken a jégtorlódás következtében. Ezzel kialakul a folyón egy jégtorlasz, mely nem engedi a víz szabad folyását, ezáltal azon a területen a vízszint elkezd emelkedni. A jégtorlasz kialakulásának a legnagyobb esélye a folyókon található műtárgyaknál, valamint a kedvezőtlen mederszakaszoknál történhet. [5] Kovács-Szenti 1974. évi vizsgálatában négy csoportra osztja a jeges árvíz kialakulását befolyásoló tényezőket, melyek az alábbiak:

- meteorológiai;
- hidrológiai;
- morfológiai;
- földrajzi. [6]

A felsorolásban elsőként megadott meteorológiai tényező [5] a jégképződés, jégkialakulás szempontjából jelentős, ha tartós és intenzív lehűlés történik. Ebben tényezőben a globális felmelegedésnek a szerepét nem kifejezetten úgy kell értelmezni, hogy a jövőben nem fog kialakulni jegesedés. Inkább a veszélye az, hogy változó időjárási viszonyok szélsőséges helyzeteket hozhatnak. Például extrém hideg, tartós lehűlés.

A következő tényező a hidrológiai, [5] amely a vízjárás egyediségeire koncentrál. Ez alatt a folyók és mellékfolyók vízhelyzete értendő, amikor alacsony vízállási időszakban a szabályzó műtárgyak, a folyómederben lévő zátonyok a felszín közelébe, illetve a felszínre kerülnek, és mindezek hatására a jég kialakulása könnyebb, ezáltal a jégtorlasz megjelenésének lehetősége jelentősen megnő.

A morfológiai tényező, [5] amely befolyásolja a jég kialakulását. Ez a meghatározás a főmeder és a hullámtér tulajdonságainak jellemzőiből tevődik össze. Egy folyómeder

szélessége, a medermélység, folyókanyarulatok és a folyó esése azok, amelyek befolyásolják a jégképződést, és a jég megállást, aminek következtében jégtorlódás alakulhat ki.

A földrajzi tényezők [5] azt kell érteni, hogy Magyarország földrajzi medencében helyezkedik el, aminek eredményeként a beáramlott hideg levegő esetenként tartósan megmarad. A földrajzi tényezők kihatással vannak arra, hogy az enyhülés a folyó felső vagy az alsó szakaszán kezdődik-e meg. Ennek jelentősége abban áll, hogy amennyiben egy olvadás a folyó felső szakaszán kezdődik, akkor annak eredménye egy esetleges jeges torlódás, és ráfutás az alsó folyószakaszon a még jeges vízfelületre.

JEGES ÁRHULLÁMOK KIALAKULÁSA

A jég képződésének megismeréséhez meg kell határozni a vízfolyás hőháztartási egyenletét. Itt most csak megemlítem a jégképződés egyenletének meghatározásához szükséges együtthatókat, amelyeket figyelembe kell venni:

- besugárzási meleg;
- folyómederből származó geotermális hő;
- talajvíz hozzááramlási hője;
- mederfenéken termelődő súrlódási hő;
- kisugárzási hőveszteség;
- párolgási hőveszteség;
- kondukciós és konvekciós hőveszteség;
- hőesés alkalmával az olvadáshoz szükséges és elvont hő.

A folyóvizek jégviszonyai jelentősen eltérnek az állóvizek jégviszonyaitól. Míg az állóvizek esetében hőmérsékleti rétegződés figyelhető meg, addig a folyóvizekben megfigyelhető turbulencia következtében azonos hőmérséklet a jellemző. [6]

A jég kialakulásának helye szerint három típust lehet megkülönböztetni:

- a folyó felszínén kialakult jég;
- lebegő jég a folyómeder teljes keresztmetszetében;
- fenékjég, ami a meder fenéken és a mederakadályokon képződik.

A csendesebb folyású vizeken a jégképződés a karéj- és parti jég kialakulásával kezdődik meg, általában a szabályozási művektől és a sarkantyú közből megindulva. Az itt kialakult jegesedés halad a folyó medrének közepe irányába.

A tartós hideg beálltával ezek együttes hatására jelenik meg az összefüggő jégtakaró. A gyorsabb, sebes folyású vizeken a jég beállása nem a parti jég kialakulásának következtében történik, hanem inkább a belső és felszíni jég képződésének az eredménye a folyó teljes keresztmetszetében kialakuló jég.

A mederfenéken és a felszínen képződött jegesedés okozza a keresztmetszeten kialakult összefüggő jeget. Ezen folyók esetében is a partok mentén és a szabályozási műveknél, ezek árnyékos részén természetesen kezdődhet a jég kialakulása, de ezen esetekben önállóan nem eredményez teljes keresztmetszetben kialakult összefüggő jégtakarót.

A JÉGRŐL ÁLTALÁNOSSÁGBAN

A levegő hőmérsékletének változásaira a víz megváltoztatja halmazállapotát, melegszik, majd hűl, kitágul, illetve összehúzódik. A levegő tartós lehűlése mind az álló, mind pedig a folyók vizeinek hőmérsékletére, fajsúlyára vonatkozóan változást idéz elő. A tartós hideg eredményeként megjelenik a jég, mely a víz szilárd fázisának neve. A víz standard légköri nyomáson, 0 °C-on fagy meg. A víz a földön az egyetlen anyag, amely folyékony, légnemű és szilárd állapotában természetes körülmények között megtalálható.

Jégjelenségek

- *Parti jég*: mozdulatlan jégsávok, az egyik vagy mindkét part mentén, ha környezetükben a folyó közepe nincs befagyva.
- *Vízben úszó hó*: puha, nem összefagyott, formátlan tömeg, mely vizes vattához hasonlít.
- *Hártyajég*: vízben úszó vékony, tű és lemez alakú jégkristályok.
- *Kásajég*: vízben úszó szivacsos, lyukacsos szerkezetű, nem átlátszó jégtömeg, mely a felszínre emelkedett fenékjégből, hártajégből, törtjégből, parti jégből, vízben úszó hóból keletkezik.
- *Fiatal jég*: kis méretű jégtáblák és a kásajég összefagyásával keletkezik.
- *Jégtábla*: szilárd, összefüggő felülettel rendelkező táblák, melyek átmérője a folyó szélességének negyedénél kisebb.
- *Jégmező*: nagy táblák, melyek a folyó szélességének több mint egynegyed részét foglalják el.
- *Álló jég*: adott hosszon a teljes vízfelületet borító, vagy ritka síkvízi szakaszokkal megszakított, mozdulatlan jégtakaró sima vagy torlódott felülettel.
- *Síkvíz*: szabad vízfelszín az álló jégtakarók között.
- *Korhadó jég*: a jégtakarónak a hőhatás következtében szivacsossá vált állapota.
- *Jégzajlás*: úszó jégtáblák és jégmezők, melyek szélükkel összefagyott kásajégből, hártajégből és parti jégből állnak.

A MEGELŐZÉS ESZKÖZEI

Általában a katasztrófák elleni védekezésről, a drónok alkalmazásának lehetőségei

A katasztrófák vagy veszélyhelyzetek kronológiailag elhatárolható szakaszokra bonthatók, melyek az alábbiak: [7]

- az árvízmentes időszak (itt szükséges a megfigyelés);
- a katasztrófa bekövetkezésének ideje, ahol az elsődleges beavatkozás;
- a káresemény vagy katasztrófa és az utána következő időszak.

Napjainkban a korszerű meteorológiai előrejelzések alapján a katasztrófavédelemért felelős hatóságok, szervezetek képesek előre felkészülni és reagálni a várható rendkívüli helyzetekre. Ezek ismeretében a drónok alkalmazására a megelőzés, végrehajtás, kontrollálás kérdéskörökben is fel lehet készülni.

A katasztrófa bekövetkezése előtti időszak

Az áradások – ideértve a jeges áradást is – elleni védekezés egyik kiemelt tényezője a folyók medrében történő akadály nélküli lefolyás biztosítása. Ide értendő a gátak, egyéb műtárgyak akadálymentes tisztasága, megfelelő minőségben történő megléte. A drónok használata lehetővé teszi a levegőből történő megfigyelést. Alkalmazása rövid idő alatt biztosítható. A megfigyelés, adatgyűjtés nemcsak a folyóra, hanem annak hullámterére és árterületére, gátjaira, a folyót keresztező hidak akadályképző kialakítására is kiterjed. A megfigyelés a meteorológiai állapoton kívül jelentősen függ az alkalmazott drón repülési magasságától, az alkalmazott kamera látószögétől és optikai paramétereitől. A drónok alkalmazásával rövid idő alatt jelentős hosszúságú folyószakasz és a hozzá tartozó árterületi rész megfigyelése biztosítható. [7]

A katasztrófa bekövetkezésének ideje

Ezen időszakban a drónok alkalmazásával megfigyelés alatt lehet tartani a vízszintemelkedést a folyókon, illetve a már elöntött területeken, valamint fel lehet készülni az esetlegesen elöntésre váró területeken végrehajtandó feladatokra. Ebben az időszakban a drónok által adott adatok alapján el lehet dönteni, hogy a megfigyelt szakaszon hol szükséges a védekezést erősíteni, illetve a várhatóan elöntésre kerülő területeken élőket ki kell-e telepíteni.

Amennyiben nem villámárvíz kialakulásáról beszélünk, akkor a katasztrófa kialakulása egy viszonylag lassú folyamat, így a drónokon elhelyezett fedélzeti mérő-, és megfigyelőberendezések megfelelő használatából nyert adatok információt biztosítanak a védekezést irányító, koordináló hatóságok felé a gátak állapotáról, a teherbíró képességeik meglétéről a veszélyeztetett területen. Ezek mellett adatok szerezhetők be a veszélyeztetett folyószakaszok gátjait érő terhelésekről, a buzgárok és csurgások megjelenéséről.

Meg kell jegyezni, hogy katasztrófavédelmi területen a drónok megjelenésétől kezdődően szándék mutatkozik arra vonatkozóan, hogy a megfigyelési és adatgyűjtési tevékenység kiszélesedjen a katasztrófa elhárításában való aktív feladat-végrehajtásra is. [7]

A katasztrófa és az utána következő időszak

A már elöntött területeken a tetőzést követően történik az áradás levonulásának időszaka. Az elöntött területen, ahogy vonul vissza az ár, a motorcsónakkal történő megfigyelés lehetősége egyre csökken, mivel az apadás már nem teszi lehetővé a motorcsónak alkalmazását. Azon területen, ahol az árvíz visszavonult, a gépjárművel történő megfigyelés szintén korlátozott, ugyanis a talaj nem szikkadt, a járművek közlekedése nem lehetséges. Ezekben az időszakokban a drónok alkalmazásának kiemelt jelentősége lehet az árvízzel elöntött területek, gátak, hidak állapotának felmérésében, a kárelhárítási munkák megszervezésében. [7]

Jégmegfigyelés feladata, módja és a jégjelentés

Az árvízvédelemben, azon belül a jeges áradás elleni védekezésben igen fontos tényező az időben történő észlelés, mely a hatóságok részéről történő időbeli reagálást segíti elő. A veszélyhelyzet észlelése az alábbi módokon történhet:

- földi adatgyűjtés;
- légi adatgyűjtés;
- vízi vagy folyami adatgyűjtés.

A fentebb felsorolt adatok továbbítása szükségszerű az elemzés érdekében, mely ismeretében történik a veszélyhelyzet elhárítására történő reagálás.

A felsorolt három megfigyelési és adatgyűjtési mód közül a légi megfigyelést ismertetem részletesen a katasztrófavédelem adatgyűjtési módszerei közül, mivel a légi megfigyelés témakörében a drónok jeges áradások elleni további alkalmazásának és használhatóságának lehetőségei még kiaknázásra várnak. E feladatkör már évtizedekkel ezelőtt is nagy jelentőséggel bírt. [6]

Földi észleléses adatgyűjtés

Magyarország folyóinak vonatkozásában a vízrajzi és hidrometeorológiai adatok gyűjtése és elemzése folyamatos. Ez a téli időjárási viszonyok idején kiegészül a jégjelentéssel, mely leginkább a folyókon észlelt jég megjelenésére figyel. Az észlelőszolgálatot ellátók a jégjelentő állomásokon észlelt adatokat továbbítják.

Ezek a figyelési pontok, a folyók jégjárásától függően, 4-6, valamint 2-3 km távolságban lehetnek egymástól. Az adatok beszerzése figyelemmel van a jég kialakulására, annak levonulására, a hidak védelmi művekre gyakorolt hatására.

Az érintett vízügyi szervek megkapják az adatokat, melyek segítenek a szükséges és elvárt védekezési folyamatok megtervezésében, azok végrehajtásában. A készültségi szint emelésével fokozni tudják a megfigyelést, ami időszerűvé teszi az intézkedések bevezetését a katasztrófa megelőzésére vagy elhárítására.

A folyami jég észlelése vonatkozásában Keve Gábor az a „*Folyami jégészlelés fejlesztési lehetőségei*” című PhD-értekezésében a webkamera alkalmazásának lehetőségét vizsgálta meg. [5] Az értekezés készítője 2006-ban az EU Instrument for Preaccession Assistance program keretében a Duna folyó Dunaföldvár és Baja közötti folyamszakaszán, előre kiválasztott helyekre 5 webkamerát helyezett ki. A kamerákat egymástól 30-40 km-re helyezték ki, és így egy 130 km-es folyószakasz vált ellenőrizhetővé az online megfigyelés által.

A projekt a jégjelenségek időszerű megfigyelését tette lehetővé, így a folyón megjelenő, levonuló jég vonatkozásában azonnali adatokkal szolgált. A kamerák által továbbított képi információk mennyiségi, valamint minőségi adatokkal látták el a szolgálatot. Lehetőség nyílt a jég vonulásával kapcsolatos képi információ visszajátszására, ismételt lejátszására, kimerevítésére, ráközelítésre.

A döntéshozók ezáltal a jégvédekezéssel kapcsolatosan a védekezésbe bevonható erők, eszközök, gépek, hajók elosztásában pontosabb és hatékonyabb döntések meghozatalára váltak képessé. Figyelemmel arra, hogy a védekezési tevékenység magas költséggel

jár, ezért a döntéshozók munkáját nagyban segítette például a jégtörő hajók vagy flotta mozgatózásában, mivel a hajók tevékenységének jelentős az üzemeltetési költsége. Az anyagi előnyök mellé társult még a járőri tevékenység célirányos mozgatózása, értendő ezen a kritikus szakaszokra történő átvezénylése.

Az internet segítségével a webkamerák képei megoszthatóvá váltak, aminek eredményeként a vízügyi szakemberek a védekezéssel kapcsolatos tevékenységeket valós adatok ismeretében ismerhették meg. Figyelemmel arra, hogy a jég elleni védekezés határon átnyúló tevékenység, így a szerb, valamint horvát vízügyi szervekkel történő együttműködés elkerülhetetlen.

Keve Gábor az értekezésében megjegyzi, hogy a siker ellenére a védekezést követően a rendszer karbantartására hazánk nem fordított kellő figyelmet, így a későbbi védekezésnél, 2012-ben és 2017-ben a webkamerák a zajlások adatait nem kellő precizitással mutatták be. [5]

LÉGI MEGFIGYELÉS, VALAMINT A LÉGI JÁRMŰVEK KATASZTRÓFAHELYZETBEN TÖRTÉNŐ ALKALMAZÁSA

A jeges árvizek elleni védekezésben a légi úton beszerzett adatok minőségi javulást mutatnak mind a rövid idő alatt adott folyószakaszon megtett útvonal hosszában, mind pedig a digitális fényképezőgéppel készített fotók tekintetében.

A légi járművel végrehajtott megfigyelés igen jól kiegészíti a földi megfigyelést, jelen témakör esetén a jeges áradás földi megfigyeléssel beszerzett adatait.

A helikopterek helyben lebegő képessége a légi megfigyelést nagyban elősegítette. 1963-ban a légi megfigyelés jól kiegészült a helikopteres megfigyeléssel. A MIL Mi-8 típusú helikopterek 1969. február 12-én érkeztek Magyarországra. 1970 tavaszán az országot sújtó árvíznél már valós körülmények között megfigyelési, illetve mentési feladatokat láttak el. A helikopterek a későbbiekben a felderítés fontos eszközeivé váltak az árvízi védekezések során.

Keve Gábor a folyami jégészlelésről írt értekezésében, 2010-ben említést tesz az UAV-ok, a pilóta nélküli légi járművek használhatóságáról. Ez a technológia az élet jelentős területein már akkor is komoly érdekeltséggel bírt. Ilyenek például a rendezvényekről, szabadtéri eseményekről fotók, élő képek továbbítása, rögzítése. Az UAV-ok által lehetőség nyílik a jeges áradás idején fotók, élő kép továbbítására a védekezéshez szükséges elemzés meghozatalára. [5]

A drónokon belül megkülönböztetünk pilóta nélküli repülőgépeket, valamint távirányítású repülőket. „A távirányítású repülő, vagyis a drónok egy alcsoportját képezik a pilóta nélküli repülőgépek, habár e fogalmak terén az egyes forrásokban mutatkozik némi bizonytalanság. A pilóta nélküli repülőgép (Unmanned Aerial Vehicle, a továbbiakban: UAV) irányító személyzet és mindenfajta közvetlen emberi beavatkozás nélkül repül. A Remotely Piloted (Aerial) Vehicle (RPV; másként: Remotely Piloted Aircraft System, a továbbiakban: RPAS) elnevezés távolról irányított légi járművet takar, amely magában foglalja a távirányítású repülőt, a repülőre szerelhető vezérlő egységet, az irányító egységet és minden olyan eszközt, mely a repülési feladat végrehajtásához nélkülözhetetlen.” [8]

A fentebb ismertetett mindkét dróntípus alkalmazási területe igen sokrétű. Jól alkalmazhatók olyan helyeken, amelyek gépjárműves vagy gyalogos megközelítése nehézkes,

vagy az ott jelentkező problémák feltárása az emberi életre, egészségre veszélyes lehet. Ez nemcsak háborús körülményekre vonatkozhat, hanem katasztrófa helyszínének felderítésére, adatok beszerzésére.

A területek, melyeken alkalmazhatók ezek a járművek, széles skálán mozognak, felsorolni is sok lenne, de jól mutatják a drónok használhatóságát. Ilyen területek a katasztrófavédelem, vízügyi szolgálatok, ezen belül az árvízvédelem, iparbiztonság, ahol kémiai, biológiai, nukleáris eseményekkel kapcsolatos védelmi, adatszerzési feladatok érdekében az emberi élet megóvása céljából bevetethetők. Ezek az eszközök alkalmasak arra, hogy egy előre megírt útvonalat bejárva térképezzék fel a területet, és onnan képi, valamint egyéb mintavétel céljából elhelyezett műszerek segítségével adatokat közöljenek a vezetés-irányítási pontoknak. A drónok másik típusa, mely szintén pilóta nélküli jármű, az, amelynek szintén nincs személyzete, de ennek a típusnak van távolról manuálisan irányító pilótája. Az eszközök beépített helymeghatározó rendszerrel vannak ellátva, mely segítségével tájékozódnak a műholdas rendszerek használatával.

A hazánkat 2013-ban sújtó dunai árvíz idején a honvédség megbízásából fejlesztett drónok kerültek bevetésre megfigyelési, adatgyűjtési céllal, ahol egy 30 négyzetkilométeres területről közvetítettek online adatokat. Az elvégzett feladat alátámasztotta azt, hogy a drónok alkalmasak a vízügyi szolgálatok feladatainak támogatására, hogy felderítsék katasztrófa-helyzetben vagy azt megelőző időszakban a folyóvizeken megjelenő vízszintingadozásokat, téli időjárási körülmények között a jégzajlást, figyelemmel kísérik a gátak állapotát vagy az ideiglenesen kiépített védelmi műveleteket.

FOLYAMI JÉGÉSZLELÉS

A folyami jég elleni védekezésben alkalmazott jégtörő hajók munkájához, irányításához elengedhetetlenül szükséges a jégjelenségek alakulásának ismerete. Ehhez mennyiségi mutatókat alkalmaznak, ami úgy történik, hogy az észlelők a vízfelszínen látható százalékos jégborítottságot, valamint a jégvastagságot adják meg. [9]

Az észlelők a jégborítottságot a partról megfigyelve becsülik meg, míg a jégvastagság meghatározása a partra sodródott jég mérésével történik. A jégborítottság mértékének becsléssel történő meghatározása igen bizonytalan, ennek értéke a pillanatnyi helyzettől függ, figyelembe véve, hogy a folyó mozgásban van. [10]

KÖVETKEZTETÉS

A bemutatott történelmi időintervallumon keresztül látható, hogy a katasztrófákat előidéző időjárási viszonyok milyen nehézségek, tragédiák előidézői voltak. Az időjárási viszonyok természetesen változnak, de nagyon fontos az, hogy legyenek olyan elhivatott szakemberek, akik időt, energiát nem kímélve tanulmányozzák a múlt eseményeit és felkészülnek arra, hogy a meglévő erők, védelmi eszközök használatával, azok fejlesztésével kisebb anyagi károk keletkezzenek egy esetlegesen bekövetkező hasonló esemény idején, és a lakosság életét, testi épségét, anyagi javait megóvják. Fontos az is, hogy az államigazgatás ne vegye félvállról azt az időjárás változásából – globális felmelegedésből – eredő

problémát, hogy katasztrófahelyzet állhat be egy folyó jegesedéséből. A XXI. század technikai fejlődésében végbemenő robbanás olyan lehetőségeket rejt magában, melyet a közigazgatás szervei nem hagyhatnak figyelmen kívül annak érdekében, hogy az állami valamint a magántulajdont megóvják a katasztrófák bekövetkezésétől. A káresemények megelőzésére kell energiát fektetni, nem a károk felszámolására.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Lukács, L. (2017). *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből: különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó.
- [2] Tóth, F. (2020). Jeges árvizek elleni védekezés évszázada. *Védelem Tudomány*, 5(2). Védelemtudomány: Katasztrófavédelmi online tudományos folyóirat.
- [3] Hohensinner, S. (2015). *Historische Hochwässer der Wiener Donau und ihrer Zubringer*. Materialien zur Umweltgeschichte Österreichs, Nr. 1. Wien: Zentrum für Umweltgeschichte.
- [4] Schneiders, W. (n.d.). Hochwasser und Eisgang: Die Mosel staut sich – Hoch- und Niedrigwasser der Mosel [Video by Peter Friesenhahn].
- [5] Keve, G. (n.d.). *Értekezés a folyami jégészlelés fejlesztési lehetőségeiről*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műegyetem Digitális Archívum.
- [6] Sipos, B. (1973). *A jégvédelem kézikönyve*. Budapest: Vízügyi Dokumentációs és Tájékoztató Iroda.
- [7] Restás, Á. (n.d.). *A drónok közszolgálati alkalmazásának lehetőségei*. Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Katasztrófavédelmi Intézet, Tűzvédelmi és Mentésirányítási Tanszék.
- [8] Bálint, M. (2019). Drónok okozta vészhelyzetek és balesetek, valamint azok megelőzésének lehetőségei. *Bánki Közlemények*, 5(1).
- [9] Daruka, N. (2009). *A jeges árvíz elleni védekezés lehetőségei hazánk belvizein és nemzetközi víztújtain, különös tekintettel a jégrobbantási feladatok végrehajtására* (pp. 1–77). Szakdolgozat. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar, Védelmi Igazgatási Mesterképzési Szak.
- [10] Daruka, N. (2014). Jégvédekezés robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(4), 51–67.

A MARGIT HÍD FELROBBANTÁSA, 1944. NOVEMBER 4.¹

Tóth Ferenc²

ABSTRACT

"It often happens that events spanning more than a human lifetime become associated with peculiar interpretations. Then, as supposedly authentic sources, they find their way into the treasury of history. After a little careful consideration, however, it becomes clear that earlier writings, memoirs, and photographs provided more reliable data at the very moment of their appearance than what imagination later attached to them. Perhaps one of the events richest in explanations is the well-known 'Margaret Bridge explosion.' What exactly happened will never be revealed. Yet, if in a photograph of a tram that fell into the river during the explosion one can clearly see the route number 48, while the 'almost generally accepted' explanation mentions tram number 6, then it may well be worth going back to the very beginning of the story.

Keywords: Margaret Bridge: Explosion, Events, and Memories

ÖSSZEGZÉS

„Gyakran előfordul, hogy az egyes emberöltőt meghaladó eseményekhez a sajátos gondolatokat társítanak. Majd, mint hiteles forrás bekerül a történelem tárházába. Kis körütekintés után azonban látszik, hogy a korábbi írások, visszaemlékezések, fotók már a megjelenés pillanatában is megbízhatóbb adatokkal szolgáltak, mint az, amit a képzelet erő társított hozzájuk. Talán az egyik magyarázatokban bővelkedő esemény, a mindenki által ismert „Margit híd felrobbantása” Az, hogy mi is történt sosem fog kiderülni. Azonban, ha egy a híd robbantásakor vízbe került villamosról készült fényképen látszik, hogy az 48-as járatszámú és a hozzá kapcsolódó „már szinte elfogadott” magyarázat már 6-os számú villamost említ, akkor az érdemes lehet a történet kezdetéhez visszamenni.

Kulcsszavak: Margit híd, robbantás, események és emlékezetek

A MÁSODIK BUDAPESTI HÍD ÉPÍTÉSE ÉS ESEMÉNYEI

Húsz évvel az első állandó budapesti Duna-híd átadása után már felmerült az igény egy második híd építésére is. A híd építését az 1870. évi X. törvény tette lehetővé. A híd építéséhez a műszaki és pénzügyi feltételek ekkor már rendelkezésre álltak.

A pályázatra benyújtott egy magyar és 42 külföldi ajánlatból bírálatra került 23 pályamű, ebből Ernest Gouin francia vállalkozó tervét fogadták el. Az átadást az 1876 évi

¹ The Blowing Up of the Margaret Bridge, November 4, 1944

² Országos Vízügyi Főigazgatóság, nyugdíjas főtanácsos (speciális feladatok); e-mail: toth.ferenc@ovf.hu; ORCID: 0000-0003-1200-524X.

jeges árvíz késleltette, ezért a hidat csak április 30-án adták át a forgalomnak. Pár év elteltével – átépítés után – lóvasúti pályát építettek a hídra, majd húsz év elteltével építeni kezdték a szigetre vezető 70 méter hosszú bekötőhidat is, ami a 150 fokban megtört tengelyvonalú hidat összeköti a szigettel.

A híd áteresztőképességének növelése érdekében a hidat 1935–37. évben 11,1 méter szélességről 16,8 méterre, déli irányban kiszélesítették, s így további két közúti sávot lehetett elhelyezni rajta. Ekkor helyezték középre a hídon 1879 óta közlekedő villamos pályáját is.

A sarukat – a forgalom fenntartása – mellett kicserélték. A híd eredeti rácsos szerkezetén³ nem változtattak, csak új íveket helyeztek el a meglévők mellé. Majd 1941. november 1-jén hajnali három órakor a bal oldali közlekedést megszüntették. [1]

A közműveket a pályaszint alatt helyezték el. Ezek közül a Budát Pesttel összekötő gázcső későbbiekben különös jelentőséggel bírt. Közben – különösen a forgalom növekedésével – már különös balesetek tarkították a híd történetét.

A tört vonalvezetésű híd a gyors haladás akadályává vált. Autók törték át a korlátot és merültek a halak birodalmába.

A HÁBORÚ ELKEZDŐDIK

Október közepétől már az angol légierő által ledobott vízi aknák eltávolítása – a szovjet hadsereg előretörése miatt – a Pesttől délre eső Duna-szakaszon okafogyottá vált. De ez már a pokol elszabadulásának az időszaka.



1. ábra. Így érte meg a híd a második világháború kezdetét

³ Statikailag 32-szeresen határozatlan szerkezetén.

A híd értéke fokozódik

Mind az országban, mid az országon kívül a Dunán átívelő hidakra figyeltek. Október 5-én a Moszkvába küldött delegáció magyar tárgyaló partnere, Teleki Géza, ismerteti a németek lehetséges szándékait. „Feltételezve, hogy a németek minden Duna hidat felrobbantának, az oroszoknak Mohácsnál a Dunán átkelve kell a németeket meglepni, Budapestet így körül venni a móri horpadáson Komárom elfoglalásával Budapestet biztosítani.” [2]

Magyarországon Angelo Rotta pápai nuncius tett kísérletet a kormánynál, hogy nyilvánítsa Budapestet nyílt várossá. Monsignor Rotta arra is elhatározta magát, hogy elmenjen Szálasihoz, a „nemzetvezetőhöz”, de Szálasi elutasította ajánlatát. Ő védeni akarta a fővárost. Kijelentette, hogy „Hitler is ugyanúgy fogja védeni Budapestet, mintha német város lenne”. Hiába minden érv, a kormány is tehetetlen volt.

Október elején a németek már tudják, valami készül ellenük. A háborúból kilépés szándéka közismert. Mivel kiderül, hogy Bakay Szilárd altábornagy komolyan veszi Budapest védelmét, a németek elrabolják. A frontról hazarendelt Aggteleky tábornok intézkedik a Duna-hidak honvéd csapatokkal való megszállására. Szigorú parancsot ad ki, miszerint a hidakra vonatkozólag csakis az Ő személyes intézkedései érvényesek. Ez azt jelentette, hogy a hidakról a németek sem intézkedhettek. Nem rendelhették el a felrobbantásukat! Pedig akkor már erősen készültek erre, hogy lassítsák az orosz előnyomulást. De hát a tapasztalat szerint a hídrobbantások sehol sem gátolták meg a szovjetek hadmozdulatait. Továbbá erőt kellett koncentrálni Budapestre. Kellett volna! De honnan? Csak hat műszaki légoltalmi zászlóalj van Pest környékén, szinte fegyverzet nélkül. Ugyan nem sok, de karhatalomnak nyilvánítva felrendeli őket Budapestre. De már késő. Aggteleky altábornagyot is letartóztatják. [3]

November elején a szovjet hadsereg a Tisza és Duna között Budapest felé vette az irányt. Ekkor a Csepel-sziget mindkét oldalán, valamennyi lehetséges átkelőhelyen tartott a visszavonulás. A ráckevei Árpád-híd robbantási parancsa csak 4-ére tervezte a híd rombolását. Ennek ellenére a gyors visszavonulás miatt a Ráckevenél lévő 16 tonna terhelhetőségű alsópályás közúti hidat november 3-án, késő délután a magyar csapatok felrobbantották és a Dömsödnél közlekedő 32 tonnás polgári kompjáratot is elsüllyesztették. Majd másnap késő délutánig megsemmisítették a Szigetszentmártonnál üzemelő 36 tonna teherbírású polgári kompjáratot, a Majosháza – Szigetcsép között közlekedő 30 tonna teherbírású polgári kompjáratot, felrobbantják a Szigethalomra vezető ipari vasúti hidat, elsüllyeszti a Taksony–Szigetszentmiklós közötti 6 tonna teherbírású kompjáratot, a Dunaharaszti 2 tonna teherbírású polgári kompjáratot, felrobbantják a Dunaharaszti–Csepel sziget közt közlekedő 30 tonna teherbírású vasúti (HÉV) hidat. Azonban a szovjet támadás Dunaharaszti déli körzetében elakadt. A Taksony–Dunaharaszti mellett levő Paradicsom-szigetet még napokkal később is a védők birtokolják, [4] mégis elsüllyeszti az ettől északra levő Soroksár, Molnár sziget – Csepel, Királyerdő között közlekedő 20 tonna polgári kompjáratot is.

Egy újabb támadás során délelőtt 9 óra 45 perc körül a szovjet harckocsik és gépesített gyalogság áttörte a német lovashadosztály állásait, s Dunaharaszti körzetéből Soroksárig nyomultak előre. Ámde egy német ellenlökés a szovjet csapatokat leállította, majd mintegy 3 km-rel déli irányba – Dunaharaszti és Rákóczi-liget északi széléig – visszavetette.



2. ábra. Védelmi vonal Budapest déli oldalán 1944. november 4-én délelőtt

A nap végére az arcvonalak Szolnok Észak, Abony Észak, Cegléd Észak, Alberti, Irsa, Monor, Üllő, Vecsés, Rákóczi liget, Gyál, Dunaharaszti, Soroksári-Duna-ág terepszakaszon megmerevedtek.

Aggteleky altábornagy parancsát követve a Sodró László ezredes alárendeltségébe tartozó utász- és munkásszázadok 1944. október második felében megkezdték az erődítési munkálatok építését. Védelem épült a Duna mentén a pesti külvárosok szélén, a Csepel-szigeten és a budai Duna-parton teljes hosszban, továbbá a Margit-sziget pesti oldalán.

A budai Duna-part és a Margit-sziget pesti oldala védelemének kialakításához tartozott a Margit híd Pest oldali szárnyának robbantásra való előkészítése is. Pénteken délelőtt a robbanóanyagokat a híd első hídmező alatti rácsos szerkezetén helyezték el, mind a nyolc ív középre. A második és harmadik áthidalására is megkezdhatték a robbanóanyagok telepítését, de az események sodrában az erre utaló nyomok még nem kerültek elő. A magyar utászok tevékenysége a Margit hídon ezzel be is fejeződött! Ugyanis a német alakulatok átvették a hidak őrzését és folytatták a robbanóanyagok felszerelését.

A híd robbantása

Szombaton délután közvetlenül egy óra húsz előtt a pesti rakparton a hídtól északra horgonyzó magyar nevű motoros hajó személyzete ellátmányt cipelt a híd alatt. A híd alsó szelőlőhidján álló nagy bajuszú német katonával próbálnak kapcsolatot felvenni, de a katona továbbhaladásra inti őket. A hídon dolgozó német utászok végezték a mindennapi munkájukat. De a hídmesteri napló őriz egy érdekes feljegyzést: „november negyedikén a robbanás időpontjában 27 német katona, dolgozott a híd alsó szerkezetén”. [5] A szigeti megállóhoz közeledő 48-as járatra beosztott ezres sorozatú 1019 pályaszámú motorkocsiból és



3. ábra. A villamos felirata

egy villamosszerelvénny látható, félig a vízben. Ennek a 48-as szerelvénnyek Mukli József volt a vezetője. A kalauzok Tóth Imre, Sáfár József és Uhr Erzsébet volt.

Az első robbanás után kiengedte a légféket és a kézifék behúzásával rögzítette a villamost. Az utasok leugráltak, rohantak az aluljáró felé. Azt gondolták, bombázzák a hidat. Mukli József a lépcsőn állt, amikor az újabb robbanás bekövetkezett, és utánuk futott az aluljáróba.⁴ Ott találkozott Tóth Imrével és Sáfár Józseffel. Uhr Erzsébet az utasok mentették ki a kocsiból, az ablakon keresztül. [7] A kézifék nem tudta megtartani a szerelvényt, a három kocsit visszacsúszott a lejtőn. A harmadik kocsi pedig félig a Dunába csúszott.

Kabos Endre többszörös olimpiai kardvívó, aki az Aréna út 17. szám alól szüleihez tartott Budára, a pesti hídfő megállójában elbúcsúzott barátjától és felszállt a villamosra. Kabos Endre a 38. születésnapja előtti napon meghalt.

Erre a szerelvényre többen már nem tudnak felszállni. Ugyanebben az időben a szigeti megállóból kiindult az 5/A járatra beosztott 2719 pályaszámú motorkocsiból és a hozzá kapcsolt 5445 pályaszámú pótkocsiból álló szerelvénnyel. Az 5/A jelzésű villamos eredetileg a Népliget–Óbuda vonalon közlekedett a Margit hídon keresztül, de ekkor⁵ a háborús események miatt már a Nagyváradi téren visszafordult. A 2700-as motorkocsikra 1944 novemberében a Száva kocsiszíni 5400 és 5600 sorozatú pótkocsikat osztották be. Szeptember 26-tól a 6-os járat is a hídon vezetett keresztül megváltozott útvonalon. A Széll Kálmán térről a Nagykörúton, és a Népszínház utcán, és a Fiumei-úton át a Baross térre közlekedett. [8]

Az 5-ös már nem tudott megállni. Az alatta vízbe forduló és 6-7 métert zuhanó hídmezőn pár métert tovább gurulva – és maga előtt tolvaa sörös lovas kocsit – behajtott a Dunába.⁶ Az időpontot a híd törzskönyvébe Fischlik (Füsic?) József hídmester jegyezte be. A BSzKRT történeti

a hozzá csatolt 4446 és 4447 pályaszámú kocsiból álló szerelvénnyel épp beállt a megállóba. [6] Akkor a 48-as a Nagyváradi tér, Kálvin tér, Nyugati pályaudvar, Margit híd, Széll Kálmán tér útvonalon közlekedett.

Sokan ismerik a felrobbant Margit hidat ábrázoló nevezetes fényképet. A képen



4. ábra. A hídról visszacsúszott 48-as villamos. Bal szélén a villanyoszlopnak kormányzott katonai teherautó, és a lejtőn a török követ személyautója

⁴ A középső hídpillérbe épített szigeti bejáró.

⁵ Szeptember 27-től.

⁶ Egyes visszaemlékezések szerint az 5-ös villamos a 48-as mögött haladt, épp utolérte azt.



5. ábra. Az 5/A járatszámú villamoson szolgálatot ellátó személyek és utasok

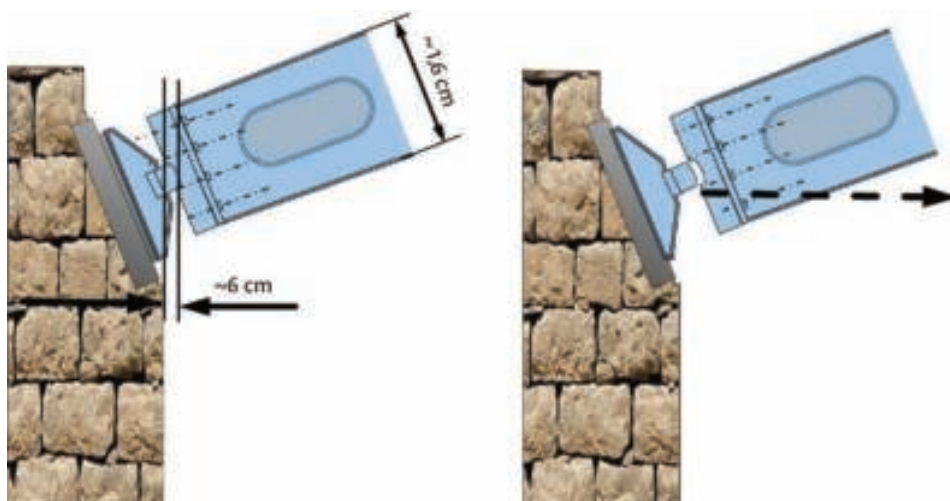
leírása szerint az esemény 14:11 kor következett be. Ezen a szerelvényen utazott Korvin Ottó, az 1920-ban kivégzett kommunista nevelt lánya is, aki az elhunytak között szerepel. Ekkor a Tausch Ferencné Sipos Mária nevet használta.

Az első áthidalás középső szakasza alatt felrobbant robbanóanyag a hidat kettétörte, és a vízbe zuhant.

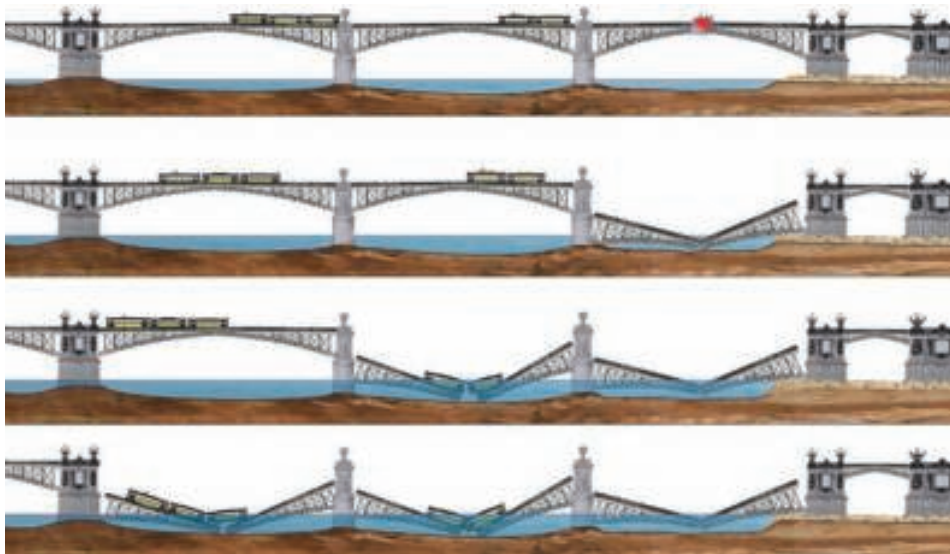
A Margit híd esetében az oldalirányú erőknél csak a rakparton, illetőleg a szigetenél levő nagy tömegű pillér állt ellen.

A hirtelen fellépő igen nagy feszítőerő a hídlábat a szomszédos nyílás felé kilendítette, ami által a még épségben levő áthidalás ívszerkezete rugószerűen meggörbült. A felrobbantott áthidalás lezuhanása után a rugóhatás reakciója érvényesült, s a pillért a visszaugró ív ellenkező irányba mozdította el.

A támaszát veszített középső áthidalás a sziget felé eső sarujáról (2. pillér) leesett és a pillér lábazatánál felhalmozott 3,5 méter magas kő védőtakarásra zuhant.



6. ábra. A billenő saru és sarufészek eltávolodása egymástól



7. ábra. A híd vízbe zuhanása

Az első ív vízbe zuhanása után 5-6 másodperccel a második ív is a vízbe zuhant. Majd újabb 6-7 másodperc után a harmadik áthidalás is a vízbe esett. A torlódás miatt ezen a szakaszon tartózkodott a legtöbb jármű és személy.

A robbantás óriási felháborodást váltott ki. Perceken belül feldühödött, ökölrázó tömeg verődött össze a rendőrkordonnal elzárt híd feljárójánál, amelyen belül egy sivatagi színre mázolt német személyautó lángolt. Ennek a gépkocsitűznek az oka nem ismertes. „Nagy tömeg lepte el a partot is. Az emberek szitkozódtak, átkozódtak, és tehetetlenül nézték a hullámok közé süllyedő sárga villamosokat”. [9]

A mentés azonnal megkezdődött. A vízbe kerültek megmentéséért kihajózott a kikötőben gőz alatt levő lapátkerékes Bihar gőzös, és a mentésben részt vett egy német ágyúsnaszád is. A hajó manőverezését a hírről származó, a Dunán úszó tölgyfa kockák hátráltatták, ezért a megmentettek átadása után a gőzöst a középső hídmezőhöz kötötték ki. A híd 1938. évi átépítésénél bekövetkezett négy halálos kimenetelű baleset következményeként létrehozott vízirendőri ügyelet kishajói a gőzös által kimentett személyeket és a vízben vergődőket a fedélzetükre vették. A kishajók a kimentetteket több fordulóval az Országház előtti lépcsőhöz szállították. Bátor helytállásuk ellenére mintegy hatvan polgári személyen és német utáskatonákon nem lehetett segíteni.

Az 1944-es hídmesteri eseménynaplóban az áll, hogy 57 embert fogtak ki a vízből a mentőhajók. A halottak számát máig sem tudják pontosan. Bárhogy is történt, a robbanás a németek felelőssége.

Az október 15-ei események miatti feszült viszony tovább romlott. A zaklatott lakosság lecsendesítésére tett kísérletek sem hoztak eredményt. A délutánra megfogalmazott híradások már az esemény véletlenségét igyekeztek kiemelni. „Egy híd alatt áthaladó gőzhajó kéményéből kipattanó szikra felgyújtotta a hídpálya alatt levő gázcsőből szivárgó gázt, és az meggyújtotta gyújtózsínort, amelytől a robbanás bekövetkezett.” A híd közelében a robbanás idején hajó sem tartózkodott. Ha lett volna, akkor ez a Bihar gőzös lehetett

volna, de pont azt a hajót, amelyik a mentésben elsőként vett részt, mégsem lehetett felelőssé tenni. Ezt követően egy véletlen cigarettagyújtásra vagy a villamos kerekére szerelt áramszedő szikráira hivatkoztak. De ezek a magyarázatok is jelentős kételyeket ébresztettek. Senki sem látott gázcsőszivárgásból származó lángokat. A hajóútot is a középső alatt haladt át, ami kevéssé valószínűsíti a hídmezők 5-10 másodpercenként bekövetkező hídmező robbanássorozatát, és annak a pesti hídfőtől történő kiindulását. Természetesen sokan voltak, akikben az esemény magyarázata hitelét veszítette, de ezek a történetek a rákövetkező súlyosabb történések miatt feledésbe merültek, illetve a gyorsan terjedő híreket oly sokan magyarázták tovább, hogy a tényleges eseményeket már alig lehet rendezni.

Friessner vezérezredes másnapi elmondása szerint: „A német és magyar mérnök szakértők egyhangú megállapítása szerint nem történt német csapatok által parancsra végzett hídrobbantás. Annál kevésbé, mert az SS-hídszok, még a híd alatt a gyújtások elhelyezésén dolgoztak, amikor a robbanás bekövetkezett. A körülbelül száz magyar áldozaton kívül, mintegy negyven SS-hídsz is halálát lelte.” Ezért az általa vezetett bizottság üzemi bal eset, „Betriebsunfall” megtörténtét vélelmezte.

Napjaink BKK-ja jogelődjének Forgalmi Szakosztálya 310. számú eseményjelentésében: „November 4-én 14 óra 10 perckor ismeretlen tettesek felrobbantották a Margit-hidat. Az 5/A jelzésű 2719-5445 és a 48. jelzésű 1019-4446-4447 pályaszámú villamosvonatok a hídról a Dunába zuhantak...” (a kutatómunka folytatódik...)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Gáll, I. (1984). *A budapesti Duna-hidak*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.
- [2] Gosztonyi, P. (1989). *Háború van, háború! Újabb szemelvények Magyarország második világháborús történetéből (1941–1945)*. Budapest: Népszava Kiadó Vállalat.
- [3] Bokor, P. (1982). *Végjáték a Duna mentén: Interjúk egy filmsorozathoz*. Budapest: RTV-Minerva – Kossuth.
- [4] Magyar Távirati Iroda. 1944. november 11. 10:10 kiadás. [1944-ben önálló sziget a Soroksári Duna-ágban. A szigetet Taksony felől kisebb hidakon, átereszekon lehetett megközelíteni.]
- [5] Kanadai Magyar Munkás: *Újszó*. 1969. november 22. p. 4.
- [6] BSKRT Forgalmi Szakosztály (BKV jogelődje). Eseményjelentés, sz. 310.
- [7] *Amerikai Magyar Világ*. 1970. január 18. p. 3.
- [8] *Nemzeti Újság* (1944. szeptember 26.). A központi sajtóvállalat lapja. Budapest.
- [9] Kovács, I. (1990). *Magyarország megszállása*. Budapest: Katalizátor Iroda. p. 103.

ROBBANTÁS MINT A TERRORIZMUS ESZKÖZE¹

Dr. Kovács Márk Károly²

ABSTRACT

In this short study, I seek to answer the question of how terrorism and bombing activities, as acts that have been present in parallel throughout history since the beginning, have become intertwined. Therefore, at the beginning of the study, by collecting some definitions, the two activities become separable, and then we arrive at the present day in parallel on a historical thread – on a large scale. Finally, I illustrate the current intertwining of the two concepts with a detailed description of some Western terrorist attacks, i.e. some bombing acts carried out by terrorist organizations.

Keywords: terrorism, explosion, IED, terrorist attack

ÖSSZEGZÉS

Jelen rövid tanulmány során gondolatébresztésként arra keresem a választ, hogy a terrorizmus és a robbantási tevékenységek, mint a történelem során párhuzamosan már a kezdetektől jelen lévő cselekmények hogyan fonódtak egymásba. A tanulmány elején ezért néhány definíció összegyűjtésével elkülöníthetővé válik a két tevékenység, majd történelmi szálon párhuzamosan – nagy léptékekben – érkezünk napjainkba. Végül néhány nyugati terrortámadás részletes leírásával szemléltetem a mára a két fogalom összefonódását, azaz a terrorszervezetek által végrehajtott néhány robbantásos cselekményt.

Kulcsszavak: terrorizmus, robbantás, IED, terrortámadás

BEVEZETÉS

Általános és lassan-lassan triviális megállapítások külön-külön, miszerint a terrorizmus egy idősebb az emberiséggel, valamint, hogy a robbantás és később az improvizált robbanóeszközök (a továbbiakban: IED) a terrorizmus egyik főbb eszköze. A tanulmány során arra keresem a választ, hogy ezen két kijelentés ténylegesen megállja-e a helyét, vagy a stratégiai terrortámadások hatása miatt került a két tevékenység teljesen konnotatív kapcsolatba egymással. A történelmi összehasonlítást megelőzően azonban a két fogalom meghatározását kell megtenni, aminek következtében válnak csak összehasonlíthatóvá.

Jelen tanulmány során a terrorizmus fogalma alatt értendő:

¹ Explosion as A Tool of Terrorism

² A hadtudomány PhD. fokozatos, robbantástechnikai szakember; e-mail: k.mark.kovacs@gmail.com; ORCID: 0000-0002-4102-5605.

- A NATO értelmezésében: „Félelmet vagy rettegést keltő erő vagy erőszak illegális használata, vagy azzal való fenyegetés személyek vagy tulajdon ellen, kormányok vagy társadalmak kényszerítésére vagy megfélemlítésére, befolyásolásáért, valamilyen politikai, vallási vagy ideológiai cél elérése érdekében történő kísérlet.” [1]
- Magyarország értelmezésében: „Aki abból a célból, hogy állami szervet, más államot vagy nemzetközi szervezetet arra kényszerítsen, hogy valamit tegyen, ne tegyen vagy eltűnjön, a lakosságot megfélemlítse, más állam alkotmányos, társadalmi vagy gazdasági rendjét megváltoztassa vagy megzavarja, illetve nemzetközi szervezet működését megzavarja, személy elleni erőszakos, közveszélyt okozó vagy fegyverrel kapcsolatos bűncselekményt követ el...büntetendő, aki [a korábban (a szerző)] meghatározott célból jelentős anyagi javakat kerít hatalmába, és azok sértetlenül hagyását vagy visszaadását állami szervhez vagy nemzetközi szervezethez intézett követelés teljesítésétől teszi függővé, vagy terrorista csoportot szervez vagy irányít... alkalmazásában személy elleni erőszakos, közveszélyt okozó vagy fegyverrel kapcsolatos bűncselekmény, az emberölés, a testi sértés, a foglalkozás körében elkövetett szándékos veszélyeztetés, az emberrablás, a személyi szabadság megsértése, a közlekedés biztonsága elleni bűncselekmény, a vasúti, légi vagy vízi közlekedés veszélyeztetése, a radioaktív anyaggal visszaélés, a hivatalos személy elleni erőszak, a közfeladatot ellátó személy elleni erőszak, a hivatalos személy vagy közfeladatot ellátó személy támogatója elleni erőszak, a nemzetközileg védett személy elleni erőszak, a jármű hatalomba kerítése, a közveszély okozása, a közérdekű üzem működésének megzavarása, a robbanóanyaggal vagy robbantószerrel visszaélés, a lőfegyverrel vagy lőszernel visszaélés, a nemzetközi szerződés által tiltott fegyverrel visszaélés, a haditechnikai termékkel vagy szolgáltatással visszaélés, a kettős felhasználású termékkel visszaélés, a rablás és a rongálás, az információs rendszer felhasználásával elkövetett csalás, az információs rendszer vagy adat megsértése.” [2]
- A Hadtudományi Lexikon által alkalmazott definíció: „Egyének vagy javak elleni erő vagy erőszak törvénytelen alkalmazása, illetve az azzal való fenyegetés, amelynek célja a kormányok vagy társadalmak kényszerítése vagy megfélemlítése bizonyos politikai, vallási vagy ideológiai célkitűzések elérése érdekében.” [3]

Szintúgy jelen tanulmány során a robbantásos cselekmények során a következőt értem:

- Robbantás alatt a robbanóanyag robbanás során keletkezett munkavégzését használja fel. (Bár jelen tanulmány a terrorizmus eszközeként azonosítja, azonban ipari, bányászat során is hasznosításra került.) Robbanás alatt tágabb értelemben azt értjük, amikor: „[...] az anyagi rendszer rendkívül gyors átalakulása, amelynek során energiájának egy része a rendszer és környezete kinetikai és kompressziós energiája alakul át.” [4] Általános jellemzői, hogy exoterm (hőtermelő) jellegű, önfenntartó lehet, nagy sebességű és gyors nyomásemelkedéssel jár.
- IED Daruka Norbert megfogalmazásában: „Házilagosan készített robbanószerkezet: olyan, katonai robbanótestekből, katonai vagy ipari robbanóanyagokból, vagy detonáció kiváltására alkalmas házi készítésű anyagokból, illetve ezek közös alkalmazásával rögtönzött módon összeállított és/vagy elhelyezett, rombolásra, mozgásképtelenné tételre vagy zavarkeltésre szánt szerkezet, amely halálos, egészségre ártalmas pirotechnikai vagy gyúlékony vegyi anyagokat és CRBN-alkotóelemeket is tartalmazhat.” [5]

- IED a Magyar Honvédség Központi Doktrinális Adatbázisa szerint: „[...] egy olyan robbanószerkezet, amely konvencionális haditechnikai eszközöket, illetve a kereskedelmi forgalomból beszerezhető pirotechnikai vagy gyúlékony vegyi anyagokat, illetve azok iniciálására is alkalmas berendezéseket tartalmaz. Az IED egy viszonylagosan egyszerű szerkezet, amelybe a modern kor fejlett technológiáját is be lehet építeni. Az IED alkalmas jelentős anyagi károk okozására, az emberi élet kioltására, súlyos és maradandó sérülések okozására, valamint pszichológiai hatásként a társadalomban félelemkeltésre. Az IED pusztító hatása mellett már annak fenyegető megjelenésével is veszélyérzetet képes kelteni.” [6]

TERRORIZMUS

A terrorizmus fajtájától és a kivitelezési módszertől, valamint annak relatív sikerességétől elvonatkoztatva elfogadott, hogy a legelső ismert megjelenése a Zelóták közötti sicarii és az aszaszinok voltak, azonban pszichológiai hadviselés formájában akár már Xenophón és Szun-ce műveiből is idézhetünk megállapításokat.

A sicarii-k a zsidók egy szűk csoportját jelentette, akik a Római Birodalom uralma és terjeszkedése ellen lázadtak fel az 50-es években és 66-ig voltak jelen a történelemben. A nevüket az általuk alkalmazott törőről kapták. Jellemző modus operandijuk a szimbolikus vagy általános célpontok elleni kések támadás, valamint az emberrablás. A feltételezések alapján azonban célpontjaik a zsidó társadalom tagjai voltak és nem a birodalom tagjai, vagy civil célpontok. [7] A történelem során tehát látható, hogy a Római Birodalom idejéből is lehet akár terrorszervezetet megnevezni, azonban a második világháborút követően kezdték meg intenzíven működésüket az olyan terrorszervezetek, csoportosulások, mint az Ír Köztársasági Hadsereg, a Baszk és a Szabadság Szervezete vagy a Vörös Hadsereg Frakció.

Az első világháborút megelőzően és a háború alatt is jellemzően az anarchista ideológiával működő terrorszervezetek voltak a korszak meghatározói, amit a második világháború után az antikolonista vagy szeparatista szervezetek követtek. A terrorszervezetek célja – robbantás tekintetében – főként a kiemelt célpontok, politikai vezetők megsemmisítése, anyagi és egyben demoralizáló károk okozása volt. A fő modus operandik a gyilkosság, valamint a robbantásos merényletek voltak. Ezt támasztja alá a már korábban említett és felsorolt terrorszervezetek tevékenysége is. [8]

A 20. század második felétől a szeparatistákkal párhuzamosan megjelentek és előtérbe kerültek a radikális, vallási indíttatással rendelkező terrorszervezetek is. Ezen terrorszervezetek már nagyobb és pusztítóbb terrortámadásokat terveztek és hajtottak végre. Ezt bizonyítják az al-Káida 1993-as amerikai és 1998-as afrikai támadásai.

A terrortámadások célja egy olyan politikai cél elérése, ami békés folyamattal és eszközökkel nagyon lassan, bizonytalan kimenettel valósítható meg. A terrorizmus ezért egy gyors (hatásosságát és eredményességét tekintve azonban nem a legjobb módszer) politikai választ próbál meg kikényszeríteni a mindenkorl kormányzatokból a lakosságon keresztül. A lakosságra gyakorolt hatás általában negatív traumatikus élmények, ami a félelem eszközét használja fel. Ezért beszélhetünk olyan modus operandikról, mint a robbantás, öngyilkos merénylet, kések támadás, ramming vagy gyújtogatás.

Az elérni kívánt célok alapján a terrrorszervezeteket egymástól elkülönítve tudjuk kategorizálni. A szervezetek csoportosítása nagy valószínűséggel prognosztizálni tudja a jellemző elkövetési módszereket, valamint a potenciális áldozatok csoportját a civil lakosság kategóriáján belül.

ROBBANTÁS

A robbantás kezdetének a feketelőpor Kínában való feltalálását (Kr. u. 700) és a megközelítőleg további 300 évet tekintjük, amit a robbantás nélküli békés felhasználásaként is számon tartunk. A mongol hódításokat követően azonban a háború és pusztítás jelképe lett. Történelmi léptékben újabb fordulópont az 1346-ban feltalált ágyú, és azok 1453-as első falrombolásra való alkalmazása volt. A 15. századból már találhatók feljegyzések robbanószerkezetekről és egyéb csak detonációt kiváltó szerkezetekről. Ezen robbanóeszközök kapcsán azonban meg kell jegyezni, hogy azt az adott kor technikai és technológiai színvonalával szükséges értelmezni.

A 19. század kezdetéig nem lehet egységes trendet és következtetést levonni a robbantásos merényletek kapcsán. Egy-egy uralkodó vagy politikai célokat befolyásoló vezetők ellen irányuló merényletet leszámítva, mint cél, nem állapítható meg egyéb következtetés. [6]

A 19. század jelentett újabb fordulatot a robbanóanyagok terén, amikor feltalálták a ma is használatos fajtákat. A teljesség igénye nélkül, a tanulmány relevanciáját tekintve: 1875 – robbanószelatin, 1884 – ammónium-nitrát, 1891 – trotil, 1899 – hexogén és dinamit, valamint az újabb és újabb robbanóanyagok feltalálásával, továbbá azok elterjedésével a bűnös szándékkal elkövetett cselekmények potenciális eszközeként is jelentkezett. [9] Az első és második világháború megszámlálhatatlan új technikai és technológiai vívmányt hozott magával. Egészen a második világháborúig főként a pokolgépekkel elkövetett merényletek voltak a jellemzők, viszont a polgári áldozatok száma elenyésző volt. Ennek indoka elsősorban az eszköz felhasználóiban keresendő, akik anarchista terroristák, vagy maffia-vezérek és bűnbandák voltak. A második világháború során a félkatonai szervezetek megerősödése, majd a háborút követő országhatár-változások következtében a hagyományos-tól eltérő módon alkalmazott hadfelszerelések is megjelennek. [6]

A 20. századtól a vallási, radikális szervezetek térnyerésével, valamint számbeli növekedésével, illetve a korábban említett csoportokkal párhuzamosan megjelennek az inspirált személyek, valamint a „magányos-farkas”³ elkövetők. [10] Az improvizált robbanóeszközök nagy mennyiségű megjelenése és alkalmazása az olyan helyi konfliktusok során hatványozottan jelentek meg, mint az iraki háború vagy az afganisztáni háború. A nem állami szereplők számbeli növekedésével, a konfliktusok földrajzi helyére exportált haditechnikai és harcászati eszközök, valamint a háborúk lezárásával hátrahagyott eszközök az IED hatásának és számbeli drasztikus növekedésével járt.

Az IED harcanyagokból való gyártása, annak felhasználási és gyártási helyszíne használatát azonban olyan helyekre korlátozza, ahol a nemzetállamok határosak egymással

³ Azon elkövetőket nevezzük magányos farkasnak, akik egyedül, saját belső indíttatásból hajtanak végre terroristaműveket – elméletben bármilyen a terrrorszervezetek általi presszionálás vagy befolyásolás nélkül. Lásd például: Ganor, Boaz (2021).

(az előállítási ország és a felhasználási célország), vagy csak lokálisan lehetséges. A Közel-Keleten harcanyagokból – előállított például tűzérési lövedékből – IED-t európai behozatala szinte elképzelhetetlen. (A világháborúkból megmaradt és alkalmazott lövedékek felhasználása szerencsére nem jellemző.) Az Ír Köztársasági Hadsereg vagy a Baszk Haza és Szabadság esetében még elképzelhető volt, azonban inkább a helyben eltulajdonított ipari vagy katonai robbanóanyag-felhasználást preferálta. (Nem volt jellemző a lövedékek felhasználása.) A nemzetállamok belső politikai helyzete, valamint biztonsági szolgálataik működése a 21. századra normalizálódott, és nemzetközi egyezmények és szervezetek keretében segítik egymást.

Az aknák és a már telepített aknamezők szintén ilyen típusú problémát jelentenek. A terroriszervezetek most már előszeretettel alkalmazzák, és bár hatályos az 1997. szeptember 18-án Oslóban aláírt Ottawai Egyezmény, mégis mérhetetlen mennyiségben áramlik a terroriszervezetekhez. (Az egyezmény preambuluma rögzíti – ami az aknák a terroriszervezetek által preferált tulajdonágait jelöli – „a gyalogsági aknák által okozott szenvedésnek és baleseteknek, mely aknák hetente emberek százait – főleg ártatlan és védtelen polgári személyeket, különösen gyermekeket – pusztítják el, illetve csonkítják meg, akadályozzák a gazdasági fejlődést és újjáépítést, gátolják a menekültek és az országon belül otthonaikból elűzött személyek visszatelepítését, és évekkel telepítésük után is más súlyos következményeket okoznak.” Az egyezmény részes államai továbbá rögzítik, hogy „a) nem használ gyalogsági aknát; b) nem fejleszt ki, nem állít elő, nem szerez be más módon, nem halmoz fel, nem tart meg, és nem ad át senkinek, sem közvetlenül sem közvetve, gyalogsági aknát; c) senkit nem segít abban, senkit nem bátorít, illetve semmilyen módon nem ösztönöz arra, hogy bármilyen, ennek az Egyezménynek az értelmében a Részes Államok számára tiltott tevékenységet folytasson.”) [11]

A terroriszervezeteknek az IED-vel szemben az aknák felhasználása, valamint a professzionális, ipari körülmények közötti létrehozásuk egyfajta biztosítékot jelent. Ezért az al-Káida, de főként és látványosan az Iszlám Állam IED-ek és aknamezőket alkalmazott, mert az uralni kívánt területeken és objektumokban már – reguláris hadsereghez hasonlóan – elaknásított és körkörös védelmet próbált meg létrehozni. [8]

A terroriszervezetek, amennyiben nyugati országok ellen, azok területén szeretnének IED merényletet végrehajtani, úgy katonai vagy ipari robbanóanyagot kell eltulajdonítaniuk vagy lakossági, háztartásban is könnyen elkészíthető robbanóanyagokat kell felhasználniuk. A terroriszervezeteknek transznacionális működésük és inspiráló hatásuk miatt a „magányos farkas” elkövetők esetében törekedniük kell olyan házi készítésű robbanóanyagok előállítására, amit leírás és szemléltetés alapján – reményeik szerint sikeresen – képes bárki elkészíteni.

Ezek ismeretében sajnos olyan példákat – jelen tanulmányban főként csak nyugati eseteket – lehet említeni, amiket a terroriszervezetek hajtottak végre és nagyszámú halálos áldozattal jártak együtt. A következőkben ismertetett példák a terroriszervezetektől függetlenül, csak a támadásra fókuszálva mutatja be a történeteket.

A házi készítésű robbanóanyagok közül a TATP, amit a leggyakrabban próbálnak meg létrehozni, valamint a terroriszervezetek is ezen robbanóanyag házi elkészítését javasolják a magányos elkövetők számára. Az anyagot 1895-ben hozták létre, és Richard Wolfenstein német kutató nevéhez köthető. Fizikai jellemzői a jellegzetes szag, valamint a fehér és kristályos por halmazállapot. Robbanáskor a detonáció sebessége 5300 m/s. Veszélyességét

és kiszámíthatatlanságát az adja, hogy hővel és súrlódással, valamint szikrával és ütéssel szemben nagyon érzékeny. A terrrorszervezetek által közkedvelt, és kísérletezésre javasolják, mert az alapanyagok könnyen beszerezhetők, nagyjából egy háztartási boltból vagy üzletláncból – országa válogatja a boltok elrendezését. (Ez egyben azt is jelenti, hogy a többi házilag elkészíthető robbanóanyaghoz képest egyszerű előállítani. Az alapanyagokból, összehasonlítás és szemléltetésként csak, 1-1 liter vásárlását és összekeverését követően megközelítőleg 50 dkg TATP állítható elő.⁴ A robbantásos cselekmény elkövetése során, amennyiben a merényletek nem robbannak fel vagy veszti életüket a TATP elkészítése során, úgy a nitrogénérzékelő detektorok nem érzékelik az anyag jelenlétét.)

A HMTD-t – hexametilén-triperoxid-diamin –, amit alaprendeltetése szerint csak bányászati célokra alkalmaztak mint indítómechanizmust, azonban a stabilabb tetril váltotta fel, és maradt a terroristák alapanyaga. A rossz hő- és kémiai stabilitása miatt detonatorként nem alkalmazzák, összetevői alapján tartalmaz hidrogén-peroxidot, citromsavat vagy kénsavat és hexamint. [5]

A nitro-ureát, mint műtrágyaalapú robbanóanyagot, az 1993-as New York-i World Trade Center elleni robbantás során alkalmazták. Az elkövetők egy kisbuszba összesen 650 kg nitro-ureát pakoltak, majd a kisbusszal leparkoltak az épület mélygarázsába. Összetevőit szintén háztartási és mezőgazdasági boltból be lehet szerezni. Elkészítése csak alapvető főzési technikát és dologi feltételeket – főzőlap, hűtő – meglétét igényli. Az anyag kémiai jellemzői hasonlóak a TATP-hez, szintén alacsony a kémia stabilitása és detonációs sebessége megközelítőleg 4000-5000 m/s között van – utóbbi függ az alapanyagok keverési arányától is.

Spanyolországban a Hipercornál történeteket megelőzően négy robbantást is végrehajtottak. 1987. június 19-én a barcelonai Hipercor bevásárlóközpontnál robbantottak. Az improvizált robbanóeszközt egy Ford Sierra autóba rejtették, amit eredetileg 15:30 és 15:40 között hoztak volna működésbe. (A bevásárlóközpont parkolója egy közel 3000 m² alapterületű és átlagosan 2,2 m magas belteret jelentett, valamint az épület összesen 15 emelettel rendelkezett, amiből az alsó két szint volt a parkoló.) [12] A szervezet három telefonálással jelezte a robbantási szándékot, de a rendőrség csak 15:28-kor érkezett meg a bejelentés helyszínére – a tűzoltóság vizsgálata szerint legalább 10 perc kellett volna az épület evakuálásra. A szervezet által közölt időpontok között nem történt robbanás, valamint az épület vezetősége saját biztonsági szolgálatával lefolytatta a keresést – további rendőri intézkedést ezért már nem igényeltek. Ahogy említettem, a rendőrség a megadott időintervallumban tényleges robbantást nem tapasztalt – de még a szándékra utaló jeleket sem –, ezért egy járőr maradt a csak bevásárlóközpontnál, de további hivatalos intézkedés nem történt – az ügyet lezárták. A robbantás végül 16:08-kor következett be. [13] A robbanóanyag tekintetében azonban már eltérések vannak a hatóságok és a terroristák beszámolója között. A rendőrség és a hivatalos tájékoztató szerint a robbanóanyag összesen 200 kg súlyú volt. A terroristák azonban 27 kg ammóniát, 100 liter benzint és 200 kg szappanpelyhet keverték össze, ami a robbanáson túl, égő napalmhoz hasonló hatással is rendelkezett. [12]

⁴Viszonyításként a 2003. augusztus 25-én a 6-os villamoson történt robbanás során összesen 10 g TATP működött el.

2004. március 11-én szintén Spanyolországban, a reggeli tömegközlekedési csúcsban (7:37 és 7:41 között) 10 robbanószerkezet robbant fel négy vonaton – amik Magyarországhoz hasonlóan HÉV-ként is működnek –, ami 191 halálos áldozatot követelt. A robbantáshoz Goma-2 Eco típusú robbanószert és detonátorként mobiltelefonok ébresztőjét alkalmazták. [14] (A madridi robbantáshoz tervezetten HMTD-t alkalmaztak volna, amit online segítséggel próbáltak volna meg elkészíteni. Ismeretlen okok miatt azonban a dinamitot – Goma-2 Eco-t – választották végül. [15] 2004 elején Jose Emilio Suárez küldött mintái alapján a robbanóanyagot azonosították, azt Asztúriában a Caolines de Merilles-i bányából szerezték be illegálisan.) A robbanószerkezeteket hátizsákokban, nejlonzacskókba csomagolva juttatták fel és hagyták a járműveken. [16] A madridi robbantással egy napon tartotta volna a Nemzeti Törvényszék azon 24 fő tárgyalását, akiket al-Káida-tagsággal és a szervezettel való együttműködéssel gyanúsítottak. [14] Kiemeltebb esemény volt a támadás után három nappal tartott nemzeti választás. A választáson José María Aznar miniszterelnök pártja veszített, és az új spanyol kormány kivonta az Irakban állomásozó alegységeit. A támadás pontos, eredeti célja nem azonosítható be, azonban a terroriszervezet szempontjából mindenképp sikeresnek lehetett nevezni.

2005. július 7-én a madridi merényletekhez hasonlóan a reggeli csúcsban (8:47 körül) három robbantást hajtottak végre londoni tömegközlekedési eszközön, a busz- és metróhálózatban. Mohammed Sidique Khan 8:50-kor felrobbantotta magát és hat további mellette álló személyt, valamint több mint 160 további utast könnyen vagy súlyosan, de megsebesített. Germaine Lindsey öngyilkos merényletével 26 fő halálos áldozat és több mint 360 fő megsebesítését eredményezte. Shehzad Tanweer merényletében nyolc ember halt meg, és több mint 170 fő megsebesült. Hasib Hussain robbanószerkezete nem robbant fel az első próbálkozásra a metróban, ezért átszállt a 30-as buszra, és ott robbantotta fel magát és további 13 főt, valamint több mint 110 főt megsebesített. [17] A merénylet során 5 kg-os kiszerelésekben TATP-t alkalmaztak. Az IED összetétele egyszerű, puritán – a kivitelezés azonban működőképes – volt (izzó, elem és nyomógomb).

A későbbi vizsgálatok kiderítették, hogy a londoni merényletek közül 2003-ban Siddiqui és további három ismerőse Pakisztánba utazott, hogy terroriszervezetek által szervezett kurzust végezzenek el robbanóanyag- és robbanószerkezet-összeállításból. A külön csoport érdeklődésére szabott képzés során alumíniumpor, ammónium-nitrát, karbamid összetétellel gyakoroltak, valamint ricinnel kísérleteztek. [15] Tanweer és Siddique kísérletezett továbbá még hidrogén-peroxid és piperin keverékével, valamint HMTD-vel is. [15] A merényletsorozathoz végül a TATP-t használták. [18]

Brüsszelben a Zaventem Nemzetközi Repülőtéren 2016. március 22-én összesen három robbantást hajtottak végre. 7:58-kor Ibrahim El Bakraoui és Najim Laachraoui egymáshoz képest kilenc másodperc eltéréssel öngyilkos merényletet hajtott végre a repülőtér check-in területén. A robbantások késleltetésének indoka az áldozatok számának radikális növelése volt. Az első robbantást követően a robbantással ellentétes irányba kezdett menekülni a tömeg, ami a második robbantás célja volt – így az első robbantást túlélő, tömegben menekülőket tudták támadni. A harmadik robbantást 9:11-kor Khalid El Bakraoui a tömegközlekedési hálózatban, a Maelbeek metróállomáson hajtotta végre, amikor a három vagonból álló metrószerelvénymár elindult az állomásról. A három összehangolt robbantás eredményeként összesen 32 fő meghalt és 320 fő megsérült. [19]

ÖSSZEGZÉS

A tanulmányban foglaltak alapján megállapítható, hogy a terrorizmus és a robbantás napjainkra olvadt csak részben össze. Az ipari robbanóanyagok fejlődésével és az egyszerűbb, akár házi készítésű robbanóanyagok – azok instabilitása vagy munkavégző képességének nagysága miatt – ipari elhanyagolása és a terrrorszervezetek költség-előállítás aránya alapján kerültek az alternatív felhasználások körébe.

A végrehajtott terrorcselekmények, az azokban felhasznált módszerek és a robbanóanyagok azonban inkább az improvizált robbanószerkezetek és az improvizált – házi készítésű – robbanóanyagok kerülnek előtérbe még akkor is, ha a leendő elkövetők a robbanóanyag előállítása során életüket is veszthetik. A műtrágyaalapú robbanóanyagok felhasználása az arra való egyéb szabályzások miatt drasztikusan csökkent (és megjelent a TATP és a HMTD a működésüket már korábban beszüntető terrrorszervezetek egykori készleteiből).

A konfliktusokból hátramaradt harcanyagok, amik közé az aknákat is sorolom, olyan IED-lehetőségeket biztosít a terrrorszervezetek számára, amit jelenleg nem lehet megakadályozni, ha az alapanyagok beszerzése már megtörtént. A szabályzók, például az Ottawai Egyezmény is, ezért az alapanyagokhoz való törvénytelen hozzájutást is akadályozza. (Más kérdés, hogy akár még az Európában található aknák szempontjából nem mentesített területekről az aknafelszedést hogyan akadályozzák meg a nemzetállamok.)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] NATO (2003). *NATO's military concept for defence against terrorism (MC-472) – annex A*. Letöltve: 2022. április 10-én, www.nato.int/ims/docu/terrorism-annex.htm
- [2] 2012. évi C. törvény a Büntető Törvénykönyvről.
- [3] Krajnc, Z. (2019). *Hadtudományi lexikon – új kötet*. Dialóg Campus. ISBN: 9789635311019
- [4] Földesi, J. (1988). *Bányászati robbantástechnika I.* Tankönyvkiadó.
- [5] Daruka, N. (2013). *A bűnös célú/terror jellegű robbantások és az ellenük való védekezés lehetőségei, különös tekintettel a tűzszerész feladatok ellátására* [PhD értekezés, Nemzeti Közszerológati Egyetem].
- [6] Tábi, L. (2024). *A rögtönzött robbanószerkezetek elleni védelem feladatrendszerének fejlesztése a magyar honvédelem rendszerében* [PhD értekezés, Nemzeti Közszerológati Egyetem].
- [7] Horsley, R. A. (1979). The Sicarii: Ancient Jewish "Terrorists". *The Journal of Religion*, 59(4), 435–458. <https://doi.org/10.1086/486726>
- [8] Kovács, M. (2023). *Terrorista szervezetek aszimmetrikus hadviseléshez kapcsolódó módszereik, eszközeik, eljárásaik* [PhD értekezés, Nemzeti Közszerológati Egyetem].
- [9] Lukács, L. (2023). *Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből*. Ludovika Egyetemi Kiadó.
- [10] Ganor, B. (2021). Understanding the motivations of "Lone Wolf" terrorists: The "Bathtub" Model. *Perspectives on Terrorism*, 10(2), 23–32.
- [11] 1998. évi X. törvény a „Gyalogsági aknák alkalmazásának, felhalmozásának, gyártásának és átadásának betiltásáról, illetőleg megsemmisítéséről” szóló Egyezmény megerősítéséről és kihirdetéséről.

- [12] Gomez Morell, P. A. – Escudero Naif, F. – Palao Domenech, R. – Sospedra Carol, E. – Banuelos Roda, J. A. (1990). Burns caused by the terrorist bombing of the department store Hipercore in Barcelona. Part I. *Burns*, 16(6), 423–425. [https://doi.org/10.1016/0305-4179\(90\)90035-F](https://doi.org/10.1016/0305-4179(90)90035-F)
- [13] Kovács, M. (2020). A Baszk Haza és Szabadság szervezete, módszerei, fegyverzete 1959–2011 között. *Hadtudományi Szemle*, 13(3), 117–132. <https://doi.org/10.32563/hsz.2020.3.9>
- [14] Reinares, F. (2016). *Al Qaeda's Revenge*. Columbia University Press. ISBN: 9780231704540
- [15] Daruka, N. (2016). Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–43. <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2187>
- [16] Sciolino, E. (2004. március 12.). Bombing in Madrid. *The New York Times*. Letöltve: 2024. június 9-én, <https://www.nytimes.com/2004/03/12/world/bombings-in-madrid-the-attack-10-bombs-shatter-trains-in-madrid-killing-192.html>
- [17] Sageman, M. (2019). *The London Bombings*. University of Pennsylvania Press.
- [18] The National Academies (n.d.). *Homeland Security: IED attack*. Letöltve: 2025. május 9-én, https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/prep_ied_fact_sheet.pdf
- [19] BBC (2016. március 22.). Brussels explosions: What we know about airport and metro attacks. Letöltve: 2022. szeptember 11-én, <https://www.bbc.com/news/world-europe-35869985>

AZ UKRÁN TISZT- ÉS ALTISZTKÉPZÉS TANULSÁGAI ÉS A MAGYAR MŰSZAKI SZAKTERÜLET FEJLESZTÉSI PERSPEKTÍVÁI¹

Dr. habil Daruka Norbert² – Dr. Kovács Zoltán Tibor³ – Végh Krisztián⁴

ABSTRACT

The Russo–Ukrainian war has profoundly reshaped the structure and methodology of military training in Ukraine. Officer and non-commissioned officer (NCO) education underwent accelerated transformation, introducing modular training, the mission command principle, and international partnerships with NATO and EU member states. The rapid integration of new technologies, such as drones, electronic warfare (EW), and precision artillery, required innovative educational solutions, including simulation centres, experimental demolitions, and competence-based teaching methods. These wartime experiences offer valuable lessons for Hungary, especially in the field of military engineering and demolitions. The paper analyses the Ukrainian adaptations, identifies transferable elements for the Hungarian Defence Forces, and outlines a roadmap for short-, medium-, and long-term modernization of technical training. The study highlights the importance of flexible training structures, competence assurance (recertification), and interoperability to prepare personnel for the challenges of contemporary warfare.

Keywords: officer and NCO training, military engineering, demolitions, interoperability, simulation

ÖSSZEGZÉS

Az orosz–ukrán háború gyökeresen átalakította Ukrajna katonai képzésének szerkezetét és módszertanát. A tiszt- és altisztképzés felgyorsított modernizáción ment keresztül, amelynek része lett a moduláris képzés, a feladatorientált vezetés (mission command) elvének bevezetése, valamint a NATO- és EU-tagállamokkal való nemzetközi partnerség. Az új technológiák – drónok, elektronikai hadviselés (EW), precíziós tüzérség – integrációja innovatív oktatási megoldásokat tett szükségessé, többek között szimulációs központok létrehozását, kísérleti robbantásokat és kompetenciaalapú módszertan alkalmazását. Ezek a háborús tapasztalatok értékes tanulságokkal szolgálnak Magyarországnak számára, különösen a műszaki és robbantástechnikai képzés

¹ Lessons Learned From the Training of Officers and Non-Commissioned Officers in Ukraine and Perspectives for the Development of the Hungarian Military Engineering

² MH Transzformációs Parancsnokság, Tudományos Kutatóhely osztályvezető; Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Robbantástechnikai szakmérnök/szakember szakirányú továbbképzés, szakfelelős, a katonai műszaki tudományok habilitált PhD fokozatos; e-mail: daruka.norbert@mil.hu; daruka.norbert@bgk.uni-obuda.hu; ORCID: 0000-0002-7102-1787.

³ Egyetemi docens, Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar, Harctámogató Tanszék; e-mail: kovacs.zoltan@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0001-9098-1997.

⁴ Honvéd Vezérkar, Hadműveleti Csoportfőnökség, Stratégiai Művelettámogató és Helyzetkövető Főnökség, kiemelt főtiszt; Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz hallgató; e-mail: vegh.krisztian@hm.gov.hu; ORCID: 0000-0001-6969-968X

területén. A tanulmány bemutatja az ukrán adaptációkat, azonosítja a Magyar Honvédség számára átvihető elemeket, és rövid-, közép- és hosszú távú fejlesztési irányokat vázol fel. Kiemeli a rugalmas képzési struktúrát, a kompetenciabiztosítás (recertification) és az interoperabilitás jelentőségét a modern hadviselés kihívásaira való felkészülésben.

Kulcsszavak: tiszt- és altisztképzés, műszaki csapatok, robbantástechnika, interoperabilitás, szimuláció

BEVEZETÉS

Az orosz–ukrán háború 2022-ben indult új szakasza a teljeskörű orosz invázióval olyan környezetet teremtett, amely gyökeresen megváltoztatta Ukrajna katonai képzésének struktúráját. A tiszt- és altisztképzés átalakítása nem csupán a túlélés eszköze volt, hanem a haderő modernizációjának egyik legfontosabb lépése is. A folyamat során bevezetett megoldások, gyorsított képzési programok, technológiai integrációk és szervezeti változtatások értékes tanulságokkal szolgálhatnak a Magyar Honvédség számára is.

A magyar haderő különösen a műszaki csapatok esetében tudja hasznosítani ezeket a tapasztalatokat, hiszen a modern hadviselésben a műszaki támogatási feladatok kiemelkedő jelentőséggel bírnak. Ezen belül kiemelt fontosságú a robbantástechnika, amely egyszerre szolgál rombolási, akadályelhárítási és műszaki támogatási célokat. [1] A hadszíntér komplexitása, az urbanizált környezetben folytatott műveletek, valamint a drónokkal [2], elektronikai hadviseléssel és precíziós tűzerővel kiegészült modern eszköztár egyaránt új kihívásokat állít a képzés elé.

A következő oldalakon részletesen bemutatjuk:

- az ukrán képzés főbb átalakulásait és azok tanulságait;
- a magyar műszaki és robbantástechnikai képzés számára releváns területeket;
- az alkalmazási és adaptációs lehetőségeket;
- egy javasolt fejlesztési irányt rövid, közép- és hosszú távon.

A terjedelmi korlátokra tekintettel igyekszünk minden aspektust legrészletesebben feldolgozni, beleértve a képzés szervezeti, módszertani és technológiai dimenzióit is.

FŐ KIHÍVÁSOK

Jelentős veszteségek a parancsnoki állományban

Az orosz–ukrán háború első szakaszában az ukrán fegyveres erők jelentős veszteségeket szenvedtek a tiszt- és altiszt-állományban. A CRS (2024) jelentése⁵ szerint a harc téren a tapasztalt és képzett állomány nagy része életét veszítette vagy súlyosan megsebesült, ami a parancsnoki tapasztalat és a gyakorlati szaktudás gyors csökkenését jelentette

⁵ Congressional Research Service. (March 21, 2024). *Ukrainian military performance and outlook* (CRS In Focus Report IF12150). U.S. Congress. <https://www.congress.gov/crs-product/IF12150>

a rendszerben. Ez különösen a szakasz- és századszintű vezetésben okozott nehézségeket, mivel ezek a harcászati vezetési szintek tartják össze a fronton harcoló alegységeket. Ennek következtében sürgetővé vált a gyorsított tiszt- és altisztképzési programok kidolgozása, amelyek rövidebb idő alatt próbálják átadni a csapatvezetéshez szükséges alapvető készségeket.

Az ukrán hadsereg 2023-ban három hónapos altiszti tanfolyamot indított, amelynek célja az volt, hogy a szakaszszintű vezetőket azonnal vissza tudják vezényelni a harctérre. [3] Hasonló megoldás bevezetése a Magyar Honvédségnél, például a városi környezetben végrehajtott robbantási műveleteknél, növelhetné a gyors reagálás képességét.

Az adaptációs célkitűzéseket figyelembe véve a magyar műszaki tisztek, illetve a robbantástechnikai szakterület hallgatóinak képzése szempontjából célszerű lenne egy háromszintű (alap, haladó és specializált) modulrendszer bevezetése, amely biztosítja az állomány fokozatos és rugalmas felkészítését. Az alapmodul célja a minimális bevetethőség elérése, vagyis, hogy a katonák rövid időn belül elsajátítsák azokat az alapvető ismereteket és készségeket, amelyekkel a legszükségesebb műszaki és robbantási feladatokat önállóan vagy szakmai felügyelet mellett végre tudják hajtani. [1] A haladó modul ezzel szemben már a komplexebb feladatokra való felkészítést szolgálja, nagyobb hangsúlyt fektet az összetett műveletek megtervezésére, a különböző haditechnikai eszközök alkalmazására, valamint a szoros együttműködésre más fegyvernemekkel és szakcsapatokkal. A rendszer legmagasabb szintje a specializált modul, amely az adott műveleti környezethez – például városi, vízi vagy alagútban végrehajtott robbantásokhoz – igazított képzést nyújt, így a katonák képesek lesznek a sajátosságokhoz és a műveleti követelményekhez igazodva, hatékonyan végrehajtani a feladatot.

A képzési rendszer sikeres működésének egyik kulcsa a Train-the-trainer⁶ modell alkalmazása, amelynek lényege, hogy a legtehetségesebb hallgatók rövid idő alatt kiképzői szerepre is felkészítésre kerülnek. Az ukrán tapasztalatok jól rávilágítottak arra, hogy a kiképző állomány gyors utánpótlása elengedhetetlen, hiszen szükséghelyzetben a tudás gyors és széles körű átadása kritikus fontosságú.

Ennek a modulrendszerű képzésnek a hazai adaptációja lehetővé tenné, hogy a Magyar Honvédség önállóan, rövid idő alatt képes legyen nagyobb létszámú személyi állományt kiképezni az aktuális műveleti igényeknek megfelelően.

Mindezt kiegészítik a gyorsított tanfolyamok, amelyek krízishelyzetben 3–6 hetes intenzív képzési formában biztosítják az állomány felkészítését a legszükségesebb műszaki és robbantási feladatokra. [1] Ez a megoldás lehetővé teszi, hogy rövid idő alatt olyan katonák álljanak hadrendbe, akik legalább az alapvető, azonnali bevetethőséghez szükséges ismeretekkel rendelkeznek, és így képesek támogatni a műveletek sikeres végrehajtását. A moduláris rendszer, a kiképzők gyors utánpótlása és az intenzív tanfolyamok együttesen olyan rugalmas képzési struktúrát alkotnak, amely képes igazodni a Magyar Honvédség aktuális és jövőbeni igényeihez.

⁶ A Train-the-trainer (TTT vagy T3) egy olyan képzési modell, amelynek célja, hogy ne csak a résztvevőket képezze, hanem közülük kiképzőket is kineveljen. Lényege, hogy a program során a legalkalmasabb, legtehetségesebb vagy leggyorsabban fejlődő hallgatók olyan ismereteket és módszertani tudást kapnak, amelyek révén ők maguk is oktatóvá válnak, és képesek lesznek a megszerzett tudást másoknak továbbadni.

A modern hadviselés eszközeinek integrálása

A háború jellegéből adódóan az ukrán haderőnek gyorsan alkalmazkodnia kellett a 21. századi hadviselés komplexitásához. A drónok, az EW,⁷ a precíziós tűzéréség és a nyugati eredetű fegyverrendszerek integrációja új típusú képzési igényeket generált. [2]

A tisztképzésben például bevezették a drónhadviselési modulokat, amelyek UAV-k⁸ alkalmazására, ellentevékenységekre, valamint a célfelderítés és tűzéréségi tűzösszekötés integrálására tanítják a tiszteket. [4] Az altisztek számára a hangsúly a terepi drónhasználaton, a COMSEC,⁹ valamint a kisebb alegységek önálló logisztikai biztosításán van.

2024-től a katonai akadémiákon a századparancsnoki tanfolyam kötelező része lett a drónok harcászati szintű alkalmazása és az EW-ellentevékenység. [5] Magyarországon ugyanez megvalósítható például a robbantás utáni kárfelmérés (Battle Damage Assessment: BDA) drónokkal való végrehajtásában.

A modern robbantástechnikai képzésben a drónok alkalmazása gyorsan alapvető eszközzé válhat: a légi felderítés lehetővé teszi a terep előzetes, gyors és részletes feltérképezését, a veszélyes zónák azonosítását, a rombolás várható hatásainak modellezését és a gyakorlatok során keletkező változások dokumentálását. A drónnal készített felvételek és hőterképek segítségével csökken a közvetlen személyi kockázat, javul a döntéstámogatás hatékonysága és minimalizálhatók a hibák, hiszen a beavatkozást megelőzően pontosabb és részletesebb információk állnak rendelkezésre. A különféle, multispektrumú szenzorokkal felszerelt eszközök megfelelő alkalmazása lehetővé teszi kiterjedt aknamezők felderítését. Ugyanakkor a technológia működtetése és a képfeldolgozás, illetve elemzés is külön képzést igényel.

A robbantásnál használt gyújtószerkezeteket és ezzel a végrehajtás megbízhatóságát komolyan veszélyeztethetik az elektronikus zavarással vagy célzott elektromágneses támadással járó fenyegetések; ezért a magyar katonáknak feltétlenül el kell sajátítani az elektronikai zavarás felismerését, a zavaró hatások elleni védekezés módszereit és a redundáns, zavarásbiztos megoldások alkalmazását. Ez magában foglalja a gyújtórendszerek védelmét szolgáló passzív és aktív intézkedéseket, a frekvencia-, jelszint- és időzítés-alapú ellenőrzések használatát, valamint alternatív végrehajtási protokollok kidolgozását olyan esetekre, amikor a hagyományos gyújtás nem megbízható. A zavarásfigyelés és -diagnosztika beépítése a kiképzési tematikába növeli a műveleti rugalmasságot és csökkenti a váratlan hibalehetőségek kockázatát.

Végezetül, az integrált kiképzés megvalósítása szintén kulcsfontosságú: a műszaki és robbantástechnikai alegységek képzését össze kell hangolni a tűzér- és lövészkötélékek gyakorlataival, mivel a robbantásos műveletek sokszor csak a tűzerővel kombinálva érik el a kívánt hatást. A közös gyakorlatok során a résztvevők megtanulják az összehangolt művelettervezést, a hatásmechanizmusok időzítését és a tűz-robbanás-koordináció biztonsági szabályait; ez csökkenti az interoperabilitási problémákat és javítja a művelet hatékonyságát. Az ilyen típusú, több szakterületet átfogó képzés elősegíti a parancsnoki lánc és a

⁷ EW – Electronic Warfare – elektronikai hadviselés.

⁸ UAV – Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli légi jármű.

⁹ COMSEC – Communication Security – kommunikációbiztonság.

végrehajtó egységek közötti kommunikáció fejlődését és hozzájárul ahhoz, hogy a bevett erők összhangban, biztonságosan és célirányosan ériék el a kitűzött harcászati célokat, eredményeket.

Időnyerés és gyorsított képzés

A folyamatos harctéri igények miatt a képzés időtartamát jelentősen csökkentették. A Böll Stiftung (2024) beszámolója¹⁰ szerint a korábban 2–3 hónapos, EU-tagállamokban szervezett törzsparancsnoki képzéseket 21 napos intenzív kurzusokra rövidítették. Ezek során a tiszteket „gyorsreagálású parancsnoki döntéshozatalra” készítik fel, gyakran napi 10–12 órás képzési programmal, amely magában foglal szimulációs gyakorlatokat és harcászati döntési játékokat.

A rövidített képzés előnye, hogy gyorsan a harctérre kerülhetnek a parancsnokok, de kockázata, hogy az elméleti háttér és a hosszabb távú vezetői készségek nem kapnak kellő hangsúlyt és részletességet.

Egy 2024-es, EU-ban szervezett ukrán századparancsnoki tanfolyamon a hallgatók 60%-a közvetlenül a harcterről érkezett, és a képzés után egy héten belül vissza is vezényelték őket. [6]

A „Mission command” és az altiszti szerep felértékelődése

Az ukrán hadsereg egyik hagyományos problémája az altiszti kar gyengesége, ami a szovjet örökség része. A háború rámutatott arra, hogy a modern hadviselésben elengedhetetlen a kompetens és önálló döntéshozatalra képes altiszti kar. Ezért az ukrán fegyveres erők megerősítették az NCO-képzést, bevezették a „mission command” szemléletet, és nagyobb hangsúlyt fektettek az önállóságra, valamint a gyors reagálásra.

2023-ban az ukrán NCO-iskolák tantervébe kötelező elemként épült be a „vezetési szimulációs gyakorlat”, amely során a hallgatóknak valós idejű scenáriók alapján kell döntéseket hozniuk – gyakran NATO-tisztek mentorálásával. [3] Hasonló rendszer Magyarországon például útzár-telepítési, különböző rombolási feladatokra alkalmazható.

A magyar műszaki altiszti képzés erősítése alapvető fontosságú ahhoz, hogy a harcserű körülmények között gyors, felelősségteljes és önálló döntésekre képes altisztek álljanak rendelkezésre. Ennek érdekében a képzésnek nem csupán a technikai ismeretek átadására kell korlátozódnia, hanem fejlesztenie kell a helyzetfelismerési, kockázatértékelési és vezetési készségeket is; az altiszteknek gyakorolniuk kell a műveleti döntések előkészítését, alternatívák gyors mérlegelését és a váratlan eseményekre adott reakciókat. Emellett fontos a feladat- és erőforrás-tervezés, a kommunikációs protokollok magabiztos alkalmazása, továbbá, hogy az altisztek ismerjék és gyakorolják a parancsnoki feladatokat a feladat végrehajtásában.

¹⁰ Heinrich-Böll-Stiftung. (December 10, 2024). *Pace of war shortens EU-based training for Ukrainian troops*. Heinrich-Böll-Stiftung Washington, DC. <https://us.boell.org/en/2024/12/10/pace-war-shortens-eu-based-training-ukrainian-troops>

A gyakorlati képzés központi elemei a szimulációs gyakorlatok, ahol az altisztek önállóan vezetnek le komplex robbantási műveleteket változatos, valósághű környezetben. Ezek a gyakorlatok lehetnek élő, aszimmetrikus és vegyes (pl. drónfelvételekkel, elektronikai zavarási elemekkel kiegészített) forgatókönyvek, amelyek szándékosan hoznak létre váratlan helyzeteket, generálnak hibalehetőségeket és döntési kényszert. A cél, hogy az altisztek próbára tegyék tervezési képességeiket, parancsnoki szerepüket és a csapatirányítási készségeiket olyan körülmények között is, amelyekhez a való életben előforduló stressz és komplexitás tartozik.

A gyakorlatokat követően meghatározott értékelési és visszacsatolási folyamatra van szükség: részletes utólagos elemzések (after-action review: AAR) során át kell tekinteni a döntéshozatalt, a végrehajtás menetét, a biztonsági tényezőket és a kommunikációt, kiemelve a sikeres megoldásokat és a hibákból levonható tanulságokat. Az értékelésnek objektív szempontrendszerre – például döntési idők, helyzetfelismerés pontossága, erőforrás-allokáció hatékonysága és biztonsági protokollok betartása – kell támaszkodnia, továbbá javaslatokat kell adnia a személyes és szervezeti fejlesztésre. A folyamat része lehet a mentorálás és a visszatérő képzési modulok beépítése, amelyek célzottan a feltárt hiányosságokat korrigálják.

Összességében az altiszti képzés erősítése és a szimulációs gyakorlatok rendszeres, szisztematikus alkalmazása biztosíthatja, hogy a magyar műszaki alegységek altisztjei ne csak technikailag felkészültek legyenek [7, 61–62], hanem vezetői, döntéshozatali és kockázatkezelési képességeik is magas színvonalúak legyenek; ez pedig közvetlenül növeli a műveletek hatékonyságát és a személyi állomány biztonságát.

A kiképzőközpontok sebezhetősége és a nemzetközi együttműködés

Az orosz rakéta- és dróntámadások célba vették az ukrán kiképzőközpontokat. A 2022 márciusában Lviv közelében lévő Javoriv kiképzőtábor elleni támadás több tucat halálos áldozatot követelt, és komoly veszteséget okozott a kiképzőállományban is [8]. Ez arra kényszerítette az ukrán fegyveres erőket, hogy részben külföldön (Lengyelországban, Németországban, Nagy-Britanniában) szervezzék meg a tiszti- és altisztképzéseket. Magyarország számára ez arra mutat rá, hogy a képzési rendszernek rugalmasnak, akár több helyszínen végrehajthatónak kell lennie.

A magyar műszaki tiszti- és altisztképzés korszerűsítése érdekében célszerű telepíthető, gyorsan áthelyezhető gyakorlólhelyeket létrehozni, amelyek lehetővé teszik a különböző terepviszonyok és környezeti feltételek gyors modellezését és ismételt begyakorlását. Az ilyen mobil gyakorlólhelyek rugalmasan telepíthetők katonai bázisok, lőterek vagy akár polgári létesítmények közelébe, így a gyakorlati feladatok közelebb hozhatók a valós bevetési körülményekhez, csökkentve a logisztikai költségeket és növelve a képzés intenzitását. A moduláris elemekből felépülő, biztonsági zónákkal és megfigyelőpontokkal ellátott telepített létesítmények lehetővé teszik különféle forgatókönyvek – városi rombolás, terepátjáró nyitása, alagút-szituációk – lefuttatását, miközben a mozgathatóság biztosítja a tanulságok gyors adaptálását és a gyakorlatok forgatókönyvének gyakori variálását.

Ezzel párhuzamosan a nemzetközi partnerségek kiépítése és a magyar műszaki csapatok rendszeres részvétele a NATO EOD-képzéseken jelentős hozzáadott értéket nyújt

az interoperabilitás és a szakmai színvonal növelésében. A közös gyakorlatok és képzések révén a katonák megismerkednek a szövetségi eljárásokkal, szabványokkal, kommunikációs protokollokkal és a partnerországok technikai megoldásaival; ez megkönnyíti a közös műveletek tervezését és végrehajtását válsághelyzetekben. A tapasztalatcsere, közös after-action review-k és a közös szakmai fejlesztések hozzájárulnak ahhoz, hogy a magyar csapatok gyorsan adaptálják a bevált gyakorlatokat, egységesítsék felszerelésüket és eljárásaikat, valamint erősítsék a nemzetközi kapcsolatrendszert, amire különösen igény van a több-nemzeti bevetések és közös műveletek esetén.

A minőségbiztosítás és interoperabilitás kihívásai

A képzések sokfélesége – különböző országokban, különböző doktrínák alapján – heterogenitást¹¹ okozhat az állományban. Míg a NATO-partnerek nyugati normák szerint végzik a képzéseket, addig az ukrán nemzeti képzési programok még részben a szovjet örökség alapján működnek. Az interoperabilitás növelése ezért folyamatos kihívás. [5] Magyarország számára is kulcskérdés az egységes szabványrendszer.

A kiképzésekben kialakuló heterogenitás alatt a következőt értjük:

- az ukrán katonák különböző országokban (pl. Lengyelországban, Németországban, Egyesült Királyságban, az USA-ban) kaptak kiképzést;
- különböző doktrínák (NATO-országoként eltérő eljárások, módszerek) alapján;
- eltérő időtartamban és részletességgel képezték őket;
- így a harctérre visszatérve nem egységes tudással és szemlélettel rendelkeznek.

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy míg egy alegység parancsnoka például brit kiképzésben vett részt (nagy hangsúllyal a „mission command”-on és a szakaszszintű önállóságon) [9], addig a katonái lehet, hogy csak rövidebb, németországi alapkiképzést kaptak, vagy Ukrajnában szovjet örökségű elvek szerint oktatták őket, ami nehézséget okozhat az egységes működésben. Magyarország ezt elkerülheti az egységesített képzési standardokkal.

A hatékony és biztonságos műszaki szervezet kialakításához elengedhetetlen egy részletes kompetenciamátrix kidolgozása, amely minden műszaki szakbeosztásra – altiszt, tiszt, speciális szakember és támogató állomány – meghatározza a szükséges ismereti területeket, gyakorlati készségeket, felelősségi szinteket és a képzettségi fokozatokat. A mátrix tartalmazza az egyes feladatkörökhöz kötődő minimális követelményeket (pl. robbantási eljárások ismerete, robbanóanyag-kezelés, biztonsági protokollok, drónfelderítés alkalmazása, elektronikai zavarás kezelése), a szükséges ismeretszint-leírásokat (alap/haladó/speciális), az ellenőrzés-számonkérés módját (elméleti vizsga, gyakorlati végrehajtás, szimuláció) és a képzés bemeneti feltételeit (pl. egészségügyi alkalmasság, korábbi gyakorlatok). A kompetenciamátrix bevezetése lehetővé teszi a hiányosságok gyors azonosítását, célzott képzési tervek készítését, valamint az interoperabilitás és a biztonsági követelmények egységesítését a teljes szervezeten belül; emellett jól használható a személyi előmenetel, a feladatok elosztása és a képzési prioritások tervezése során is.

¹¹ Sokféleség, különbözőség, kevertség.

A kritikus robbantástechnikai feladatokra vonatkozó, évente kötelező újratanúsítás (recertification) bevezetése tovább növeli a műveleti biztonságot és a szakmai színvonalat: minden érintettnek évente ismételtén igazolnia kell az adott kompetenciák meglétét elméleti és gyakorlati vizsgák, valamint valóság-hű szimulációk keretében. A recertification folyamatának elemei közé tartoznak a szabványosított elméleti tesztek, meghatározott idő alatt végrehajtott gyakorlati feladatok, valamint komplex nehezített feladatok (pl. zavaró tényezők, időhiány, több szakterület együttes feladata), amelyek során a jelöltnek bizonyítania kell a protokollok helyes alkalmazását és a biztonsági elvek, eljárások következetes betartását. Sikertelenség esetén meghatározott ismétlő és korrekciós képzési modulok biztosítják a hiányosságok célzott pótlását; ismételt bukás esetén ideiglenes korlátozás vagy feladatváltás alkalmazandó a kockázat minimalizálása érdekében.

Célszerű, ha az újratanúsítás nyilvántartása digitális platformon alapul, amely rögzíti a vizsgák eredményét, az érvényességi időket, korrekciós intézkedéseket és a következő vizsga ütemezését, továbbá lehetővé teszi auditok és statisztikák készítését a képzési hatékonyság értékeléséhez. Fontos, hogy a recertification szabályozása illeszkedjen a nemzetközi elvárásokhoz és az alkalmazott technológiák fejlődéséhez: új eljárások vagy eszközök bevezetése után a kompetenciamátrixot és a vizsgakövetelményeket frissíteni kell, és ideiglenes felkészítő kurzusokat kell biztosítani. Így az éves újratanúsítás nem csupán adminisztratív kötelezettség lesz, hanem a folyamatos szakmai fejlődés és a műveleti biztonság elérésének eszköze.

ÁTALAKULÁSOK A TISZT- ÉS ALTISZTKÉPZÉSBEN

Az oktatási módszertan modernizációja a robbantástechnikai képzés átalakításának központi eleme; ez magában foglalja az esetalapú oktatás következetes integrálását, ahol a tanulók valós, történeti és aktuális esetek elemzésén keresztül sajátítják el a helyzetfelismerés, döntéshozatal és művelettervezés gyakorlatát. Az esettanulmányok feldolgozása lehetővé teszi a taktikai és technikai döntések okainak megértését, a hibák és sikerek konkrét elemzését, valamint a tanulságok átültetését a saját eljárásokba. Ezzel párhuzamosan az interaktív technológiák – különösen a virtuális (VR) és a kiterjesztett valóság (AR) – alkalmazása lehetővé teszi a veszélyes helyzetek biztonságos, költséghatékony és ismételhető modellezését; ezek a rendszerek támogatják a gyakorlati készségek elsajátítását, a stressz- és döntéshozatali helyzetek szimulálását, valamint a hibák következményeinek feltárását anélkül, hogy a résztvevők személyi vagy anyagi-technikai kockázatnak lennének kitéve.

A szimuláció és a kísérleti gyakorlatok infrastruktúrája kulcsfontosságú: egy integrált szimulációs központ létrehozása, amelyben drón-, elektronikai zavarás (EW) és robbantási modulok együttesen működnek, biztosítja az összetett forgatókönyvek valóság-hű tesztelését. Itt a különböző rendszerek kölcsönhatása – például a drónfelderítés adatainak felhasználása a robbantás tervezéséhez vagy az EW-hatás vizsgálata a gyújtórendszerekre – egyszerre modellezhető és kiértékelhető. A kísérleti robbantások rendszeres terepi végrehajtása és dokumentálása pedig elengedhetetlen a hatásvizsgálatokhoz: a valós körülmények között rögzített eredmények (anyaghatások, szórás, struktúra-reakciók) alapjául szolgálnak az eljárások, felhasznált anyagok és a biztonsági protokollok fejlesztésének, továbbá a tapasztalatok tudományos és gyakorlati feldolgozásának.

A specializált robbantástechnikai modulok bevezetése lehetővé teszi a képzés célzott adaptálását a különböző környezeti és feladattípusokra: a városi robbantások modulja a beépített környezet, a civil infrastruktúra veszélyeztetettség sajátosságaira fókuszál, hangsúlyozva a minimalizált mellékhatásokat, a rombolás irányítását és a polgári védelmi intézkedések koordinálását. Az IED-elhárításra¹² irányuló NATO-kompatibilis programok a nemzetközi elvárásoknak megfelelő eljárásokat és protokollokat oktatják, különös tekintettel a helyszínbiztosításra, nyom- és jelzésgyűjtésre, a robbanószerkezetek azonosítására és semlegesítésére, valamint a TECHEX¹³ feladataira. A vízügyi műveletekre vonatkozó speciális modulok a szerkezetek (gátak, hidak, alagutak) viselkedésének, ellenállóképességének és a kritikus pontok célzott megsemmisítésének ismeretére, valamint a környezeti következmények (vízáramlás, áradás, polgári kockázat) minimalizálására készítik fel a beavatkozókat.

Ezek az átalakulások – az esetalapú oktatás és interaktív technológiák beépítése, az integrált szimulációs és kísérleti infrastruktúra, valamint a specializált modulok kialakítása – együttesen egy modern, adaptív és biztonságközpontú képzési rendszert hoznak létre, amely képes reagálni a változó fenyegetésekre és a technológiai fejlődés kihívásaira.

Az ukrán hadseregben az elmúlt években jelentős reformok zajlottak le a képzési és vezetési kultúrában, amelyek a háborús tapasztalatokhoz igazodva új irányt szabtak a haderő fejlődésének. Hagyományosan gyenge volt az altiszti kar, amely a szovjet típusú, merev és hierarchikus rendszer örökségeként kevés önállósággal rendelkezett. A harci körülmények azonban rákényszerítették az ukrán fegyveres erőket a „mission command”, vagyis a küldetésalapú vezetés elvének alkalmazására [9], amely nagyobb önállóságot és döntési felelősséget ruház az altisztekre. Ez a változás nemcsak a harctéri rugalmasságot növelte, hanem hozzájárult ahhoz is, hogy az altisztek valódi vezetői szerepet töltsenek be a mindennapi műveletek során.

A tisztképzésben szintén átalakulás figyelhető meg: megnőtt az igény a törzsmunka, a tervezés, a logisztika és a kombinált hadműveletek ismereteinek elsajátítására. A tisztek felkészítése már nem kizárólag harcászati szinten zajlik, hanem hadműveleti dimenzióban is, hiszen a parancsnoki feladatok ellátásához a komplexebb műveleti környezetben való eligazodás is nélkülözhetetlenné vált. Ezzel párhuzamosan a nemzetközi képzési partnerségek jelentősége is megnőtt: a NATO-országokban és az Európai Unió területén zajló programok révén az ukrán tisztek és altisztek nyugati szabványoknak megfelelő kiképzésben részesülnek. Ezek a képzések nem csupán a modern fegyverzet kezelését teszik lehetővé, hanem a doktrínákhoz való alkalmazkodást és az interoperabilitás fejlesztését is biztosítják, ami elengedhetetlen a szövetséges műveletekben való részvételhez.

Az oktatási intézményrendszer modernizációja szintén kulcsterületté vált. Az ukrán katonai akadémiákban és altisztképző központokban pedagógiai újításokat vezettek be: a kompetenciaalapú oktatás előtérbe helyezésével, a kritikai gondolkodás fejlesztésével és a szimulációs gyakorlatok alkalmazásával igyekeznek korszerűbb, adaptívabb tiszti és altiszti állományt kialakítani. A háborús körülmények azonban a tartalékosok és az önkéntesek képzésére is hatással voltak: a mobilizáció miatt egyre több tartalékos kap rendszerebb kiképzést, így a hadsereg gyorsan képes növelni létszámát. Ennek ugyan vitathatatlan

¹² IED – Improvised Explosive Device – improvizált robbanószerkezet.

¹³ TECHEX – Technical Exploitation – technikai és taktikai adatgyűjtés.

előnye a harcászati kapacitás bővülése, ugyanakkor kockázata is jelentős, hiszen a felgyorsított képzés nem minden esetben biztosít kellő tapasztalatot és megfelelő mélységű szakmai tudást, ami a fronton komoly kihívásokat eredményezhet.

Összességében az ukrán katonai oktatás és kiképzés a háború hatására egy rugalmasabb, nyugatiasabb és kompetenciaalapú irányba mozdult el, amely az altisztek megerősítésétől kezdve a tiszti törzsképzés bővítésén át a nemzetközi partnerségek kihasználásáig számos területen új alapokra helyezi a haderő működését.

KORLÁTOK ÉS KIHÍVÁSOK

Az infrastruktúra veszélyeztetettsége

Az ukrán kiképzőközpontok és katonai akadémiák kiemelt célpontjai az orosz rakéta- és dróntámadásoknak. Az orosz erők már a háború korai szakaszában, 2022 márciusában csapást mértek a Lviv melletti Javoriv Nemzetközi Békétámogató és Biztonsági Központra, ahol NATO-országok kiképzői is jelen voltak. A támadásban több mint 30 katona meghalt, és több mint 130-an megsebesültek. Az ilyen veszteségek nemcsak az állományban okoznak súlyos károkat, hanem a kiképzési folyamatot is megszakítják, mivel a létesítmények helyreállítása hosszú időt igényel. Ennek következtében az ukrán fegyveres erők egyre inkább a külföldi képzési helyszínekre (pl. Lengyelországra, Nagy-Britanniára, Németországra) támaszkodnak, ahol biztonságosabb körülmények között folyhat a tiszti és altisztképzés. [5] Ez ugyan biztosítja a folyamatosságot, de logisztikai nehézségeket és eltérő képzési doktrínák miatti széttagoltságot is eredményez.

A minőségbiztosítás problémái

A gyorsított képzési programok a háborús helyzet kényszere miatt szükségessé váltak, ugyanakkor komoly minőségbiztosítási problémákat vetnek fel. A rövidebb idő alatt történő oktatás – például a háromhetes parancsnoki törzsképzés – nem képes minden területen mély és kellően részletes tudást átadni. [6]

Ez heterogén képzettségi szinthez vezet:

- egyes tisztek és altisztek nyugati országokban, NATO-szabványok szerint kapnak képzést;
- mások Ukrajnában, rövidebb, gyakorlati fókuszú programokon vesznek részt;
- megint mások szovjet örökségű módszertan alapján tanultak még a háború előtti időszakban.

Ez a sokféleség, „heterogenitás” azt eredményezi, hogy a frontra kerülő alegységekben nem minden vezető ugyanazt a parancsnoki stílust, taktikát vagy döntési kultúrát követi. A koordináció emiatt nehezebbé válik és az interoperabilitás is sérülhet. [10]

Parancsnoki kulturális akadályok

Az ukrán haderő hagyományosan a szovjet katonai kultúrát örökölte, amelyben a döntéshozatal erősen centralizált: az alacsonyabb szintek (szakasz, század) vezetői jellemzően vártak a felsőbb parancsokra, és kevés önállósággal rendelkeztek. A NATO-országok ezzel szemben a „mission command” elvét alkalmazzák, amely szerint a parancsnokok kijelölik a feladat célját, de a végrehajtás módját az adott szintű vezető (tiszt vagy altiszt) maga határozhatja meg a helyzethez igazodva. [3]

Az ukrán tisztek és altisztek képzésében ma már kiemelt szerepet kap a decentralizált döntéshozatal gyakorlása, de ennek mélyebb beépülése időigényes. A kulturális változás akadályai:

- sok vezető még a régi, hierarchikus parancsuralmi logikában szocializálódott;
- az önállóságra épülő szemlélet ütközik az aktuális katonai bürokráciával;
- a harctéren gyakran nincs idő parancsokra várni, de a felelősségvállalás képessége nem mindenhol alakult ki kellő mértékben.

Ez azt jelenti, hogy bár az új generációs altiszt- és tisztképzés célzottan támogatja az önálló döntéshozatalt, a gyakorlatban sok helyen még mindig dominál a régi, szovjet típusú vezetési kultúra.

A felsorolt tényezők – az infrastruktúra sérülékenysége, a gyorsított képzésekből fakadó eltérő színvonal és a kulturális átmenet nehézségei – jelentősen lassítják az ukrán tiszt- és altisztképzés egységes, NATO-kompatibilis átalakulását.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az orosz–ukrán háború drasztikus és felgyorsított átalakulást hozott az ukrán tiszt- és altisztképzésben. Az elmúlt években tapasztalt folyamatok világosan mutatják, hogy a háború nem csupán katonai, hanem oktatási és szervezeti reformokat is kikényszerített. Az alábbi fő trendek rajzolódnak ki:

Az altisztek szerepének felértékelődése

Az ukrán haderőben az altiszt kar a háború előtt kevésbé volt meghatározó, a döntéshozatal szinte teljesen a tiszt parancsnoki szinthez kötődött. A háború során azonban világossá vált, hogy a decentralizált vezetés, a gyors taktikai döntéshozatal és a harctéri rugalmasság nélkülözhetetlen. Ennek következtében az altisztek képzésében hangsúlyt kapott a „mission command” szemlélet, a kritikai gondolkodás és a felelősségvállalás fejlesztése. [3] Ez hosszú távon hozzájárulhat egy professzionális, önálló altiszt kar kialakulásához, amely a NATO-országokban a hadseregek egyik alappillére.

A tisztek törzs- és vezetői képzésének átalakulása

A tisztképzés a háború kitörése után rövidebb időtartamú, de intenzívebb lett. Az operatív és stratégiai környezet változása miatt a tisztektől már nemcsak harcászati felkészültséget várnak el, hanem komplex törzs- és logisztikai feladatok ellátását is. A rövidített, gyakran háromhetes törzsképzések során a hallgatók szimulációs gyakorlatokban vesznek részt, ahol valós idejű döntéshozatali helyzetekben kell helytállniuk. [6] Ez lehetővé teszi, hogy gyorsan bevethető vezetők álljanak rendelkezésre, ugyanakkor a képzés mélysége nem minden esetben elegendő a hosszú távú parancsnoki feladatokhoz.

Nemzetközi partnerségek és az interoperabilitás növekedése

A nyugati országok (pl. Egyesült Királyság, Lengyelország, Németország, USA) bevonása a tiszti- és altisztképzésbe kulcsfontosságúvá vált. Ezek a programok nemcsak a modern fegyverrendszerek kezelésére készítik fel az ukrán katonákat, hanem az interoperabilitást is javítják, vagyis biztosítják, hogy az ukrán egységek együtt tudjanak működni a NATO-partnerek erőivel. [5] Az ilyen képzések a jövőben meghatározhatják Ukrajna haderejének integrációját a nyugati biztonsági rendszerbe, különösen, ha az ország NATO-tagság felé halad.

A gyorsított képzés előnyei és hátrányai

A gyorsított képzés rövid távon hatékony megoldást jelentett a súlyos veszteségek és az állandó emberhiány pótlására. A rövidített tanfolyamok lehetővé teszik, hogy új tisztek és altisztek gyorsan a harctérre kerüljenek és betöltsék a kritikus vezetői, parancsnoki pozíciókat. Ugyanakkor a képzés rövidsége miatt hiányozhat a szükséges elméleti ismeret, az átfogó stratégiai szemlélet és a hosszú távú vezetői készségek kialakultsága. [10] Ez a jövőben veszélyt jelenthet a szakmai minőségre, különösen akkor, ha a háború elhúzódik, és az ukrán haderőnek nemcsak rövid távú, hanem fenntartható, magas színvonalú tisztképzésre is szüksége lesz.

A nyugati modellekhez való közeledés

Az ukrán katonai oktatási rendszer gyors ütemben közeledik a NATO-országok normáihoz. A decentralizált vezetés, a kritikai gondolkodás fejlesztése, a kompetenciaalapú képzés és a szimulációs gyakorlatok mind olyan elemek, amelyek eltávolítják az ukrán rendszert a szovjet örökségtől és egy modernebb, rugalmasabb haderő irányába terelik. [4] Bár ez a fejlődés háborús kényszer alatt zajlik, hosszú távon hozzájárulhat Ukrajna védelmi képességeinek tartós modernizációjához és NATO-kompatibilitásához.

Az ukrán tiszti- és altisztképzés a háború következtében egyszerre szenved el kényszerű kompromisszumokat (gyorsított képzés, heterogén színvonal) és egyszerre lép a modernizáció útjára (NATO-normák, nemzetközi együttműködés, decentralizált vezetés). A jövő egyik fő kérdése, hogy a rövid távú szükségmegoldások mellett sikerül-e hosszú távon fenntartható és egységesen magas színvonalú képzési rendszert kiépíteni.

Milyen átalakulások valósultak meg

Az ukrán tiszt- és altisztképzési összetevők előzőekben áttekintett változásainak területenként megvalósított tartalmát és annak főbb hatásait az alábbi táblázatban foglaljuk össze.

1. Táblázat. Az ukrán katonai képzések változásai

Terület	Mi változott	Okok és következmények
Altisztképzés fejlesztése	Új generációs NCO-képzés megerősítése a „mission command” (küldetésalapú vezetés) szemlélet bevezetésével. Az altisztektől elvárás a nagyobb önállóság, gyors reagálás és döntéshozatal. [3]	Segít csökkenteni a veszteségeket, gyorsabb döntési folyamatokat biztosít a harctéren, mérsékli a túlzott centralizáltság hátrányait.
Továbbképzés és parancsnoktörzs-képzés	Megnövekedett igény a tisztek és altisztek törzs- és vezetési képességeinek (pl. tervezés, kombinált hadműveletek, logisztika) oktatására. Nemcsak harcászati, hanem hadművelleti szintű képzés is szükséges. [11]	A hadműveletek összetettebbé váltak (pl. tűzérség, drónok, légvédelmi támogatás), így a tiszteknek többféle eszközt és információforrást kell koordinálniuk.
Nemzetközi képzési partnerségek	Ukrajna intenzíven vett részt külső képzési programokban („train-the-trainer”, külföldön tartott kiképzőtáborokban, NATO- / EU-együttműködésben), hogy nyugati eljárásokat sajátítson el. [12]	Nemcsak az új fegyverzethez és technológiákhoz való alkalmazkodást segíti, hanem az interoperabilitást is növeli a támogatói országokkal.
Képzési idő/struktúra módosítása	Rövidebb, de intenzív, célirányos képzési modulok; bizonyos képzések (pl. parancsnoki, törzs) most 21 nap alatt lezajlanak, míg korábban hosszabb időt vettek igénybe. [6]	Gyorsabban a harctérre lehet kerülni, de a képzés színvonala kétséges minőségű. A túl rövid képzés harctéri helyzetekben problémákat okozhat.
Továbbfejlesztett katonai oktatási intézményrendszer	Hadtudományi, parancsnoki akadémiák, altiszti iskolák modernizálása; pedagógiai újítások (kompetenciaalapú képzés, kritikai gondolkodás, szimulációs gyakorlatok, interaktív tanítás). [4]	Lehetővé teszi, hogy a képzés ne csak hagyományos parancs-utasítás struktúrában működjön, hanem alkalmazkodó, kreatív és gondolkodó döntéshozókká váljon az állomány.
Mobilizáció és tartalékos/off-contract képzés	A tartalékos állomány és önkéntesek képzése is szerves része lett a struktúrának, akárcsak a „gyorsreagálású” erők kiképzése. [10]	A tartalékosok és újoncok csatlakozása nagy jelentőségű a harcoló létszám folyamatos fenntartásához.
A vezetéskultúra változásai	A korábban szovjet mintákból eredő „felülről lefelé” döntéshozatali és vezetési stílus fokozatos módosítása. Több decentralizáció, nagyobb önállóság az alacsonyabb vezetési szinteken (raj, szakasz). [3]	A háborús realitás miatt vált szükségessé: a parancsnoknak gyakran kell azonnal döntéseket hozni, nincs idő és lehetőség minden esetben engedélyt kérni.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Royal United Services Institute (RUSI) (2025). Tactical developments during the third year of the Russo-Ukrainian war. London: RUSI.
- [2] RAND Corporation (2025). Tactical and operational innovations in the Russo-Ukrainian war. Santa Monica, CA: RAND Reports.

- [3] Langum, B. A. (2024, october 18). *Adapt, lead, win: NCO lessons from Ukraine*. Army University Press. <https://www.armyupress.army.mil/Journals/NCO-Journal/Archives/2024/October/NCO-Lessons-from-Ukraine/>
- [4] Danyluk, V. – Karpov, A. (2024). *Military education transformation in Ukraine in contemporary threats*. The Military Science Journal, 5(2), 87–112. <https://themilitaryscience.com/index.php/journal/article/download/87/112>
- [5] U.S. Government Accountability Office (2024). *Ukraine security assistance: Observations on training and equipping Ukrainian forces* (GAO-24-106055). <https://www.gao.gov/assets/880/871849.pdf>
- [6] Böll Stiftung (2024, december 10). *Pace of war shortens EU-based training for Ukrainian troops*. Heinrich-Böll-Stiftung Washington, DC. <https://us.boell.org/en/2024/12/10/pace-war-shortens-eu-based-training-ukrainian-troops>
- [7] Jójárt, K. – Takács, M., – Nagy, A. (2024). Az orosz-ukrán háború tapasztalatai I. *Védelmi Tanulmányok (NKE)*, 2024(1), 1–89.
- [8] Reuters (2022, March 13). *Bloodied but alive after Russian air strike in western Ukraine*. Reuters. <https://www.reuters.com/world/europe/air-strike-launched-ukraine-military-base-near-polish-border-lviv-authorities-2022-03-13/>
- [9] Szabóné Szabó, A. (2025). A küldetésalapú vezetés a biztonsági környezet változásai tükrében: kompetenciák, változás, alkalmazkodás. *Honvédségi Szemle*, 153(1), 76–84.
- [10] Congressional Research Service (2024). *Ukrainian military performance and outlook* (CRS In Focus Report IF12150). U.S. Congress. <https://www.congress.gov/crs-product/IF12150>
- [11] Skove, S. (2024, december 10). *Pace of war shortens EU-based training for Ukrainian troops*. Heinrich-Böll-Stiftung Washington, DC. <https://us.boell.org/en/2024/12/10/pace-war-shortens-eu-based-training-ukrainian-troops>
- [12] U.S. Government Accountability Office (2024, September 26). *Ukraine: DOD could strengthen international military training coordination by improving data quality* (GAO-24-107776, Accessible Version). U.S. Government Accountability Office. <https://www.gao.gov/products/gao-24-107776>

A ROBBANÓANYAG-KERESŐ KUTYÁK HATÉKONYSÁGVIZSGÁLATA¹

Dr. Szatai Zsolt József²

ABSTRACT

In recent decades, many new technical tools and procedures have appeared in the field of explosives detection. However, in most cases, the application of previously used methods has remained in the system, one of which is detection with explosive detection dogs. The question is rightly posed: does animal-assisted detection have a reason to exist in the face of today's rapidly developing technological achievements and does the effectiveness of biological-based detection meet the security challenges of our time? In this study, I present the results of my studies carried out to prove this.

Keywords: explosive, detection dog, examination

ÖSSZEGZÉS

Az elmúlt évtizedekben számos új technikai eszköz és eljárás jelent meg a robbanóanyag-felderítés területén. Mindemellett a legtöbb esetben a korábban használt módszerek alkalmazása továbbra is rendszerben maradt, az egyik ilyen a robbanóanyag-kereső kutyákkal történő felderítés. Jogosan fogalmazódik meg a kérdés, hogy napjaink rohamosan fejlődő technológiai vívmányai mellett van-e létjogosultsága az állatokkal támogatott felderítésnek és korunk biztonsági kihívásainak megfelel-e a biológiai alapon működő felderítés hatékonysága? Jelen tanulmányban bemutatom ennek bizonyítása érdekében elvégzett vizsgálataim eredményeit.

Kulcsszavak: robbanóanyag, keresőkutya, vizsgálat

BEVEZETÉS

„Minden hadseregnek feltétlenül ismernie kell a tűz alkalmazásának öt változatát, s tudni kell védekezni is ellene.” – Szun-Ce³ [1]

Az emberiség történelmét bátran nevezhetjük a háborúk történelmének. Különösen igaz ez az állítás a XX. századra, amely alatt nem múlt el év fegyveres konfliktus nélkül. [2] Az ember történelme során folyamatosan fejlesztette harceszközeit és eljárásait. Ismert az ősi legenda Prométheuszról, aki ellopta a tüzet az istenektől, hogy átadja azt az embereknek.

¹ Testing the Effectiveness of Explosive Detection Dogs

² MH Transzformációs Parancsnokság, Kiképzési Igazgatóság, Tudástár, osztályvezető. A hadtudomány PhD fokozatos; e-mail: szatai.zsolt@mil.hu. ORCID: 0000-0001-6963-0500.

³ SZUN-CE: i. e. 544 – i. e. 496 ókori író, filozófus és hadvezér.

Ebben a mítoszban távoli őseink előre láthatták, hogy az emberiség növekedésének a kulcsa a tűz irányításában rejlik. Hiszen aki uralni tudja az erejét, az előnyre tesz szert másokhoz képest. Ugyanezt gondolhatták a robbanóanyagokról is, hiszen azok feltalálása óta igen hosszú idő telt el és megszámlálhatatlan esetben alkalmazták azokat az emberiség javára és ellene is. A robbanószerkezetek alkalmazásával egyidőben megfogalmazódott az azok elleni védekezésre, azok felderítésére vonatkozó igény is.

A 21. század első évtizedeiben bekövetkezett egyik fontos változás, hogy a robbanószerkezetek jelentette veszély már nem pusztán a katonai konfliktusokban és azt követően a korábbi hadszíntéren jelenik meg, hanem a terrorizmus által a mindennapok meghatározó tényezőjévé vált. Ebben a megváltozott biztonsági környezetben a robbanószerkezetek felderítése más megközelítésbe került. A megnövekedett biztonság iránti igénynek megfelelően, az elmúlt évtizedekben a biztonsági szektor óriási fejlődésen ment keresztül, számos új technikai eszköz jelent meg a robbanószerkezetek és a robbanóanyagok felderítésének segítésére. Az új eszközök megjelenése megváltoztatta az alkalmazási eljárásokat is, legyenek azok polgári, rendvédelmi vagy katonai feladatokhoz kapcsolódók. Azonban az új eszközök és eljárások mellett a legtöbb esetben a korábban használt módszerek alkalmazása továbbra is rendszerben maradt, az egyik ilyen a robbanóanyag-kereső kutyákkal történő felderítés. Jogosan fogalmazódik meg a kérdés, hogy napjaink rohamosan fejlődő technológiai vívmányai mellett van-e létjogosultsága az állatokkal támogatott felderítésnek és korunk biztonsági kihívásainak megfelel-e a biológiai alapon működő felderítés hatékonysága? Jelen tanulmányomban ezen kérdésekre keresem a választ.

A ROBBANÓANYAG-KERESŐ KUTYÁK ALKALMAZÁSÁNAK ALAPELVEI

A fejezet címében meghatározott hatékonysági vizsgálatok bemutatása előtt, a könnyebb érthetőség kedvéért, ismertetem a robbanószerkezetek felderítésének állatokkal támogatott módszereit. A robbanóanyagok biológiai felderítésének e fajtája olyan állatok alkalmazását foglalja magában, amelyeket veleszületett képességeik és tulajdonságaik alkalmassá tesznek az ez irányú szakfeladatok végrehajtására. [3] A szárazföldön végrehajtott katonai műveletekhez kapcsolódóan leggyakrabban kutyákat alkalmaznak robbanóanyag felderítésére.

David H. Petreus vezérezredes 2009. február 9-én Bagdadban elmondott beszédében kiemelte, hogy „az a képesség, amit a szolgálati kutyák biztosítanak a fegyveres küzdelemben, nem helyettesíthető emberek vagy gépek által. Teljesítményük jelentősen meghaladja bármely rendszeresített eszközünk hatékonyságát, amit valaha is alkalmaztunk.”⁴ A robbanóanyag-kereső kutyák esetében ez a különleges képesség kétségtelenül a jó szaglás, hiszen ez biztosítja az ilyen irányú alkalmazhatóságukat.

A szaglás egyfajta kémiai érzékelés és az egyik legősibb érzékelési mód, amely egyben rendkívül összetett is. A szaglás vegyi érzékelésen alapul, tehát a belélegzett szaganyagoknak kémiai tulajdonságokkal kell rendelkezniük ahhoz, hogy a szagérzet létrejöhön. A kutyák szaglóképesége összetett folyamat, mely nehezen fejezhető ki

⁴ A szerző saját fordítása.

aránszámokkal. Azonban annyi bizonyos, hogy a szaglónyálkahártya mérete eltérő az embernél és kutyánál. Szemléltetve mindez azt jelenti, hogy egy német juhászkutya szaglómezeje kiterítve egy 1,5x1,5 méteres szőnyegnek felel meg, míg az embernél ez a terület nagyságrendileg csak egy gyufásdoboz méretét teszi ki. [4] A szaglómező mérete azért is fontos, mert ez hatással van a receptorsejtek számára. Ugyanis a receptorsejtek közvetítik az illatanyagokat, így azok mennyisége meghatározó a szaglás érzékenységének tekintetében. Például az embernél 6–10 millió receptorsejt található, a nyulak esetében ez az érték nagyjából 50 millió [5], de egy német juhászkutya esetében a receptorsejtek száma meghaladja a 220 milliót [6], vagyis a német juhászkutya orrüregében az emberhez viszonyítva több mint 20-szoros mennyiségű receptorsejt található. Mindazonáltal, a kutyák képesek a szaglásukat tovább érzékenyíteni és finomítani. Amikor egy kutya szimatol, nem csak egyirányú levegő áramlik az orrüregbe. Minden szippantás öt–hét apró inhalációt és kilégzést tartalmaz, másodpercenként körülbelül 50 milliliter levegőből. A kifújt levegő magas páratartalmú és további molekulákat gyűjt az orrüregen kívül. A kutya ugyanazt a levegőt azonnal újra beszívja az orrába, így azok a szagmolekulák is újra az orrüregbe kerülnek, amelyeket a megnövekedett páratartalom szabadított fel. [7] E folyamat eredményeképpen a szaganyagok hosszabb ideig képesek érintkezésben maradni a szaglónyálkahártyával. Ezért a kutya képes folyamatosan új információt begyűjteni, pontosítani annak természetét és a szagforrás pontos elhelyezkedését. Ennek ismeretében megállapítható, hogy a kutyák orrának fiziológiai felépítése a magyarázat a kiváló képességeikre az alacsony illatkoncentráció kimutatásában. Ezen képességeket kihasználva, megfelelő kiképzést követően a kutyák eredményesen alkalmazhatók a robbanóanyagok felderítése során. Kutatások [8] igazolták, hogy a kutyák a legjobb kémiai érzékelőkkel mérhető értékeknél alacsonyabb koncentrációban is képesek a robbanóanyag-szagmolekulákat érzékelni. Ez a teljesítmény azonban eltérő lehet; függ az adott kutyától, annak kiképzettségi szintjétől és a terület jellemzőitől is. A kutya előzőekben ismertetett képességeit kihasználva hatékonyan alkalmazható kutatási feladatok végrehajtására.

A robbanóanyag-kereső kutyák „a képzettségüknek megfelelően képesek a tanult szaganyag (szakanyagok) felkutatására, annak érzékelése esetén a tanult és kíváncsú jelzőmód végrehajtására és megfelelő akklimatizációt követően, e feladataikat bármely napszakban, évszakban és időjárási körülmények között képesek végrehajtani a lehetséges katonai alkalmazás teljes vertikumában.” [9]

HATÉKONYSÁGI ÉS ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATOK ISMERTETÉSE

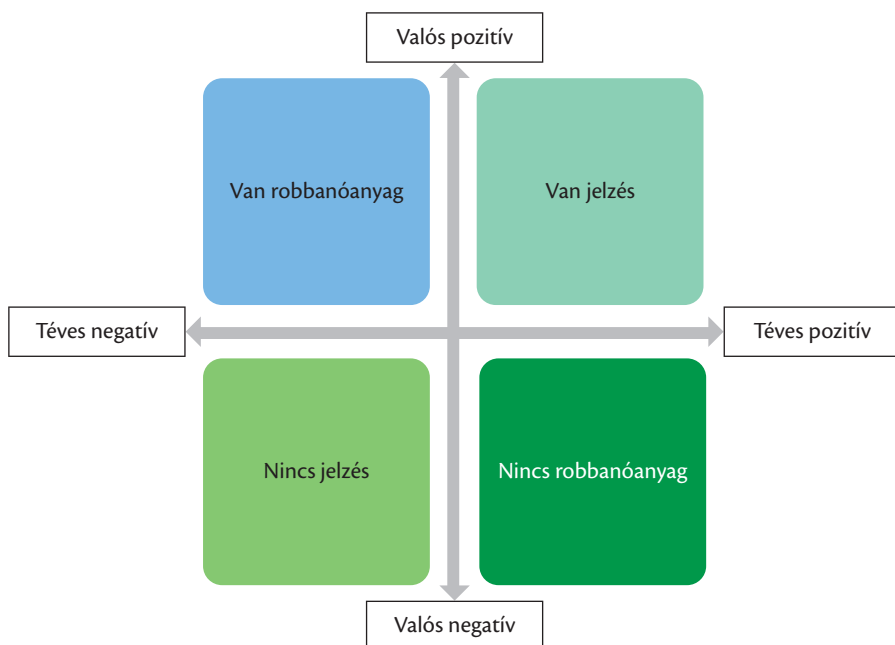
A Magyar Honvédségben 2006 elején kezdődött képességkialakítás, amelynek keretében létrehozásra került egy speciális tűzserésképesség. Az új képességhez szervesen kapcsolódott egy robbanóanyag-kereső kutyás egység létrehozása is. Azonban a képesség kialakítása óta a robbanóanyag-kereső kutyák önálló hatékonyságvizsgálata nem történt meg, ezért úgy gondoltam, egy ilyen jellegű képességvizsgálat elvégzése több mint időszerű. Mindezek ismeretében egy olyan előtalálási hatékonyságon alapuló vizsgálat elvégzését tűztam ki célul, amelynek eredményeként megállapítható a robbanóanyag-kereső kutyák

valós hatékonysága. A vizsgálati eredmények kiértékelése után várhatóan megfogalmazható a kutyák valószínű alkalmazási lehetősége a műveleti környezetben végrehajtott robbanószerkezetek elleni tevékenységek során, különös tekintettel azok önálló vagy kombinált alkalmazási eljárásaira. Az objektív kiértékelés érdekében minden tervezett vizsgálatot elvégeztem a lehető legnagyobb mérési számmal.⁵

A vizsgálatok módszertana és a végrehajtás alapelvei

Mindkét vizsgálat során alkalmazott feladatok megtervezésekor és azok végrehajtásakor mindvégig törekedtem a valósághű helyzetek megteremtésére, mert hiszem, hogy csak ebben az esetben kaphatunk hiteles eredményeket. Az eredmények kiértékelése közben az előtalálási hatékonyságot alapvetően a pozitív előtalálások százalékos arányában határoztam meg, de minden esetben figyelembe vettem a valószínű pozitív (V+) és valószínű negatív (V-), illetve a téves pozitív (T+) és téves negatív (T-) mérések arányát is.

Valószínű pozitív jelzésnek nevezzük azt, amikor van robbanóanyag és annak jelenlétét az adott eszköz vagy kutya érzékeli és arra megfelelő jelzést tesz. Ennek a fordítottja, azaz a valószínű negatív jelzés azt jelenti, hogy nincs robbanóanyag és az érzékelők nem is jelzik azt. Ez a két folyamat teljesen logikus is, de a robbanószerkezetek felderítése és az adatok



1. ábra. Valós és téves jelzések előfordulása (a szerző saját szerkesztése)

⁵ A vizsgálat időpontjában a Magyar Honvédség állományában 16 képzett robbanóanyag-kereső kutya szolgált. A vizsgálatokat az egyéb szolgálati elfoglaltság figyelembevételével, 10 kutya bevonásával végeztük el, azaz az összlétszámhoz viszonyítva, a képzett kutyák 62,5%-a részt vett a vizsgálatban.

elemzése ennél sokkal összetettebb folyamat, amelynek végrehajtásakor más típusú jelzések előfordulására is kifejezetten nagy hangsúlyt kell fektetni. Ilyen lehet a téves pozitív jelzés, ami azt jelenti, hogy az eszköz robbanóanyag jelenlétét jelzi, de valójában az nem található. Továbbá téves negatív jelzés is előfordulhat. Ebben az esetben az érzékelők nem jeleznek annak ellenére, hogy ott robbanóanyag található. Az 1. ábrán jól megfigyelhető a robbanóanyagok jelenléte és az arra adott jelzések kapcsolata.

Az általam tervezett vizsgálatok végrehajtásakor törekedtem az egységes helyzet megteremtésére és a mérési változókat ennek megfelelően alakítottam ki. Azonban figyelembe kellett vennem, hogy bizonyos változók kontrollálásával bármennyire is szeretném, nem tudok minden mérésnél ugyanolyan helyzetet teremteni, mert bizonyos változókat nem tudok befolyásolni.

A hatékonysági vizsgálatok tényleges végrehajtása

Az előzőekben ismertetett szempontok figyelembevételével a vizsgálat során végrehajtott feladatokat az alábbi három fő csoportra osztottam:

1. *feladat*: áruk- és csomagok átvizsgálása;
2. *feladat*: gépjárművek átvizsgálása;
3. *feladat*: helyiségek átvizsgálása.

1. táblázat. A vizsgálat során fellépő változók

Változók	Változó megnevezése	A vizsgálatra gyakorolt várható hatás
kontrol-lálható változók	A rejtett robbanóanyag típusa	Megfelelő kiképzettség esetén a vizsgálat eredményére nincs hatással.
	A rejtett robbanóanyag mennyisége	Nagyobb robbanóanyag-mennyiség esetén, nagyobb robbanóanyag-kipárolgás érhető el egységnyi idő alatt.
	A rejtés típusa	A rejtés lehet zárt, nyitott vagy félig nyitott, és ez befolyásolja a szagmolekulák kiáramlását.
	A rejtési idő	A rejtési időnek jelentős szerepe van a szagmolekulák terjedésében.
	A rejtési mélység	Befolyásolja a talaj feletti levegőrétegben lévő szagmolekulák mennyiségét.
	Az ismétlések száma	A túl sok ismétlés a kutya fizikai és ingerspecifikus kifáradásához vezethet.
kontrol-lálhatatlan változók	A külső hőmérséklet	Nagyon magas hőmérséklet megnehezíti a kutya alkalmazását, azok hőtorlódásához vezethet.
	A szél erőssége, iránya	Megnehezíti a rejtekhely felderítését és pontos beazonosítását.
	A levegő páratartalma	Befolyásolja a robbanóanyag-szagmolekulák kiáramlását.
	A talaj tulajdonságai	A talaj típusa, kötöttsége, szemcseszerkezete befolyásolja a szagkiáramlást.
	A kutyák „kedélyállapota”	A kutyák élőlények, így azok napi egészségügyi állapota, hangulata befolyásolja munkavégzésüket.

A gyakorlatok végrehajtása közben minden esetben burkolat nélküli, szabvány katonai robbanóanyagot vagy a kutyakiképzéshez használt szagminta-robbanóanyagot rejtettünk el. A vizsgálatokhoz házi készítésű robbanóanyag nem került felhasználásra. Az alkalmazott robbanóanyagok mennyiségét 50 gr és 2,5 kg között határoztam meg, igazodva a robbanóanyag-kereső kutyák teljesítménybírálati rendjéhez. A robbanóanyagok rejtési ideje 30 és 180 perc között változott. Az azonos rejtési idő biztosításához több, egymással megegyező rejtési helyet alakítottunk ki, amelyek között adott időegységen belül a kutyákat mozgattuk.

A kutyák szükséges pihentetését figyelembe véve, egyes rejtési helyeket többször is ki kellett alakítani. Mindhárom végrehajtott feladat esetében „üres rejtést” is kialakítottunk, azaz a kutyák minden feladattípust végrehajtottak, olyan esetben is, amikor nem került robbanóanyag elrejtésre.

1. feladat: áruk és csomagok átvizsgálása

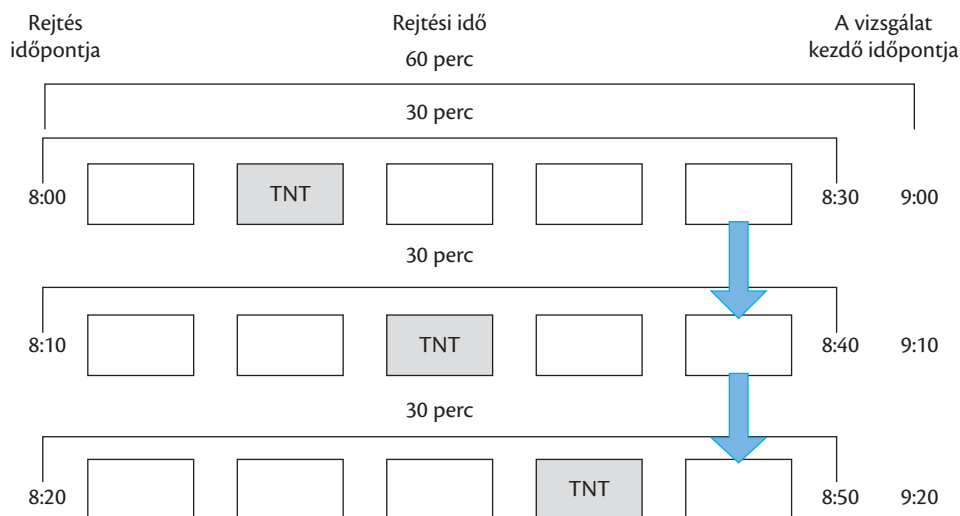
A vizsgálat végrehajtása közben egy ellenőrző-áteresztő ponton, katonai ki- és berakodó helyeken, illetve repülőtereken végzett tűzserészbiztosítási feladatot modelleztünk. Az alaphelyzet szerint a talajra öt darab, egyenként egy közepes táska méretének megfelelő, csomagot helyezünk egymástól azonos távolságra, amelyek egyikében robbanóanyagot helyezünk el. Az egységes mérés érdekében különösen fontos, hogy a csomagok egyformák legyenek, hiszen ellenkező esetben a csomagok mérete, anyaga vagy kialakítása eltérő lehet, ami különböző szagterjedést eredményez, és ez jelentősen befolyásolná a vizsgálati eredményeket.

Tekintettel arra, hogy a vizsgálatához szükséges mennyiségű teljesen egyforma táska vagy csomag beszerzése bonyolult és költséges lett volna, a csomagok helyett a kutyakiképzés során alkalmazott és e célra átalakított falazóblokkokat használtuk. Ennek eredményeképpen nyitott rejtéseket csináltunk, amelyekben a robbanóanyag szagkiáramlása szabadon biztosított volt, hiszen az alkalmazott falazóblokkok kialakítása lehetővé tette a rejtett robbanóanyag olyan módú elhelyezését, hogy arra a kutya közvetlenül szimatmunkát tudott végezni. A feladathoz az alábbi robbanóanyagokat alkalmaztuk 50 gramm mennyiségben:

- Trinitro-toluol (TNT);
- Feketelőpor;
- Semtex H;
- C4;
- Ammónium-nitrát.

Az alkalmazható robbanóanyag-mennyiségnek határt szabott, hogy a falazóblokkokban kialakított rejtésre szolgáló üregbe ennél a mennyiségnél több robbanóanyag nem helyezhető be. Ez elsőre talán kevésnek tűnhet, azonban szakmai tapasztalataim alapján kijelenthetem, hogy a kutyák teljesítményvizsgálatához, ilyen nyílt rejtés esetén ez a mennyiség megfelelő. Továbbá a valós negatív és téves pozitív jelzések mérésének érdekében, olyan mérést is végeztünk, ahol robbanóanyag nem került rejtésre.

A vizsgálatban 10 kutya vett részt, amelyek ivara, életkora és fajtája mérés szempontjából nem meghatározó. A kutyakiképzők tájékoztatása alapján minden kutya érvényes



2. ábra. A levezetés rendjének elvi vázlata, a rejtési idő megváltoztatásával

minősítéssel és megfelelő tapasztalattal rendelkezett. A vizsgálat során a kutyavezetők és kutyáik adatait nem használtam, a kutyák megkülönböztetésére egységes jelzést alkalmaztam K1–K10-ig. A feladat közben kétféle változót alkalmaztam. Egyik esetben a robbanóanyagok típusát változtattuk meg. Ebben az esetben a rejtési idő nem volt meghatározó, a kutyák a feladatot egymást követve hajtották végre, de az egységes vizsgálat miatt a minimum rejtési időt 30 percben határoztam meg.

A másik esetben kiválasztottam az előző mérésnél alkalmazott robbanóanyagok közül két típust – TNT-t és feketelőport –, és a robbanóanyagok változtatása nélkül a mérés közben a rejtési időt változtattam meg úgy, hogy a tényleges vizsgálatokat 30, 60, 90, 120 és 180 perces rejtésnél végeztük el.

A tényleges végrehajthatóság érdekében a 30 perces rejtési idő után 10 perc mérési időtartamot állapítottam meg, és az idő jobb kihasználásának érdekében az első kutya feladatvégrehajtását követően több kutya is végrehajthatta a feladatot ugyanazon a vizsgálati helyszínen, amennyiben a végrehajtás a 10 perces mérési időtartamon belül volt. A gördülékeny végrehajtás érdekében három vizsgálati helyszínt alakítottunk ki, amelyek között a kutyákat megfelelő rendben mozgattuk, lásd 2. ábra.

2. feladat: gépjárművek átvizsgálása

Ezzel a feladattal az ellenőrző-áteresztő ponton, illetve a katonai ki- és berakodó helyeken végzett biztosítási feladatokat modellezzük. Ennek megfelelően a gépjárművön robbanóanyagot rejtettünk el. A rejtett robbanóanyagokat minden esetben a gépjármű külső felületén helyeztük el, ugyanis a vezetőfülke és a rakodótér ilyen irányú alkalmazása, nagyon összetetté tette volna a feladatot, ami véleményem szerint befolyásolta volna a vizsgálat eredményét és jelentősen megnövelte volna annak időtartamát. A feladatban az áru- és csomagellenőrzéshez alkalmazott kutyák vettek részt, melyek esetében szintén a K1–K10-ig jelzést alkalmaztam. A feladathoz az előző vizsgálatához

alkalmazott robbanóanyagokat alkalmaztam, de ebben az esetben növelve a mennyiséget 200 grammra.

A feladat közben ebben az esetben is kétféle változót alkalmaztam. Egyik esetben a robbanóanyagok típusát változtattuk meg. Ebben az esetben a rejtési idő nem volt meghatározó, a kutyák a feladatot egymást követve hajtották végre, azonban a minimum rejtési időt 30 percben határoztam meg. A másik esetben az előző vizsgálathoz képest nem a rejtési időt változtattam meg, hanem a robbanóanyag mennyiségét. Ugyanis ebben az esetben a gépjárművek összetett felépítése, illetve az azok átvizsgálásakor alkalmazott kutatástaktikai módszerek miatt, a feladatvégrehajtás ideje nem számítható ki pontosan, így a pontos rejtési idő sem tartható.

A robbanóanyagmennyiség növelésekor két robbanóanyagtípust választottam ki, megvizsgálva, hogy mely anyagokból biztosítható a feladat végrehajtásához közel azonos, nagyobb mennyiség. Ennek megfelelően TNT-ből 2,4 kg-ot, míg Semtex H-ből 2,5 kg-ot rejtettünk el, az előző méréshez hasonlóan, a gépjármű külső felületén. A minimális rejtési idő ebben az esetben is 30 perc volt, és további időpontot nem határoztam meg; a kutyák egymást követve hajtották végre a feladatot.

3. feladat: helyiségek átvizsgálása

A vizsgálat közben a preventív biztosítási feladatok során előforduló, illetve az előzetes bejelentés alapján végrehajtott helyiségátvizsgálásokat modelleztük. A helyiségek átlagosan 30–40 m² alapterületű, közepesen berendezett helyiségek voltak. A robbanóanyagokat többségében félig nyitott rejtésként helyeztük el. A feladatban az előző vizsgálatokban is alkalmazott kutyák vettek részt, melyeket beazonosítás érdekében ebben az esetben is K1–K10-ig jelzéssel láttam el. A feladatban az előző vizsgálatokban alkalmazott robbanóanyagok kerültek rejtésre 200 gramm mennyiségben.

A feladathoz, a gépjármű átvizsgáláshoz hasonlóan, ebben az esetben is kétféle változót alkalmaztam. Egyik esetben a robbanóanyagok típusát változtattam meg. Ebben az esetben a rejtési idő nem volt meghatározó, a kutyák a feladatot egymást követve hajtották végre, azonban a minimum rejtési idő 30 perc volt. A másik esetben, az előző vizsgálathoz hasonlóan, a robbanóanyag mennyiségét változtattam meg. Ugyanis a helyiségkutatás összetettsége miatt a feladatvégrehajtás ideje nem számítható ki pontosan, így a pontos rejtési idő sem tartható.

A robbanóanyag-mennyiség növelésekor ebben az esetben is két robbanóanyag-típust választottam ki, megvizsgálva, hogy mely anyagokból biztosítható a feladat végrehajtásához közel azonos, nagyobb mennyiség. Ennek megfelelően TNT-ből 2,4 kg-ot, míg Semtex H-ből 2,5 kg-ot rejtettünk el, az előző méréshez hasonlóan, a helyiségekben félig nyitottan. A minimális rejtési idő 30 perc volt, és további időpontot nem határoztam meg a kutyák egymást követve hajtották végre a feladatot. Minden kutya két helyiséget vizsgált át, az egyikben volt robbanóanyag, míg a másikban nem, így az „üres rejtést” is végrehajtottuk.

A vizsgálatok mérési eredményei

A feladatok mérési eredményeinek rögzítésekor az 1–3. feladatok esetében a valós pozitív (V+) és a téves negatív (T-) jelzéseket, míg az „üres rejtések” esetében a valós negatív (V–) és a téves pozitív (T+) jelzéseket alkalmazom.

2. táblázat. A vizsgálatok összesített eredményei

1. feladat	Robbanóanyag típusa				
	TNT	Lőpor	Semtex	C4	AN
Mérések száma	10	10	10	10	10
Valós pozitív jelzés	9	9	9	9	10
Téves negatív jelzés	1	1	1	1	0
Hatékonyság (%)	90	90	90	90	100
TNT rejtése esetén	Rejtési idő (perc)				
	30	60	90	120	180
Mérések száma	10	10	10	10	10
Valós pozitív jelzés	9	10	10	10	10
Téves negatív jelzés	1	0	0	0	0
Hatékonyság (%)	90	100	100	100	100
Feketelőpor rejtése esetén	Rejtési idő (perc)				
	30	60	90	120	180
Mérések száma	10	10	10	10	10
Valós pozitív jelzés	9	9	10	10	10
Téves negatív jelzés	1	1	0	0	0
Hatékonyság (%)	90	90	100	100	100

2. feladat	Robbanóanyag típusa				
	TNT	Lőpor	Semtex	C4	AN
Mérések száma	10	10	10	10	10
Valós pozitív jelzés	10	9	8	10	9
Téves negatív jelzés	0	1	2	0	1
Hatékonyság (%)	100	90	80	100	90
Nagy mennyiségű robbanóanyag esetén	Robbanóanyag típusa, mennyisége				
	TNT, 2,4 kg		Semtex H, 2,5 kg		
Mérések száma	10		10		
Valós pozitív jelzés	10		10		
Téves negatív jelzés	0		0		
Hatékonyság (%)	100		100		

3. feladat	Robbanóanyag típusa				
	TNT	Lőpor	Semtex	C4	AN
Mérések száma	10	10	10	10	10
Valós pozitív jelzés	9	8	10	8	8
Téves negatív jelzés	1	2	0	2	2
Hatékonyság (%)	90	80	100	80	80
Nagy mennyiségű robbanóanyag esetén	Robbanóanyag típusa, mennyisége				
	TNT, 2,4 kg		Semtex H, 2,5 kg		
Mérések száma	10		10		
Valós pozitív jelzés	10		10		
Téves negatív jelzés	0		0		
Hatékonyság (%)	100		100		

3. táblázat. Az „üres rejtések” eredményei

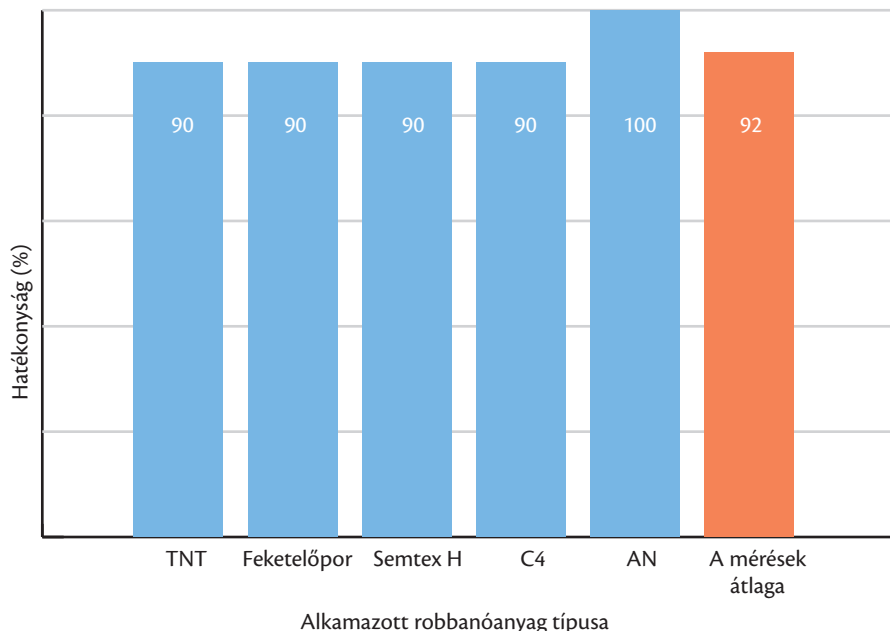
„Üres rejtés”	A végrehajtott feladat		
	1. feladat	2. feladat	3. feladat
Mérések száma	10	10	10
Valós negatív jelzés	7	9	8
Téves pozitív jelzés	3	1	2
Hatékonyság (%)	70	90	80

Az 1. feladat esetében a méréseket kétféle változtatással végeztük el. Az első esetben a robbanóanyag típusát, míg a másik esetben két kiválasztott robbanóanyag esetében azok rejtési idejét változtattam meg. Mindkét esetben a kutyák hatékonyságát a V+ és T- jelzések és a végrehajtott mérések számának aránya határozza meg. A mérési eredmények összesítését követően a 3. ábrán megfigyelhető, hogy a kutyák teljesítménye csaknem minden vizsgált robbanóanyag esetében egységes, összességében pedig 92%.

A teljesítményeltérések oka lehet, hogy az alkalmazott robbanóanyagok vegyi összetétele eltérő, így azok kipárolgása egységnyi idő alatt nem azonos szintű, ennek ellenére a legalacsonyabb teljesítménymutató is 90%.

Véleményem szerint ezen kimagasló mérési eredmény egyáltalán nem meglepő, hiszen az alkalmazott nyitott rejtés esetén a szagmolekulák szabadon áramolhattak. Ezért úgy gondolom, hogy egy ilyen viszonylag egyszerű feladat esetében ez a teljesítmény egy megfelelően képzett robbanóanyag-kereső kutyától elvárható.

A másik esetben két eltérő tulajdonságú robbanóanyagot választottam ki, és a rejtési időt változtattuk (4. ábra). A mért eredmények alapján megállapítható, hogy a 30 perces



3. ábra. Előtalálási hatékonyság a robbanóanyag típusának megváltoztatásával

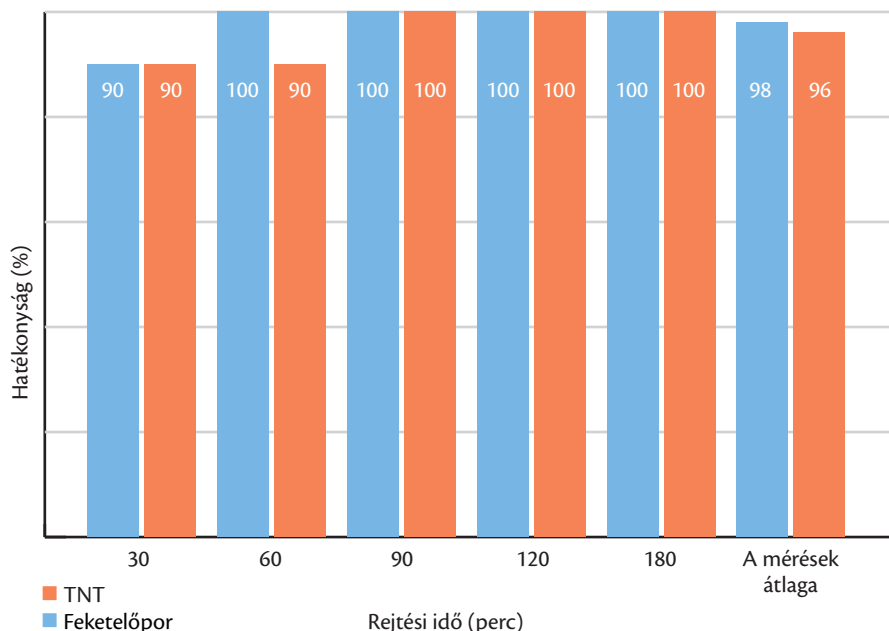
rejtések esetén a kutyák 90%-os előtalálási hatékonyságot mutattak mindkét robbanóanyag esetében. Ezen érték megegyezik az előző vizsgálat átlagos teljesítménymutatójával. A rejtési idő növelésével a V+ mérések aránya is növekedett és a 90 perces rejtési időnél már mindkét robbanóanyag esetében a hatékonyság elérte a 100%-ot.

Mindkét feladat igazolja a kutyák kiemelkedő hatékonyságát, ezért úgy vélem, azok az ilyen típusú felderítési feladatok terén kellő megbízhatósággal alkalmazhatók.

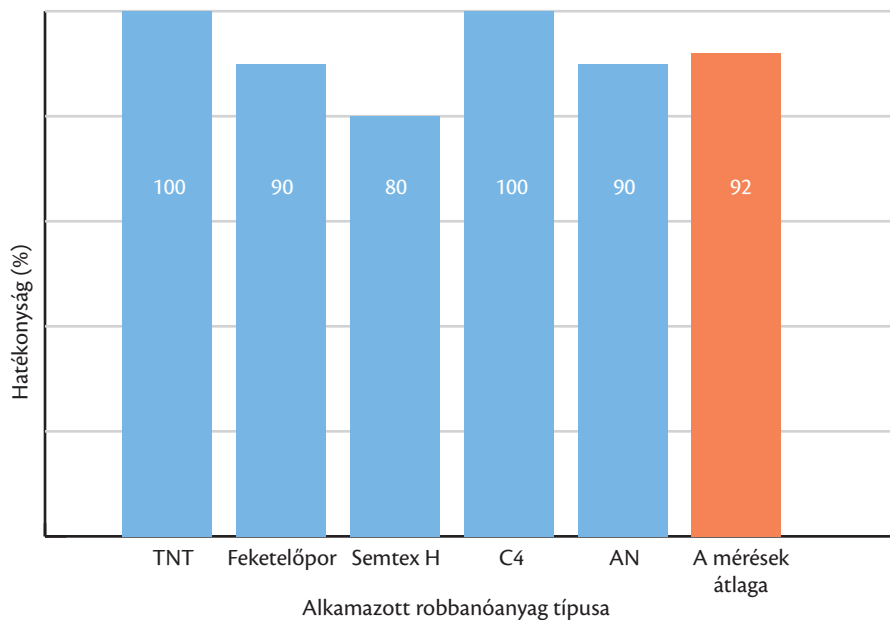
A 2. feladat eredményeinek értékelése:

A 2. feladat esetében is kétféle változtatással végeztük el a méréseket. Az első esetben a robbanóanyag típusát (5. ábra), míg a másik esetben két kiválasztott robbanóanyag esetében azok mennyiségét változtattam meg (6. ábra). Mindkét esetben a kutyák hatékonyságát a V+ és T- jelzések és a végrehajtott mérések számának aránya határozza meg. A mérési eredmények összesítését követően megfigyelhető, hogy a kutyák teljesítménye a különböző robbanóanyagok esetében 80% és 100% között változott és az összesített eredmény szintén 92% volt.

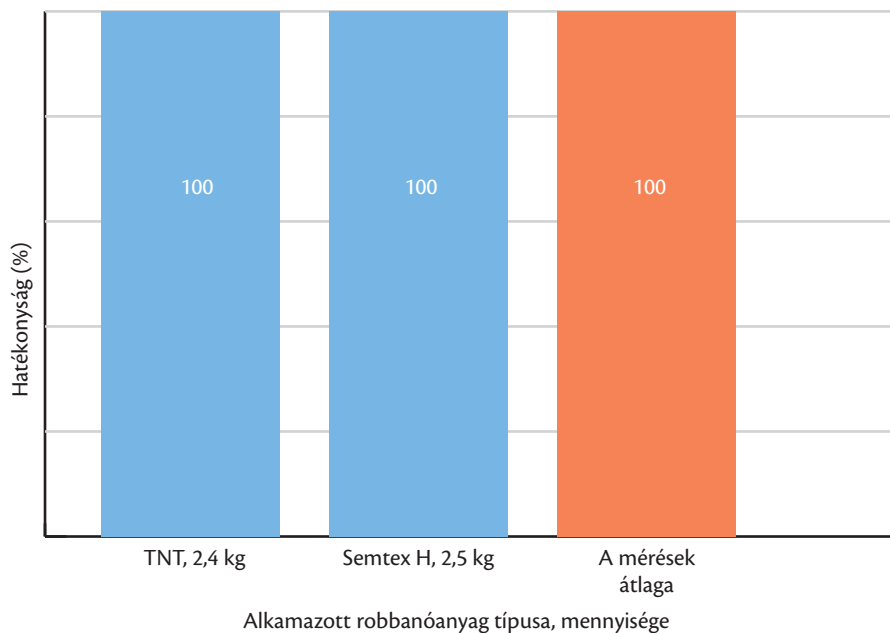
A feladat adatainak elemzése közben felfigyeltem arra, hogy a feketelőpor alkalmazásakor a többi rejtett robbanóanyagokhoz képest nagyobb számban fordult elő T- jelzés, ami jelentősen befolyásolja a mérési mutatókat. Ezt a problémát részletesebben megvizsgálva megállapítottam, hogy a T- mérési eredményeket a legtöbb esetben a K7-es kutyá szolgáltatta, ezért erre a 3. feladat esetében kiemelt figyelmet fordítottam. A 2. feladat eredményeinek értékelésekor meg kell jegyezni, hogy az 1. feladathoz képest a rejtett robbanóanyagok mennyiségét négyszeresére növeltük, míg ezzel párhuzamosan az átvizsgálandó felület nagysága sokszorosára nőtt.



4. ábra. Előtalálási hatékonyság a rejtési idő megváltoztatásával



5. ábra. Előtalálási hatékonyság a robbanóanyag típusának megváltoztatásával



6. ábra. Előtalálási hatékonyság a robbanóanyag mennyiségének megváltoztatásával

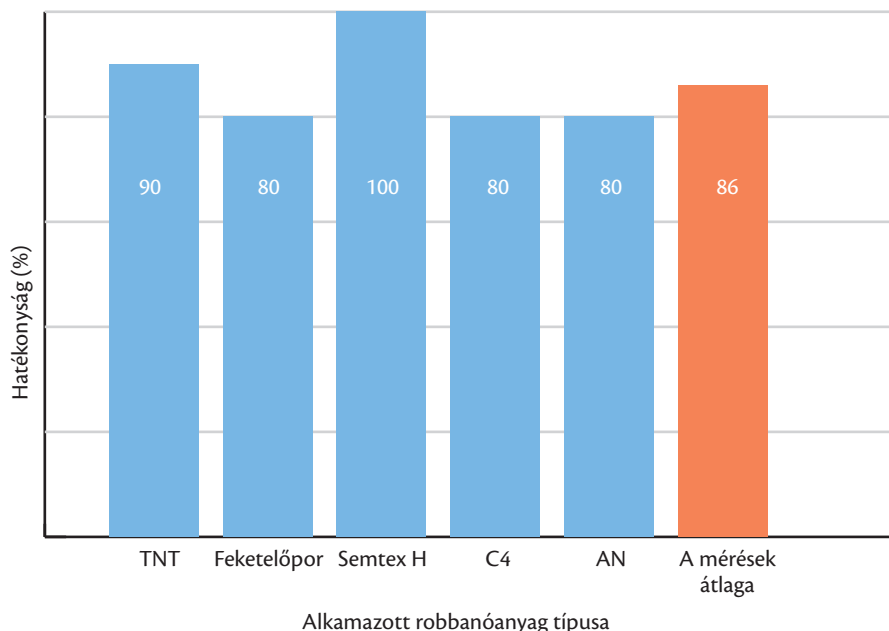
Továbbá, a falazóblokkoknál alkalmazott nyitott rejtéssel ellentétben, ebben az esetben félig nyitott rejtést alkalmaztunk, illetve a gépjármű átvizsgálása kutatástaktikai módszerek alkalmazását tekintve is lényegesen összetettebb feladat, mint az áru- és csomagátvizsgálás. Mindezek ismeretében a 92%-os átlagos teljesítménymutatót kiváló szintűnek értékelem.

A kiválasztott robbanóanyagok mennyiségének növelését követően, a kutyák mindkét rejtett robbanóanyag-típus esetében 100%-os teljesítményt nyújtottak.

A 3. feladat eredményeinek értékelése:

A 3. feladat esetében is a méréseket kétféle változtatással végeztük el. A 2. feladathoz hasonlóan, első esetben a robbanóanyag típusát (7. ábra), míg a másik esetben két kiválasztott robbanóanyag esetében azok mennyiségét változtattam meg. A robbanóanyag típusának megváltoztatásával mért V+ és T- jelzések arányainak tanulmányozása közben megállapítható, hogy ebben az esetben is a kutyák teljesítménye 80% és 100% között változott. Azonban a gépjármű-átvizsgáláshoz képest az egyes robbanóanyagok előtalálási hatékonysága alacsonyabb szintű lett, így a feladat összesített eredménye is alacsonyabb szintű, mindösszesen 86%. Úgy gondolom, ennek egyik oka az átvizsgálandó felület megnövekedett mérete lehet, miközben a robbanóanyag mennyisége továbbra is 200 gramm volt. A változás másik oka a feladat összetettségében keresendő, hiszen a gépjármű-átvizsgáláshoz képest – amikor is mindösszesen egyetlen objektumot kell a kutyáknak átvizsgálni – ebben az esetben lényegesen összetettebb körülmények között kellett a kutyáknak a feladataikat megoldani.

A feketelőpor alkalmazásakor ebben az esetben is T- eredmény született a K7 kutya esetében. Ez egyértelműen szagtársítási problémát jelent, vagyis a K7 kutya nem ismeri fel

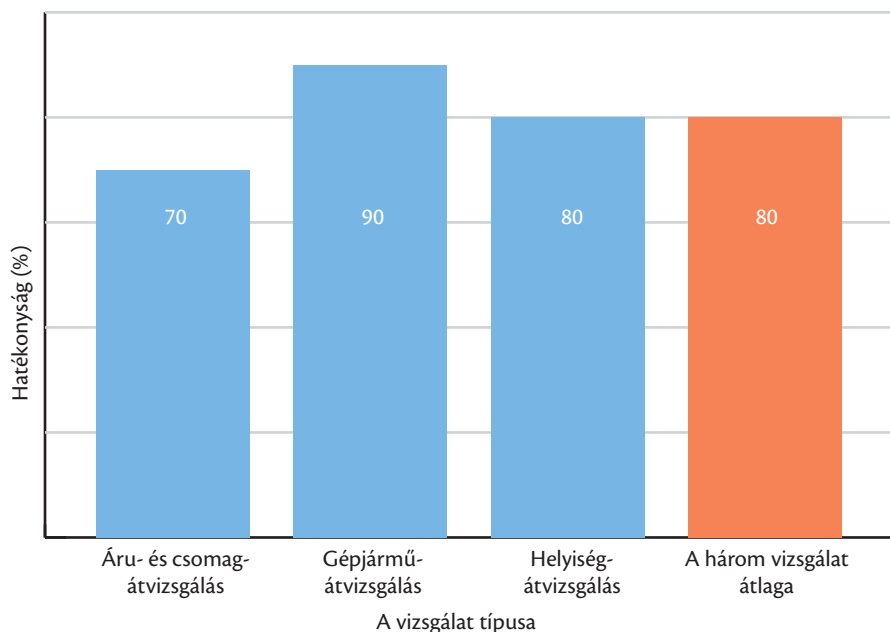


7. ábra. Előtalálási hatékonyság a robbanóanyag típusának megváltoztatásával

a feketelőport, ezért az eredményeket megosztottam a kutyakiképzőkkel. Hiszen tanulmányok⁶ igazolják, hogy az egyes robbanóanyagok típusismeretének fejlesztésével javítható a kutya általános szagképismerete és ez által a kutya megbízhatósága. Mindezek ismeretében a K7 kutya esetében ismételt kondicionálást javasoltam a vizsgált anyagra. A kiválasztott robbanóanyagok mennyiségének növelését követően a kutyák, a 2. feladathoz hasonlóan, mindkét rejtett robbanóanyag-típus esetében 100%-os teljesítményt nyújtottak.

Az „üres rejtések” eredményeinek értékelése:

Az előző vizsgálatokkal ellentétben az „üres rejtések” esetén a sikeres munka meghatározója a kutya jelzésének hiánya, hiszen a vizsgálati területen nem rejtettünk el robbanóanyagot. Ennek megfelelően az ilyen típusú feladatoknál a kutyák hatékonyságát a V– és T+ mérések összes mérési számhoz viszonyított aránya határozza meg. Ez a hatékonyság az 1. feladat esetében volt a legalacsonyabb szintű, ahol a 10 kutyából 3 kutya T+ jelzést tett (8. ábra). Ez arra vezethető vissza, hogy a feladathoz alkalmazott falazóblokkok nagyon ismerősek a kutyák számára, hiszen azok alkalmazása alapját képezi a tanfolyami képzésüknek, szinten tartó képzésüknek és továbbképzésüknek. A falazóblokkokba rejtett robbanóanyagok segítségével tanulják meg a kutyák robbanóanyagok szaganyagát, az érzékelésük esetén elvárt jelzésmódot, illetve az úgynevezett sorolás technikáját, amelynek ismeretében például képesek lesznek a talajra helyezett csomagok átvizsgálására.



8. ábra. Hatékonyság „üres rejtés” esetén

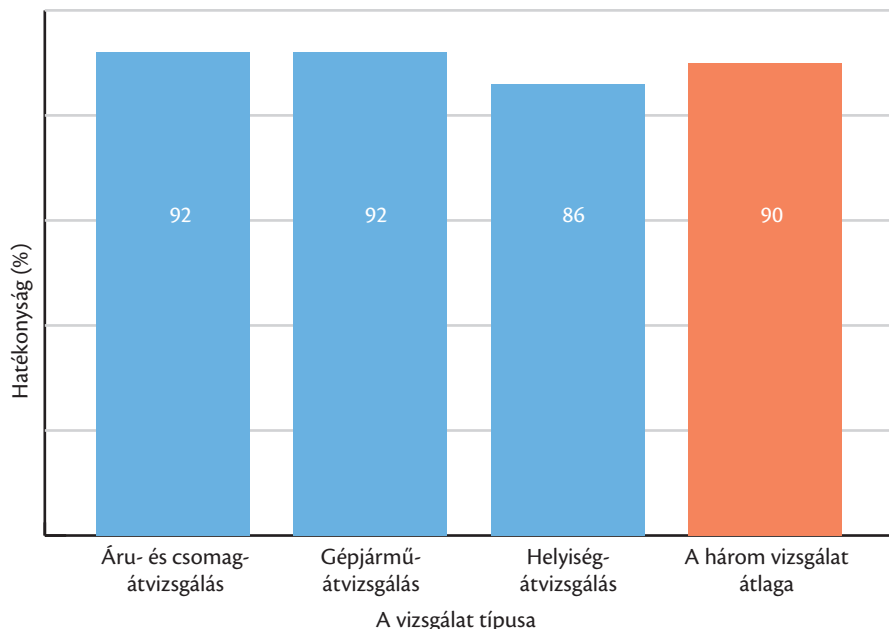
⁶ Johnston, J. M. (1999). *Canine Detection Capabilities: Operational Implications of Recent R&D Finding*, Institute for Biological Detection Systems, Auburn University, 5. In: http://webcanine.com/wp-content/uploads/2007/04/k-9_det_capabilities.pdf (Letöltés időpontja: 2021. 11. 07.)

Következésképpen a kutyák számára nehezen elképzelhető, hogy éppen e falazóblokkba nem rejtettünk robbanóanyagot. Ez véleményem szerint a kutyákban kognitív diszszonanciát eredményez, amelynek hatására megnő a T+ jelzések száma. Mindezt a másik két feladat esetében mért adatok is igazolják, hiszen azon esetekben a V– mérések száma nagyobb értéket mutat.

A 2–3. feladatok esetében a T+ jelzések hátterében a kutyák eredményre történő törekvése, azaz a kutyavezetővel szembeni megfelelni vágyás áll. Gyakorlati tapasztalataim alapján kijelenthetem, hogy ezen T+ jelzések mennyisége az ilyen típusú feladatoknál annál magasabb minél hosszabb a keresési feladat időtartama. Továbbá, jelentős befolyásoló tényező a feladat és a környezet monotonitása, amely hosszú távon a kutya ingerspecifikus kifáradását eredményezheti, aminek hatására szintén megnő a T+ jelzések száma, vagy szélsőséges esetben, a kutya nem fog szimatmunkát végezni. De mindennek a kockázata megfelelő kiképzési módszerekkel csökkenthető, így növelhető a V– jelzések aránya és a kutya megbízhatósága, ezáltal a kutyaaba vetett alkalmazói bizalom. Ugyanakkor véleményem szerint a T+ jelzés a „kisebbik rossz”, hiszen az alkalmazott eljárásrendeknek megfelelően a jelzés megerősítésének érdekében ismételt átvizsgálást tesz szükségessé, illetve egyéb rendszabályok bevezetését teszi szükségessé, de a biztonságra gyakorolt hatása nem mérhető, hiszen nincs robbanóanyag. Ugyanakkor, ellentétes esetben ugyanez már nem jelenthető ki.

A hatékonysági vizsgálatok összesített értékelése

Tekintettel arra, hogy a három vizsgálat alatt eltérő változókat is alkalmaztam, összehasonlításukhoz azon mérési eredményeket használok, amelyek mindhárom esetben



9. ábra. Hatékonyság „üres rejtés” esetén

előfordulnak, vagyis a robbanóanyagok változtatásával kapott értékeket, egészen pontosan azok átlagát (9. ábra).

A mért adatok elemzése alapján megállapítható, hogy az elvégzett feladatok tekintetében a robbanóanyag-kereső kutyák összesített hatékonysága 90%. Úgy vélem, ez az érték kiemelkedően jó szintű, így magas megbízhatósági mutatóval szolgál a kutyákat alkalmazó szervezeteknek. Különösen azért, mert a vizsgálatok közben szándékosan kerültem a tiszta, laboratóriumi körülmények közötti mérést, így a mért adatok valós körülmények közötti kutatási feladatok eredményei. Természetesen ezen érték romolhat, amennyiben az alkalmazási terület körülményei jelentősen eltérnek a vizsgálatkor alkalmazott körülményektől. Azonban a vizsgálat alatt tapasztaltak alapján teljes bizonyossággal kijelenthetem, hogy magyarországi alkalmazás esetén ezen értékek irányadónak tekinthetők.

A vizsgálatok biztonsági, környezetvédelmi és etikai tényezői

A vizsgálatokhoz szükséges robbanóanyagot és robbanószerkezeteket előzetes egyeztetés alapján az MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred állományában szolgáló tűzszerészek és kutyakiképzők szakállománya biztosította részemre. A rejtések és a visszatelepítések alkalmával is az alkalmazott robbanóanyagok kezelését ezen szakállomány végezte, a megtervezett feladatok és iránymutatásaim alapján, a vonatkozó biztonsági rendszabályok maximális betartása mellett, továbbá a hatékonyságvizsgálatokat minden esetben a vonatkozó környezet- és munkavédelmi rendszabályok maradéktalan betartásával hajtottuk végre. A robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazása közben nagy hangsúlyt fektettünk az állatvédelem rendszabályainak betartására. A vizsgálatok alatt személyi sérülés és anyagi kár nem keletkezett, illetve a kutyák alkalmazásával kapcsolatban állategészségügyi esemény, továbbá etikai kérdés nem merült fel.

ÖSSZEGZÉS

A fejezetben bemutattam a robbanóanyag-kereső kutyák teljesítmény- és hatékonyságvizsgálatának érdekében tervezett feladatokat és azok végrehajtásának rendjét. Ismertettem a mérések eredményeit, azokat elemeztem és összesítettem. A vizsgálatokat nyáron, száraz melegben hajtottuk végre, és ilyen körülmények között néhány kivételtől eltekintve a vegyi eredetű szagok (ld. robbanóanyag) általában intenzíven felfelé terjednek. [10] Ezért, úgy vélem, hogy a későbbiekben érdemes lenne a vizsgálatokat megismételni más időjárási körülmények között is.

A vizsgálatokhoz szabvány robbanóanyagokat és azokkal töltött katonai robbanószerkezeteket alkalmaztunk, azonban, ahogyan arra már korábban is utaltam, a talajszint alá rejtett robbanószerkezetek mellett az IED jelenti a legnagyobb veszélyt a katonai kötelelékre. Ennek ismeretében úgy vélem, hogy a keresőkutyákat nem kizárólag a szabvány robbanóanyagok ismeretére kell megtanítani, hanem az IED fő töltetét alkotó HME-re is. Ez azonban korántsem egyszerű feladat. A HME mintái azok tulajdonságainak figyelembevételével nem kezelhetők a hagyományos robbanóanyag-szagmintákhoz hasonlóan – így eredeti állapotukban nem használhatóak a kutyakiképzés során –, hiszen azok alkalmazása

túl nagy biztonsági kockázattal járna. Elsőre kézenfekvő megoldásnak tűnhet, hogy a kutya- kiképzés közben a HME alkotóelemeit tanítsák meg, azonban ez nem biztosítaná a kívánt eredményt, ugyanis a kutyák nem képesek a prekursorokból összetett szagképet előállítani, mivel a kutya a tanulási folyamatok közben szagkomplexet tanul. Ezen alapelveket számos kísérlettel bizonyították. [11] Véleményem szerint erre a problémára a megoldást a szagazonos, de valós robbanóanyagot nem tartalmazó helyettesítő anyagok⁷ alkalmazása jelenti. Ilyen anyagok elérhetőek a kereskedelmi forgalomban és a kutya- kiképzés közbeni hatékonyságukat már számos vizsgálat [12] [13] is igazolta. Ezen anyagok hazai alkalmazása véleményem szerint egyáltalán nem kutatott terület, így a jövőben célszerű lehet a kutyakiképzést és az azzal kapcsolatos kutatást ilyen irányban kiszélesíteni. A robbanóanyag-kereső kutyák jelen tanulmányban ismertetett hatékonyságvizsgálatának összesített 90%-os eredménye megerősítette bennem a több évtizedes szakmai tapasztalatomból származó azon véleményem, miszerint a kutyák robbanóanyag-felderítésben történő alkalmazása napjainkban is az egyik leghatékonyabb módszernek számít.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Szun-ce. (1963). A hadviselés törvényei. Tőkei Ferenc (ford.). In *A hadművészet ókori klasszikusai*. Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó.
- [2] *A modern haditechnika enciklopédiája* (2001). Budapest: Guliver Kiadó.
- [3] Szatai, Zs. J. (2019). A robbanóanyag-kereső kutyák alkalmazási lehetőségei napjainkban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29. évf., 1. sz., 65–81. Budapest.
- [4] Fehér, Gy. (1980). *A háziállatok funkcionális anatómiája*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 724.
- [5] Vroon, P. – van Amerongen, A. – de Vries, H. (2005). *A rejtett csábító, a szaglász pszichológiája*. Budapest: Korona Kiadó, 24.
- [6] Szinák, J. (1999). A német juhászkutya szaglása és szerepe a nyomkövetésben I. rész. *A kutya*, LXII. évf., 20. sz.
- [7] *Mine Detection Dogs: Training, Operations and Odour Detection*. Geneva: Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD) 2003, 17.
- [8] OTA-ISC no. 481 Report (1991). *Technology Against Terrorism: The Federal Effort, Appendix B, Explosive detection: Dogs*. Washington D.C., 105–114.
- [9] Mű/51 (2022). *A Magyar Honvédség Tűzszerész Szabályzata I. rész*. A Magyar Honvédség kiadványa.
- [10] Szagkezelési technológiák (2006). II. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia összefoglalója, 2006. június 1–2., Pécs. Online: http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/kornyezet/2006/07/0705.pdf (Letöltés: 2018.11.13.)
- [11] Helton, W. S. (2009). *Canine ergonomics: The science of the working dogs*. CRC Press, 146.
- [12] Sheldahl, K. (2011). *Bomb Dog Training Aid Evaluation*. Online: <https://leerburg.com/scentlogix.htm> (Letöltés: 2021.11.08.)
- [13] Harves, N. – Thomas, L. (n. d.). *Scentlogix Detection Training Aids Double Blind Study*. Online: <https://sportwaffenk9.com/scentlogix-detection-training-aids-double-blind-study/> (Letöltés: 2021.10.24.)

⁷ Az úgynevezett helyettesítő vagy pszeudoanyag nem tartalmazza az eredeti vegyületet, azaz nem tartalmaz robbanóanyagot, de kipárolgási tulajdonsága nagy hasonlóságot mutat az eredeti anyag kipárolgási és abszorpció tulajdonságaival.

ÉPÍTMÉNYEK ROBBANÁSI TÚLNYOMÁS ELLENI VÉDELME, MÉRETEZÉSI LEHETŐSÉGEINEK MÓDSZERTANA MAGYARORSZÁGON¹

Dr. Petrik Máté² – Tugyi Levente³

ABSTRACT

Explosion protection is essential for all parties involved, as safety is not only a legal requirement but also a prerequisite for everyday operations. Protection can be implemented on three levels: primary and secondary measures aim to prevent the creation of explosive atmosphere and avoid possible ignition sources, while tertiary measures aim to mitigate the harmful effects of an explosion. One possible tertiary protection measure is the dimensioning of explosion venting surface. In Hungary, three methodologies are currently used to dimension the required rupture surfaces of buildings in the event of an explosion risk caused by gases or vapors the calculation included in TvMI 13.5:2025.02.01., the correlations described in the MSZ EN 14994:2007 and NFPA 68:2023 standards, which may result in different calculation results due to their different approaches. The study presents the methodology for determining the concentrations of three well-known and widely available gases – methane, propane, and hydrogen – in rooms of different sizes, evaluating the differences in the results and their practical significance and consequences.

Keywords: explosion protection, explosion venting, explosive gases

ÖSSZEGZÉS

A robbanás elleni védelem minden érintett szereplő számára alapvető fontosságú, hiszen a biztonság nemcsak jogszabályi előírás, hanem a mindennapi működés záloga is. A védekezés három szinten valósítható meg: az elsődleges és másodlagos intézkedések a robbanásveszélyes környezet kialakulásának megelőzésére és a lehetséges gyújtóforrások elkerülésére törekednek, míg a harmadlagos intézkedések célja a bekövetkező robbanás káros hatásainak mérséklése. A harmadlagos védelem egyik lehetséges intézkedése a hasadófelületek méretezése. Magyarországon jelenleg három módszertan használatos az építmények szükséges hasadófelületének méretezésére gázok, gőzök okozta robbanási kockázat esetén: a TvMI 13.5:2025.02.01.-ben szerepeltetett számítás, az MSZ EN 14994:2007 és az NFPA 68:2023 szabványokban leírt összefüggések, amelyek eltérő megközelítései miatt a számítások eredményei is különbözhetnek. A tanulmány három ismert és számos helyen megtalálható gáz – metán, propán és hidrogén – esetében mutatja be meghatározások módszertanát, különböző méretű helyiségek esetében, értékelve az eredmények különbségeit és ezeknek a gyakorlati jelentőségét, következményeit.

Kulcsszavak: robbanásvédelem, hasadófelület, robbanásveszélyes gázok

¹ Methodology for Dimensioning Explosion Overpressure Protection for Buildings in Hungary

² Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék, egyetemi docens; e-mail: mate.petrik@uni-miskolc.hu; ORCID: 0000-0003-0034-464X.

³ Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet, Vegyipari Gépészeti Intézeti Tanszék, tanársegéd; e-mail: levente.tugyi@uni-miskolc.hu; ORCID: 0000-0003-4667-3764.

BEVEZETÉS

A robbanás elleni védelem három fő elven nyugszik:

- elsődlegesen: a robbanásveszélyes közeg eltávolításával vagy kizárásával a robbanásveszélyes környezet kialakulásának megakadályozása;
- másodlagosan: a lehetséges gyújtóforrásoknak a robbanásveszélyes térből történő kizárásával;
- harmadlagosan: a robbanás várható hatásainak kontrollált keretek között tartásával.

A robbanásveszélyes technológia tervezése során kockázatelemzéssel kell eldönteni, hogy a tervezett védelmi intézkedések üzemeltetési szempontból megfelelőek-e. Amennyiben a kockázatelemzés azt mutatja, hogy a meglévő védelmi megoldások nem biztosítanak ki-elegendő védelmi szintet, a védelmet az épület szerkezetének összedőlését megakadályozó például hasadó- vagy hasadó-nyíló felületek alkalmazásával kell biztosítani.

- hasadófelület: a tönkremenetelével lehetővé teszi a belső tér megnyitását a robbanási túlnyomás levezetése céljából,
- hasadó-nyíló felület: amely megnyílással, elfordulással vagy billenéssel lehetővé teszi a robbanási túlnyomás levezetését. Lehetnek automatikusan visszacsukódó vagy manuális visszazárást igénylő szerkezetek.

Konkrét előírást a hasadó- vagy hasadó-nyíló felület használatára a 3/2020. (I. 13.) ITM rendelet [1] mellékletében a gázcsatlakozó-vezetékek, felhasználói berendezések és a telep helyi vezetékek műszaki biztonsági szabályzata 26.8.1. pontjában találunk. A fenti tényleges előíráson kívül akkor kell alkalmaznunk ezt a védelmi módot, ha a robbanás nem zárható ki teljesen egyéb védelmi mód alkalmazásával és effektív gyújtóforrás várhatóan jelen lehet.

Az alábbi jogszabályok és iránymutatások általános megfogalmazásokat tartalmaznak a hasadó- vagy hasadó-nyíló felületek alkalmazásáról és a robbanás elleni védelem alapelveiről:

- 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet (Országos Tűzvédelmi Szabályzat) – általános tűzvédelmi követelményeket és elveket rögzít, többek között a robbanás elleni védekezésre vonatkozó előírásokkal.
- TvMI 13.5:2025.02.01. – Robbanás elleni védelem – részletes műszaki útmutatót ad a védekezési módszerekre és a hasadófelületek méretezésére vonatkozóan.
- 2014/34/EU Direktíva – a robbanásveszélyes légkörben használatos berendezésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációját szabályozza, és keretrendszert ad a védelmi megoldások egységes alkalmazásához.

IPARI BALESETEK

A robbanások hatalmas hatással lehetnek az épületekre és az emberi testre, amiről az 1. táblázat ad áttekintést, Zipf R. és Cashdollar K. kutatásai alapján [2]. Az MSZ EN 16009:2012 szabvány [3], amely a lángmentes lefúvatásra vonatkozik, kimondja, hogy 0,07 bar feletti túlnyomások elfogadhatatlanok olyan helyeken, ahol emberek tartózkodnak. Még kisebb nyomások is már hatással lehetnek az épületre, és közvetett veszélyeket okozhatnak

az emberek számára, például törmelékek formájában. Általában egyébként a robbanásokkal kapcsolatos halálesetek túlnyomó többsége a törmelékekből ered. A 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről [4] 5.3.3. c) pontja szerint túlnyomás tekintetében 0,1 bar értéket elérő vagy meghaladó léglökési hullám halálos hatást jelent. A TvMI 13.5:2025.02.01. [5] az építményszerkezetekre ható terhelések szempontjából a robbanási túlnyomás hatása során az elsődleges tartószerkezetek statikus terhelhetőségét 2 és 3 kN/m² (0,02 és 0,03 bar) értékeken rögzíti. Szintén ezen fejezet szerint a védőfalaknak és terelőfalaknak, amennyiben például 5 méteren belül helyezkednek el, 6 kN/m², azaz 0,06 bar terhelést szükséges kibírniuk. Zárt térben, függően a robbanás epicentrumától és a beépítettségtől is, figyelembe véve a felületeken való turbulencia okozta robbanásnyomás-növekedést, úgynevezett önturbulenciát, ha ezen értékek szerint teljesítik a teherviselő képességet, nem lesz elégséges, főleg, hogy egy túlnyomás levezetésére szánt felület nyitónyomása általában 0,05-0,1 bar.

Zárt terekben a robbanásveszélyes gázok és gőzök koncentrációja akár gyorsan veszélyes mértéket érhet el, és egy esetleges robbanás során életveszély áll fenn, illetve az építmények szerkezeti elemei könnyen súlyos károkat szenvedhetnek. Emiatt a tervezésnek, az üzemeltetésnek és a munkavégzési gyakorlathoz kapcsolódó eljárásoknak egyszerre kell a kockázatot kezelniük, különben apró hibák is tragédiához vezethetnek. Az elmúlt években például a következő baleset történtek:

- *T2 Laboratories* (Jacksonville, 2007) – reaktorművelethez kötődő belső eseménysorozat; a biztonsági felügyelet és változtatáskezelés hiányai vezettek balesethez. [6]
- *ConAgra* (Garner, 2009) – belső térben végzett gázművelet robbanást és részleges szerkezetösszeomlást okozott; a vizsgálatok a belső munkák engedélyezési hiányosságaira hívják fel a figyelmet. [7]
- *Kleen Energy* (Middletown, 2010) – beltéri csőpurgálás következtében felhalmozódott gáz robbant fel. A tragédia rámutatott arra, hogy a purgálás belső térben csak szigorú szabályok és műszaki kontroll mellett megengedett. [8]

1. táblázat. Robbanási túlnyomás hatásai [2]

Legnagyobb túlnyomás [bar]	Hatás az épületekre	Hatás az emberi testre
0,069	Az ablaküveg széttörik.	Könnyebb sérülések a törmelékektől.
0,137	Mérsékelt károk a házakban (ablakok és ajtók kirepülnek, valamint súlyos károk a tetőkön).	Emberek sérülései repülő üvegszilánkok és törmelékek következtében.
0,206	Lakóépületek összeomlanak.	Súlyos sérülések gyakoriak, halálos áldozatok is előfordulhatnak.
0,344	A legtöbb épület összeomlik.	Sérülések mindenhol, sok haláleset.
0,689	A megerősített betonépületek súlyosan megrongálódnak vagy lebontódnak.	A legtöbb ember meghal.
1,378	Erősen épített betonépületek súlyosan megrongálódnak vagy lebontódnak.	A halálesetek közelítik a 100%-ot.

- *AB Specialty Silicones* (Waukegan, 2019) – beltéri keverési művelet során keletkezett hidrogén felhalmozódása és robbanása; több halott, súlyos sérülések és építmény teljes megsemmisülése. A vizsgálat rámutatott az anyagismeret, a helyszíni eljárások és a változtatáskezelés hiányosságaira, valamint a hidrogénspecifikus érzékelés és a célzott szellőzés szükségességére [9].

ALKALMAZHATÓ MÓDSZERTANOK

Robbanás elleni védelem Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – TvMI 13.5:2025.02.01. A 8. fejezet [5] tartalmazza a robbanási túlnyomást levezető felületek méretezését, kimondva, hogy a földgáz-levegő keverék vagy az MSZ EN 14994:2007 szabvány [10] hatálya alá nem tartozó esetekben használható. Az európai szabvány kizáró alkalmazási feltételeinek egyike a detonációs reakciók vagy a gázfázisban történő bomláshoz hasonló, elszabadult exoterm reakciók, tehát a robbanás elleni védelem területén kizárólag a földgáz-levegő keverékek esetében alkalmazandó.

A TvMI 13.5:2025.02.01. szereplő hasadó-nyíló felület számításának egy egyszerűsített képlete a korábbi Országos Tűzvédelmi Szabályzatokban használt – legkorábban az 4/1974. (VIII.1.) BM rendelet a Tűz elleni védekezésről és tűzoltóságról említi (14. melléklet) [11] –, amely a jelenlegi érvényes Országos Tűzvédelmi Szabályzatban nincsen már benne. Ezenkívül a visszavont MSZ 595-9:1982 szabványban [12] található részletesebb összefüggéseiket alkalmazza. A hasadófelület számításának összefüggése, illetve a méretezési számítások kisebb módosításai később kerültek bele, de kijelenthető, hogy a számítási mód már több mint 50 éves.

Hasadófelület számítása:

$$A_h = f_h \cdot V, \quad (1.)$$

- A a szükséges hasadófelület nagysága (m^2),
- f_h a fajlagos hasadófelületi tényező (m^2/m^3),
- V a helyiség beépítetlen térfogata (m^3),

$$V \leq 200 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,2 - \frac{0,05 \cdot V}{200},$$

$$200 \text{ m}^3 < V \leq 2000 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,15 - \frac{0,05 \cdot (V - 200)}{1800},$$

$$2000 \text{ m}^3 < V \leq 10\,000 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,10 - \frac{0,045 \cdot (V - 2000)}{8000},$$

$$10\,000 \text{ m}^3 < V \leq 100\,000 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,055 - \frac{0,040 \cdot (V - 10\,000)}{90\,000},$$

$$100\,000 \text{ m}^3 < V \leq 500\,000 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,015 - \frac{0,005 \cdot (V - 100\,000)}{400\,000},$$

$$500\,000 \text{ m}^3 \text{ felett } f_h = 0,01.$$

Hasadó-nyíló felület számítása:

$$A_h = f_h \cdot V, \quad (2.)$$

- A a szükséges hasadó-nyíló felület nagysága (m^2),
- f_h a fajlagos hasadó-nyíló felületi tényező (m^2/m^3),
- V a helyiség beépítetlen térfogata (m^3),

$$V \leq 200 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,15 - \frac{0,05 \cdot V}{200},$$

$$200 \text{ m}^3 < V \leq 2000 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,10 - \frac{0,05 \cdot (V - 200)}{1800},$$

$$2000 \text{ m}^3 < V \leq 10\,000 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,05 - \frac{0,02 \cdot (V - 2000)}{8000},$$

$$10\,000 \text{ m}^3 < V \leq 100\,000 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,03 - \frac{0,02 \cdot (V - 10\,000)}{90\,000},$$

$$100\,000 \text{ m}^3 < V \leq 500\,000 \text{ m}^3 \text{ esetén: } f_h = 0,01 - \frac{0,005 \cdot (V - 100\,000)}{400\,000},$$

$$500\,000 \text{ m}^3 \text{ felett } f_h = 0,004.$$

A TvMI 13.5:2025.02.01. leírt két számítási összefüggés között – hasadó- és hasadó-nyíló felület – különbsége tudományosan nem magyarázható. Néven belüli különbség áll fenn, mivel a nyitó nyomás adja az elsődleges szabályozást, amelyet egységesnek kell tekinteni. A nyitás dinamikája szerint egyenletesebb, fokozatos nyitásról nem lehet beszélni egy hasadó-nyíló felület esetében, mivel annak visszahatása állna fenn a helyiség tekintetében, és a cél a lehető leggyorsabb reagálás, nyitás. A kilépő lángfront esetében viszont már az akadályozottság okán adódnak különbségek, a visszazáró mechanizmus miatt is.

MSZ EN 14994:2007 szabvány – Gázrobbanás elleni szellőztetési védelmi rendszerek. Az MSZ EN 14994:2007 egy európai szabványt bevezető magyar nemzeti szabvány, amelyben a szellőztetési védelmi rendszerek magyar szóhasználat szakmai szempontból nem a leghelyesebb. Jobb szóhasználat a VDI 3673:2002 szabvány [13] címében alkalmazott nyomáselvezetés vagy az NFPA 68:2023 szabvány [14] szerinti robbanás elleni védelem defleg-rációs hasadófelületekkel. A helyes szóhasználat például a robbanási túlnyomás elleni védelmi rendszerek lenne inkább. Az MSZ EN 14994:2007 és MSZ EN 14491:2013 szabványok [15] műszaki megközelítései majdnem teljes mértékben a VDI 3673:2002 és VDI 2263:2003 szabványokból [16] lettek átvéve.

Egy berendezés vagy helyiség szükséges lefúvató felületének nagysága az alábbi képlettel határozható meg az MSZ EN 14994:2007 szabvány szerint:

$$A = \{[(0,1265 \cdot \log(K_C) - 0,0567) p_{red}^{-0,5817}] + [0,1754 \cdot p_{red}^{-0,5722} (p_{stat} - 0,1 \text{ bar})]\} V^{\frac{2}{3}} \quad (3.)$$

$$A_v = \frac{A}{E_f} \quad (4.)$$

- A a lefúvató felület, ha $E_f = 1$ (m²),
- A_v a lefúvató felület, amennyiben a védelmi eszköz lefúvási hatásfoka kisebb, mint 1 (m²),
- K_G a gázra jellemző robbanási konstans (bar · m/s),
- p_{red} a redukált robbanási nyomás (bar_g),
- p_{stat} a védelmi berendezés statikus aktivációs nyomása (bar_g),
- E_f a védelmi berendezés lefúvási hatásfoka (–),
- V a készülék térfogata vagy helyiség beépítetlen térfogata (m³).

A számítási módszer alkalmazhatóságára vonatkozóan a következő feltételeknek kell teljesülniük egy helyiség esetében:

- a berendezésben nem található turbulenciát generáló elemek (pl. csővezeték),
- $K_G \leq 500$ bar · m/s,
- $0,1 \text{ bar}_g \leq p_{stat} \leq 0,5 \text{ bar}_g$,
- $p_{red} \leq 2 \text{ bar}_g$,
- $p_{red} > p_{stat} + 0,05 \text{ bar}$,
- $V \leq 1000 \text{ m}^3$,
- a kezdeti körülmények atmoszferikusak.

A fenti számítási módszert ellenőrizni szükséges a berendezésen belül elhelyezett turbulenciát okozó elemek hatásaival is. Egy c komplexitási tényezőt kell meghatározni annak függvényében, hogy ezen elemek száma, mérete, alakja és pozíciója mennyire befolyásolhatja a robbanást, amire a szabványban vannak javaslatok.

$$A \leq \left[75 \cdot 10^{-3} \cdot F_{fuel} \cdot c \cdot \left(\frac{2,1l - 2V^{\frac{1}{3}} + 1}{V^{\frac{1}{3}}} \right)^{0,55} \cdot n^{1,33} \cdot e^{3,8b} + 0,885 \cdot (p_{stat} - 0,1) \right]^{-0,577} \cdot \sqrt[2]{0,12651 \cdot \log(K_G) - 0,567 + 0,1754 \cdot (p_{stat} - 0,1)}, \quad (5.)$$

$$F_{fuel} = \frac{[S_{0,fuel}(E_{fuel} - 1)]^{2,71}}{[S_{0,propane}(E_{propane} - 1)]^{2,71}}, \quad (6.)$$

- E az adott gáz expanziós tényezője (–),
- $S_{0,fuel}$ az adott közeg égési sebessége a kezdeti állapotban (m/s),
- n a turbulenciageneráló elemek sorainak száma az áramlás fő irányában (–),
- b ezekben a sorokban az átlagosan blokkolt terület aránya: a blokkoló elemek keresztmetszetének és a teljes keresztmetszetnek a hányadosa;
- l a lefúvó nyílás és az épület legtávolabbi pontja közötti távolság;
- c komplexitási tényező.

Minden esetben végig szükséges a két lefúvató felület méretezésére vonatkozó számítást. Amennyiben az első, egyszerűbb számítás nagyobb, mint a kifinomultabb módszer szerinti értéke, az utóbbit szükséges alkalmazni.

NFPA 68:2023 szabvány – Robbanás elleni védelem deflagrációs hasadófelületekkel. A szabvány az éghető porok, gázok vagy gőzök okozta kockázatot jelentő technológiák, építmények robbanás elleni védelmét definiálja a robbanásitűnyomás-levezető nyílások alkalmazásával.

A szabványban található számítások alkalmazhatóságának feltételei építményekre, azon belül gáz- és gőzközegek esetében a következők:

- $p_{stat} \leq 0,75 \text{ bar}_g$ amikor $P_{kezdeti} < 0,2 \text{ bar}_g$
- $p_{stat} \leq 0,75(1 + P_{kezdeti}) \text{ bar}_g$, amikor $P_{kezdeti} > 0,2 \text{ bar}_g$
- $5 \text{ bar}_g \leq p_{max} \leq 12 \text{ bar}_g$,
- $P_{red} < 0,5 \text{ bar}_g$, és
- $0,1 \text{ m}^3 \leq V \leq 10\,000 \text{ m}^3$.

A szükséges lefúvófelület az alábbi összefüggés alapján határozható meg egy helyiség esetében:

$$A_{v0} = \frac{A_s \cdot C}{\sqrt{p_{red}}}. \quad (7.)$$

A C konstans értékét egy összetett képlettel lehet meghatározni, amely figyelembe veszi a helyiség felületét, a redukált nyomás értékét, a gáz sűrűségét, az égési sebességét, a lefúvott áramlás lefúvatási tényezőjét, az elegy gázfajhőinek arányát.

METÁN, PROPÁN ÉS HIDROGÉN ÉGÉSI ÉS ROBBANÁSTECHNIKAI TULAJDONSÁGAI

Mindhárom gázközeg esetében több kutatás vizsgálta az égés- és robbanástechnikai tulajdonságait, amelyeket összehasonlítva, a legrosszabb állapotok szerinti értékeket választottak ki. Az NFPA 68:2023 szabvány ajánlásai is figyelembe lettek véve a jellemzők kapcsán, mind a három esetben, amelyek a következők:

- az el nem égett gáz-levegő keverék sűrűsége (ρ_w) $1,2 \text{ kg/m}^3$,
- az el nem égett gáz-levegő keverék hangsebessége (G_w) $230,1 \text{ kg/m}^2$,
- elégett gáz-levegő keverék és az éghető gáz állandó nyomású fajhőinek aránya (γ_b) $1,15$,
- az el nem égett gáz-levegő keverék tömegsebessége (μ_w) $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$,
- az el nem égett gáz-levegő keverék hangsebessége (α_w) 343 m/s .

Metán (földgáz)

Faghih és társai [17] vizsgálták a metán (földgáz) tulajdonságait, ahol maximális nyomásnövekedési sebességre (K_C) $90 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ értéket javasolnak. Skřínský és társai [18] kutatásai szerint $80 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$ a közeg robbanási hevessége és $8,7 \text{ bar}$ a maximális robbanási nyomás (P_{max}). Lunn és Pritchard [19] tanulmányában a maximális nyomásnövekedési sebesség $65 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$. Zhang és társai [20] szintén vizsgálták a maximális robbanási nyomást, mely szerintük $6,5 \text{ bar}$. Az NFPA 68:2023 szabvány szerinti égési sebesség 40 cm/s .

A számítások során felhasznált értékek metán- (földgáz) közeg esetében:

- robbanási túlnyomás 8,7 bar,
- robbanási hevedesség 90 bar m/s,
- égési sebesség 40 cm/s.

Propán

Lunn és Pritchard [19] propánkutatásában a propán maximális nyomásnövekedési sebessége 104 bar · m/s, de 2 m³-es készülékben 318 bar m/s értéket is közölnek, de ezen érték túlzónak tekinthető. Zhang és társai [20] a maximális robbantási nyomásra 7,9 bar értéket javasolnak. Az NFPA 68:2023 szabvány szerinti égési sebesség 46 cm/s.

A számítások során felhasznált értékek propánközeg esetében:

- robbanási túlnyomás 7,9 bar,
- robbanási hevedesség 104 bar m/s,
- égési sebesség 46 cm/s.

Hidrogén

Faghih és társai [17] tanulmányukban két berendezéssel mérték a hidrogén tulajdonságait. 20 literes készülékben 312 bar m/s, 120 literes készülékben 1100 bar m/s értéket javasolnak maximális nyomásnövekedési sebességre. Előbbi a szabványos vizsgálati mérés, amely ezen tanulmány számításai során alapul lett véve. Zhangék [20] kutatásában a hidrogén maximális robbanási túlnyomása 6,8 bar, míg Jia és társai [21] vizsgálatuk során 7,45 bar értéket rögzítettek. Az NFPA 68:2023 szabvány szerinti égési sebesség 312 cm/s, de egy tanulmány [22], amely szabványok fejlesztésére szolgál (pl: NFPA 68), 232-250 cm/s égési sebességet említ.

A számítások során felhasznált értékek hidrogénközeg esetében:

- robbanási túlnyomás 7,45 bar,
- robbanási hevedesség 312 bar m/s,
- égési sebesség 250 cm/s.

Esettanulmányok

A bemutatott módszertanokat négy különböző méretű helyiség esetében vizsálták, a 2. táblázatban találhatóak a geometriai szempontból alapul vett közös tulajdonságok. A négy különböző helyiség ipari területen, de akár nem ipari környezetben is előfordulhat; a kutatás során 140 m³ (pl. kazánhelyiség), 216 m³ (gázpalacklefejtő), 1120 m³ (nagy helyiség), 11 000 m³ (kompresszorcsarnok) méreteket rögzítettek.

A beépítetlen térfogatok esetében a berendezések, mint pl. kazán vagy bündellek, csővezetékek, akadályok stb., térfogatait a teljes helyiség térfogatának 10%-os értékén belül veszik figyelembe.

2. táblázat. Helyiségek geometriai tulajdonságai

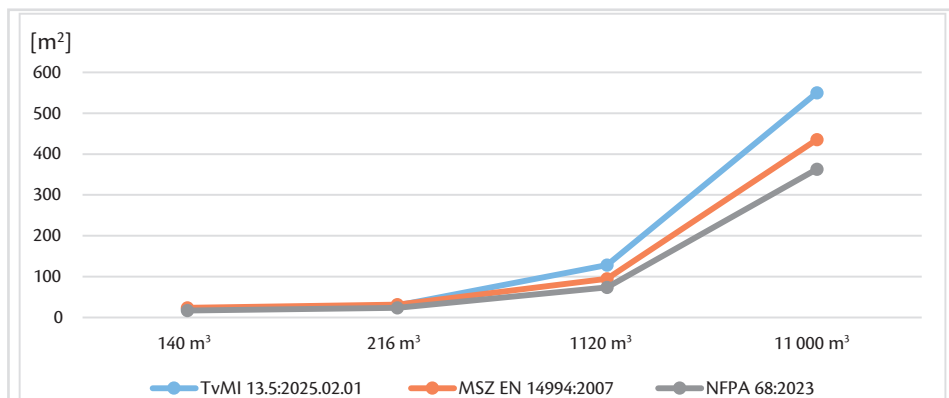
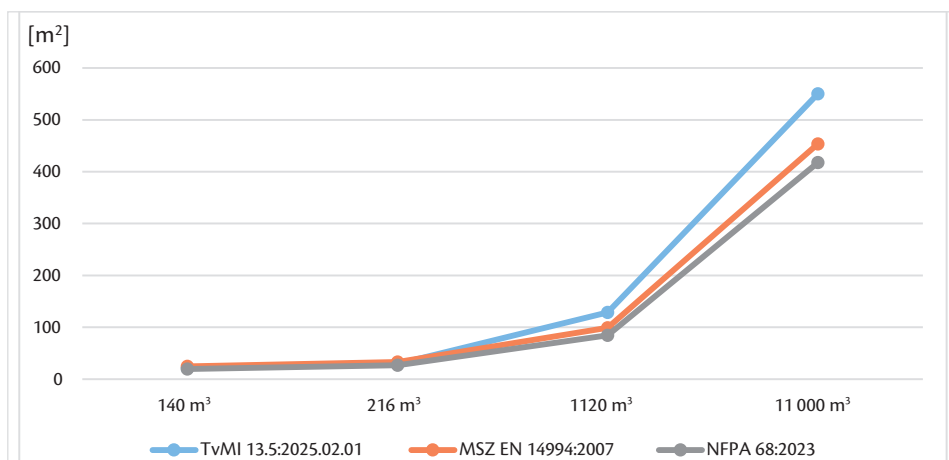
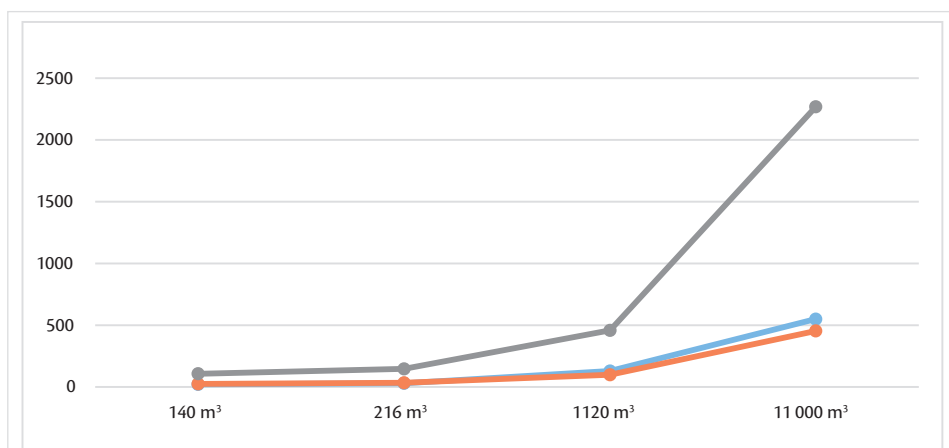
	140 m ³	216 m ³	1120 m ³	11 000 m ³
szélesség	5	6	10	22
hosszúság	8	10	20	50
magasság	3,5	3,6	5,6	10
beépítetlen térfogat	126	194	1008	9900
turbulenciát okozó elemek sorainak száma	1	2	2	2

3. táblázat. Szükséges levezetőfelületek méretei TvMI 13.5:2025.02.01, MSZ EN 14994:2007 és NFPA 68:2023 szerint

		140 m ³	216 m ³	1120 m ³	11 000 m ³
Földgáz	TvMI 13.5:2025.02.01	21,23 m ²	29,43 m ²	128,57 m ²	550,07 m ²
	MSZ EN 14994:2007	23,74 m ²	31,69 m ²	94,93 m ²	435,38 m ²
	NFPA 68:2023	17,05 m ²	23,46 m ²	73,40 m ²	363,02 m ²
Propán	TvMI 13.5:2025.02.01	21,23 m ²	29,43 m ²	128,57 m ²	550,07 m ²
	MSZ EN 14994:2007	24,72 m ²	33,01 m ²	98,89 m ²	453,53 m ²
	NFPA 68:2023	19,61 m ²	26,97 m ²	84,41 m ²	417,47 m ²
Hidrogén	TvMI 13.5:2025.02.01	21,23 m ²	29,43 m ²	128,57 m ²	550,07 m ²
	MSZ EN 14994:2007	32,24 m ²	43,05 m ²	128,97 m ²	591,47 m ²
	NFPA 68:2023	106,59 m ²	146,60 m ²	458,75 m ²	2268,83 m ²

A módszertanok szerint szükséges lefúvatófelületek méreteit a 3. táblázat foglalja össze, illetve közegek, módszertan és helyiség függvényében az 1., 2. és 3. ábra mutatja be az eredményeket. A TvMI 13.5:2025.02.01. módszere propán és hidrogén esetére nem vonatkozik, de a tanulmány vizsgálatában a többi módszertan összehasonlítása miatt alkalmazva lett. Az MSZ EN 14994:2007 és NFPA 68:2023 szabványok alkalmazási feltételei szintén korlátozottak a térfogat szerint, de a vizsgálat során a szabvány az összehasonlíthatóság okán mégis viszonyítási alapként használtak fel.

Az eredményekből látható, hogy földgáz esetében a TvMI 13.5:2025.02.01. a második legkisebb helyiségtérfogatnál (216 m³) még kedvezőbb eredményt ad, mint az MSZ EN 14994:2007 szabvány, de nagyobb térfogat esetében már az utóbbi számítás eredményei a legmagasabbak. Továbbá a TvMI 13.4:2025.02.01. módszertanát alkalmazva az 1120 m³ térfogatú helyiség esetében több mint 128 m² felületre van szükség, viszont a helyiség legnagyobb felülete 112 m². Az európai szabvány esetében a pontos égés- és robbanástechnikai tulajdonságok ismeretében precízebb értékek adódhatnak, amely által nem biztos, hogy fennállna a konzervatizmus. Egy robbanás feltételrendszerének a kialakulása, a gázok, gőzök alsó robbanási határértéke vagy egy bizonyos koncentrációhoz tartozó legnagyobb robbanástechnikai tulajdonságok szerinti állapot elérése már több tényező együttlásával valósulhatna meg. A természetes és általános mesterséges légcsera okozta szellőzést, hígulást nem veszi figyelembe a szabályozási környezet. Egy gázkoncentráció-érzékelő jelzési szintjéhez és reteszfeltételeihez kapcsolódó műszaki és szervezési intézkedések (pl.

1. ábra. Metáncőzeg esetén szükséges hasadófelület-méreték (m^2)2. ábra. Propáncőzeg esetén szükséges hasadófelület-méreték (m^2)

3. ábra. Hidrogénőzeg esetén szükséges hasadófelület-méreték

akusztikai és optikai jelzés, vészszellőzés) is csökkenteni tudják a robbanási kockázat kialakulásának lehetőségét.

A legnagyobb eltérést a hidrogén NFPA 68:2023 szerinti számítása mutatja, mivel ebben az esetben kizárólag ez a szabvány veszi figyelembe az égési sebességet. Ez az égés- és robbanásmechanizmusa szerint indokolt, hiszen a hidrogén rendkívül nagy lángterjedési sebessége jelentős hatással van a nyomáshullámokra, de a hőterjedésre is, és ezáltal a szükséges lefúvatófelület méretezésére. Ennek következtében a számított felületek értékei az NFPA68:2023 szerinti eljárásban lényegesen magasabbak, mint más szabványok alkalmazása esetén, ha az égési sebesség magas. Viszont meg kell jegyezni, hogy az MSZ EN 14994:2017 és NFPA 68:2023 szabványok szerint hiába jön ki ekkora lefúvatófelület, nem lenne lehetséges kialakítani, mert nem elégséges a rendelkezésre álló falfelületek mérete, ha csak egy oldal van kapcsolatban a külső környezettel közvetlenül. Meg kell jegyezni azt is, hogy ezen esetekben viszont nincsenek is ennyire szabad térfogatok egyenletesen eloszlott legveszélyesebb koncentrációnál. Célszerű a kibocsátóforrások pozícióját, a térfogatot és szellőzést figyelembe venni a tervezésnél, ami jelentősen csökkenti a lefúvatófelület értékét.

ÖSSZEGZÉS

A vizsgálat során négy különböző méretű helyiség vonatkozásában (140 m^3 , 216 m^3 , 1120 m^3 , $11\,000 \text{ m}^3$) hasonlították össze a TvMI 13.5:2025.02.01., az MSZ EN 14994:2007 és az NFPA 68:2023 módszertanát.

- Földgáz esetében a TvMI kisebb térfogatoknál kedvezőbb értékeket ad, nagyobb helyiségekben viszont a legnagyobb felületet számítja.
- Az MSZ EN 14994 pontos és részletes eredményeket biztosít, ugyanakkor a számítási folyamat komplexitása miatt nehezebben alkalmazható, és a nagy számításigény miatt gyakran konzervatívabb értékek adódnak.
- Az NFPA 68 módszertana a legvalószínűbb, mivel figyelembe veszi az égési sebességet és a turbulenciát okozó akadályok hatását is. Ez különösen a hidrogén esetében jelentős, ahol a számított felületek nagyságrendekkel magasabbak.

A vizsgálat rávilágít arra, hogy a megfelelő védelmi módszer kiválasztásakor nemcsak a szabványos előírásokat, hanem a gazdaságossági szempontokat, a környezeti adottságokat és az esetleges robbanás hatásait is mérlegelni kell. Fontos továbbá, hogy az építményben használt anyagok megváltozása esetén a számításokat minden esetben újra el kell végezni.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] 3/2020. (I. 13.) ITM rendelet a csatlakozóvezetékekre, a felhasználói berendezésekre, a telephelyi vezetékekre, az olajfogyasztó technológiai rendszerekre és a gáztárolókra vonatkozó műszaki biztonsági előírásokról és a műszaki-biztonsági szempontból jelentős munkakörök betöltéséhez szükséges szakmai képzésről és gyakorlatról, valamint az ilyen munkakörben foglalkoztatottak időszakos továbbképzésével kapcsolatos szabályokról szóló 16/2018. (IX. 11.) ITM rendelet módosításáról.

- [2] Zipf, R. K. – Cashdollar, K. L. (2007). Explosions and refuge chambers. NIOSH docket number 125. National Institute for Occupational Safety and Health, Columbus, OH.
- [3] MSZ EN 16009:2012. *Láng nélküli robbanás nyomását leeresztő eszközök*. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [4] 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről.
- [5] TvMI 13.5:2025.02.01. *Tűzvédelmi Műszaki Irányelv*. BM OKF, Budapest.
- [6] U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2009). *T2 Laboratories, Inc. Runaway Reaction*. Washington, DC.
- [7] U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2009). *Dangers of Purging Gas Piping into Buildings*. Washington, DC.
- [8] U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2010). *Urgent Recommendations*. Washington, DC.
- [9] Lemos, K. A. (2019). *Chemical Reaction, Hydrogen Release, Explosion, and Fire at AB Specialty Silicones*. U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, Washington, DC.
- [10] MSZ EN 14994:2007. *Gázrobbanás elleni szellőztetési védelmi rendszerek*. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [11] 4/1974. (VIII. 1.) BM rendelet a tűz elleni védekezésről és a tűzoltóságról.
- [12] MSZ EN 595-9:1982. *Építmények tűzvédelme. Hasadó-nyíló felület*. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [13] VDI 3673, Part 1 (2002). *Pressure venting of dust explosions*. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin.
- [14] NFPA 68:2023. *Standard on explosion protection by deflagration venting*. National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.
- [15] MSZ EN 14991:2013. *Szellőzőnyílásos porrobbanás-védelmi rendszerek*. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [16] VDI 2263, Part 1 (2003). *Dust fires and dust explosions. Hazards assessment, protective measures, test methods for the determination of the safety characteristic of dusts*. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin.
- [17] Faghih, M. – Gou, X. – Chen, Z. (2016). The explosion characteristics of methane, hydrogen and their mixtures: A computational study. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 40, 131–138. doi: 10.1016/j.jlp.2015.12.015
- [18] Skřínský, J. – Friedel, P. – Vereš, J. – Koloničný, J. – Borovec, K. (2018). Explosion parameters of degas-air mixtures at elevated temperatures. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 1375–1380. doi: 10.3303/CET1870230
- [19] Lunn, G. A. – Pritchard, D. K. (2003). A modification to the K G method for estimating gas and vapour explosion venting requirements.
- [20] Zhang, Y. – Cao, M. – Li, R. – Chen, X. – Dong, H. – Liu, X. (2023). Explosive characteristics and kinetic mechanism of methane–air mixtures under high-temperature conditions. *ACS Omega*, 8(4), 4251–4260. doi: 10.1021/acsomega.2c07470
- [21] Jia, J. – Chen, Y. – Che, G. – Zhu, J. – Wang, F. – Jia, P. (2021). Experimental study on the explosion characteristics of hydrogen-methane premixed gas in complex pipe networks. *Scientific Reports*, 11(1). doi: 10.1038/s41598-021-00722-8
- [22] HyResponder (2021). *Dealing with hydrogen explosions*. European Train the Trainer Programme for Responders, Lecture 10, Level IV.
- [23] Daruka, N. (2023). Insensitive explosives products and their applications. In: *Conference Proceedings of the 32th International Conference Blasting Technique 2023*. Slovenská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce, Československej armády 25, 974 01 Banská Bystrica, 92–101.

CHALLENGES IN SIZING LOW-DENSITY LINERS FOR SHAPED CHARGES¹

István Ember (PhD)²

ABSTRACT

The use of low-density materials in shaped charges, specifically as a liner, is very novel in the world of blasting technology. However, this novelty also means that there may be details in the background that still need to be clarified, without which it will be difficult or even impossible to achieve further results. There is currently no suitable formula for dimensioning these components. In this paper, I compare existing dimensioning methods in order to lay the foundation for a future, wide-ranging study based on empirical results in this field.

Keywords: shaped charge, low-density, polymer, explosive

ÖSSZEFOGLALÓ

Az alacsony sűrűségű alapanyagok felhasználása kumulatív töltetekben, kifejezetten béltestként, nagyon újszerű a robbantástechnikai világában. Az újdonság azonban azt is jelenti, hogy előfordulhatnak még pontosítandó részletek a háttérben, melyek nélkül a további eredmények elérése nehéz vagy egyenesen lehetetlen. Ezeknek az alkatrészeknek a méretezésére nem létezik egyelőre megfelelő formula. Ebben az írásműben összevetem a meglévő méretezési eljárásokat, hogy kialakítsam az alapját egy jövőbeli, széles körű és empirikus eredményeken nyugvó vizsgálatnak ezen a területen.

Kulcsszavak: kumulatív töltet, alacsony sűrűség, polimer, robbanóanyag

INTRODUCTION

Military research is particularly diverse. Today, the application of artificial intelligence,[1] drones and autonomous vehicles,[2][3] and the challenges of climate change [4] are of paramount importance, but we must not neglect older areas of research, as modern technology can bring about significant advances. One such area is explosives technology, which has a significant foundation [5] on which new developments can be built. These can be special explosives consisting of several components [6] or completely plastic shaped charges. [7]

Shaped charges are a specific area of explosives technology that has been researched by few. Regardless of this, it plays a significant role in the development of various devices,

¹ Alacsony sűrűségű kumulatív béltestek méretezésének kihívásai.

This paper was supported by the János Bolyai Research Scholarship of the Hungarian Academy of Sciences.

² Senior lecturer, Ludovika University of Public Service, Faculty of Military Science and Officer Training, Combat Support Department; Industrial explosive engineer; e-mail: Ember.Istvan@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0002-9877-0366.

and thus it is not only one of the key areas of military research, [8][9] but also of continuous interest in civilian research.

My goal in this research is to thoroughly examine the possibilities of sizing low-density liners. This study is technically a preparatory step for a longer research project, in which I will also conduct a significant number of empirical studies. The ultimate goal is to validate or develop a reliable method for scaling such projectiles, as this is not currently available to researchers.

SHAPED CHARGES

One of the namesakes of the cumulative effect is Charles Edward Munroe, which is why the term Munroe effect became widespread in professional circles. Between 1886 and 1888, he developed torpedo charges for the United States Navy. His work brought unexpected success when, after an explosion, he discovered that letters printed on nitrocellulose had appeared on a steel plate. This incident prompted further research and testing, and he was able to confirm the result that the explosive effect is significantly amplified in the direction of the cavities formed in the explosive. [10; 178]

The main result of his research was that he identified a cohesive flow of explosion gases in cavities, which is capable of causing significant destruction. The cavity causes a significant increase in the density of the gases in the resulting flow, which creates the greater destructive effect mentioned above. He also confirmed that these gases can only flow in this form if no medium hinders the formation of the flow. Therefore, the expected outstanding performance does not occur in water or rock. [10; 179]

An improved version of these shaped charges involves placing a metal liner on the walls of the cavities. This was also part of Munroe's research in 1894, but then no one studied shaped charges for half a century. [10; 180]

In Europe, the effect is called the Neumann effect, thanks to two German scientists who established the first standardization procedures for the manufacture of shaped charges. The standard was introduced in Germany in 1911 and in the United Kingdom in 1912. [10; 180]

Following standardization, several researchers investigated the field worldwide. Thanks to Franz Rudolph Thomanek's research, another significant result was achieved in 1938. He achieved groundbreaking results in his tests with metal liners. While in the case of a simple cavity, the explosive can encounter the surface of the target, it was found that this is not an ideal position in the case of metal liners. This discovery resulted in a significant increase in performance for charges placed further away from the target, and the terms "focus distance" and "spacing" were added to the glossary of terms related to shaped charges. This is the distance at which a given charge can achieve optimal penetration. [10; 180–181]

Further research has established that the material of the casings also has a significant impact on the performance of the charge, and that the shape is not limited to cones. Continuing along these lines, extended versions also appeared in the researchers' sights, which were later introduced into the world of blasting technology as cutting charges. [10; 180–182]

Subsequently, the world wars gave a huge boost to this research, as the destruction of armoured vehicles became a priority on the battlefield. For this reason, all warring parties

took steps to develop increasingly effective armour piercer weapons. This remains a major challenge today in the areas of development, efficiency improvement, and testing of new materials. Minimizing size is also a challenge, for which many small devices are already available. [11] However, there are also more examples of special applications. Such devices are indispensable for explosive ordnance disposal tasks, [12] but they also play an important role in special military and law enforcement operations. [13]

When the shaped charge is activated, a centrally located fuse or detonator initiates the explosion of the main charge. The detonation accelerates to the speed characteristic of the material and then reaches the liner. The liner is then destroyed and collapses along its longitudinal axis. The resulting deformed liner (hereinafter: jet) is ejected along the longitudinal axis of the charge. In the case of a metal liner, the temperature of the jet remains below the melting point of the metal. The jet is capable of piercing through seven times the diameter of the liner if the appropriate focal distance is ensured. [14; 191–192.]

In the case of metal jets, it is still common in many respects, even in professional circles, to compare them to plasma or molten metal, or to mention them in this context. The results clearly confirm that the temperature of a jet formed from copper is approximately 450°C, while its melting point is 1083°C. Although some theories and assumptions suggest the presence of a molten layer inside the jet, X-ray examinations clearly confirm a solid surface. The above-mentioned misunderstanding may be based on the way the jet and the target interact. The process can be calculated using a physical model of the interaction of ideal fluids, so the density of the target and the jet material will be one of the most important factors in the case of penetration. [15; 1–3.]

The speed of the jet is extremely high, but there can be a significant difference in speed between its two parts, the core and the nose. The rear part of the jet is heavier, carrying up to 85% of the total mass, so it is much slower than the nose. The speed of the core is around 1 km/s, while the elongated nose can reach speeds ten times higher. Ideally, the jet can be extended by up to 1 m, with a cross-sectional area of 1–2 mm². Due to the difference in speed and the extension, once the ideal length is reached, the jet breaks away from the core and falls into several smaller pieces. [14; 191–194.] [16; 72–73]

Upon reaching the target, the metal jet generates a pressure of 10–20 GPa due to its kinetic energy, but in some cases, peak pressures up to ten times higher can occur. The jet practically pushes the target material aside, so there is no splintering involving material loss, and the material separation on the other side caused by the penetration is also insignificant. [14; 191–194.] [16; 72–73]

The description of the process and the physical model developed are extremely detailed, but it is clear that plastics and low-density materials, where the jet can actually turn into a melt, were not really addressed. This is understandable, as the research focused mainly on significant perforation capacity, but this is not always necessary today.

SHAPED CHARGE SIZING METHODS

The Hungarian Defence Forces' (hereinafter: HDF) sizing procedure applies to determining the parameters of a truncated cone-shaped charge, and the cavity must be formed at its lower circular surface. This surface consists of the cavity and a 10–15 mm thick ring of

explosive material surrounding it. The diameter of the upper surface must not be less than 10 mm to ensure that the plastic explosive provides adequate support for the fuse. The cavity formed in the charge is unlined, cone-shaped, with a base diameter of 125% of the thickness of the target object. The height of the cone is also determined by the thickness of the target object, at 110% of that thickness. [17; 29]

Calculated mass of the charge: [17; 30]

$$C = 2,5 \cdot h^3$$

C – mass of the charge (g)

h – perforation thickness for steel (mm)

The height of the charge can be calculated from its mass and density based on the calculated volume. In practice, however, this is not strictly necessary, as the required parameters can be used during shaping to create a regular charge shape from the measured amount of explosive.

Unfortunately, this procedure does not meet the expected parameters, as it does not take into account the liner, which is a set research goal.

The HDF Military Technology Institute procedure is based on so-called “rules of thumb” for sizing, which do not require complex calculations. The necessary data for sizing must be selected using tables. [17; 38]

Definition and calculation constants of metal liner bodies: [17; 39]

Copper liner: one-fiftieth of its diameter ($F = 3,8$);

Steel liner: one-fortieth of its diameter ($F = 3,4$);

aluminum liner: one-thirtieth of its diameter ($F = 2,2$).

The data required for the calculation of explosives can be obtained from a table (Table 1).

Calculation of stand-off distance: [17; 39]

$$h = d \frac{\alpha}{30^\circ}$$

$$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$$

h – stand-off (mm)

d – diameter of liner (mm)

α – apex angle of the liner (degree)

Penetration capability (in case of armour): [17; 39]

$$P = F \cdot d \cdot \delta$$

P – penetration (mm)

d – diameter of liner (mm)

δ – the constant of the explosive

F – the constant of the liner material

Table 1. Characteristic data of explosives (Source: [17; 40][18][19])

No.	Explosive	δ	v (mm)	a (mm)	D – d (mm)	L _{min}
1.	A–IX–1*	1,5	4–8	3–5	6–10	10–15
2.	A–IX–2**	1,45				
3.	pressed nitropenta	1,42	5–10		4–8	
4.	pressed nitropenta with aluminium powder	1,37				
5.	nitropenta powder	1,2	8–10	5–8	6–10	10–15
6.	pentritol*** 50/50	1,28	10–15		10–15	15–20
7.	pentritol 60/40	1,32	8–10		8–10	
8.	pressed TNT****	1,21	10–15	8–10	10–15	20–25
9.	molded TNT	0,95	15–20	10–15	15–20	25–30
10.	TNT powder	0,55	10–15	10–20	10–15	20–25
11.	Semtex	1		5–8		15–20
12.	C4*****	1,4			8–10	10–15

* A-IX-1 – hexogen and wax.

** A-IX-2 – hexogen, wax and aluminium powder.

*** Nitropenta and TNT.

**** Trinitrotoluene.

***** C4 – RDX based plastic explosive.

The apex angle of the liner must also be determined based on a table (Table 2).

Penetration capacity (in the case of armor), with inadequate support: [17; 40]

$$P = \frac{30^\circ \cdot M}{\alpha} + (F - 1) \cdot d$$

P – penetration (mm)

d – diameter of liner (mm)

α – apex angle of liner (degree)

F – the constant of the liner material

M – stand-off (mm)

Table 2. Apex angle measuring (Source: [17; 40])

d (mm)	Apex angle – α	Ideal apex angle – α
20–50	35°–60°	40°
50–80	50°–65°	55°
80–120	55°–65°	60°
120–200	60°–85°	65°
200–300	80°–90°	85°

This method cannot be used in its entirety for research purposes. In this case, the sizing also deals with metal liners, but apart from that, it can serve as a good basis for determining the other filling parameters.

Next, the Cooper scaling method applies to concentrated shaped charges, which are basically made with cylindrical and conical liners. If we make a load with a copper liner, we can pierce through up to six times the diameter of the liner, but this can be increased further. [20; 440]

Dimensions relative to the diameter of the liner cone (D): [20; 436]

- diameter of the charge: $1,1 D$;
- height of the charge: $1,7 D$;
- height of the liner: $1,3 D$;
- thickness of the liner: quotient of $0,4 D$ and the density of the liner.

A graph helps in selecting the spacer, which predicts promising punching results: even without a spacer, up to 3 liner diameters can be achieved; if we want to achieve the maximum, approximately 6 diameters of penetration can be achieved with a spacer of 6 diameters. [20; 439]

This method does not fully meet expectations either, but here the sharpness of the cone angle may also produce questionable results in the case of low-density liner bodies, because this shape can be effective in cases of particularly high density and significant spacing. I do not dispute the effectiveness of the method, but I consider it inappropriate in our case.

Salamakhin's method suggests applying the law of similarity. First, the parameters of the charge and the target object, as well as the properties of the explosive used, must be clarified. [17; 31]

After determining the above parameters, the new charge can be scaled based on the similarity model by comparing the parameters and performance of an already known charge. This also applies to maintenance, of course. The procedure assumes strict proportionality between the parameters of the charges and their performance. [17; 33]

Shaped charge parameters and their designation: [17; 31]

shape: Φ ;

overall size: R ;

liner thickness: δ ;

liner density: ρ ;

thickness of outer shell: δ_1 ;

density of outer shell: ρ_1 .

Properties of explosives and their labelling: [17; 32]

density: ρ_0 ;

layer thickness: H_0 ;

the initial energy of the intrusion: Q_0 ;

detonation velocity: D_0 .

The target parameters to be determined: [17; 32]

density: ρ_2 ;

strength: σ_2 ;

cylinder speed: a .

Data to be determined: [17; 32]

penetration depth: L ;

penetration diameter: d .

Correlations: [17; 32]

$$L = f1 (\Phi, R, \delta, \rho, \delta1, \rho1, \rho0, H0, Q0, D0, \rho2, \sigma2, a)$$

$$d = f2 (\Phi, R, \delta, \rho, \delta1, \rho1, \rho0, H0, Q0, D0, \rho2, \sigma2, a)$$

Factors simplified using units of measurement: [17; 33]

$$\frac{L}{R} = \varphi1 \left(\Phi, \frac{\sigma}{H_0}, \frac{\rho_1}{H_0}, \frac{H_0}{R}, \frac{\rho_2}{\rho_0}, \frac{\rho_1}{\rho_0}, \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{D_0}{a}, \frac{D_0^2}{Q_0}, \frac{\sigma_2}{\rho_2 \cdot a^2} \right)$$

$$\frac{d}{R} = \varphi2 \left(\Phi, \frac{\sigma}{H_0}, \frac{\rho_1}{H_0}, \frac{H_0}{R}, \frac{\rho_2}{\rho_0}, \frac{\rho_1}{\rho_0}, \frac{\rho}{\rho_0}, \frac{D_0}{a}, \frac{D_0^2}{Q_0}, \frac{\sigma_2}{\rho_2 \cdot a^2} \right)$$

This method seems promising, because if we have a well-defined low-density shaped charge made with a low-density liner, then in theory we can increase its performance proportionally by changing its size proportionally.

LOW-DENSITY LINERS

There are already published scientific results on the use of low-density liner bodies in both punching and cutting. In most cases, additive manufacturing, which is widespread today, is the solution for researchers because it does not require expensive templates, unlike injection moulding. This offers an advantage that may be sufficient in itself for its application, but the extremely fast modification time is perhaps even more important. Researchers do not have to wait days for a modified part, because after redesigning the 3D model, the first prototypes can be ready in just a few hours. This technology gives researchers considerable freedom.

Of course, there are also disadvantages. Perhaps the most important of these is that dimensional accuracy requires attention, especially in the case of mating parts. In fused deposition modelling, the molten layers solidify on top of each other and may shrink, but inaccurate device settings and the quality of the raw material can also cause geometric imperfections. In some cases, paint pigments can also have this effect on the final product.

Another significant problem is geometry, the filling of the body. It is inevitable that air gaps will form between the layers, which is generally not a problem in the final product, but in our case, it can have an effect due to the density of the liner. There are, of course, technologies that can reduce this, but these are much more limited in terms of the range of raw materials that can be used.

It can definitely be said that, from a research perspective, filament-based 3D printing is a suitable alternative, as it has been proven many times in field tests. [21] It will be worthwhile to examine several of the raw materials used and compare the results, as it will also be necessary to establish a system of reference in a vertical sense. If more than just the same raw material is included in the study, the results achieved can be verified.

SUMMARY

Summarizing the knowledge related to shaped charges, important conclusions were reached that will greatly assist and provide a framework for further research directions.

Of the scaling methods, the similarity-based method seems to be the most suitable for the task, although other methods can also be considered when designing the sample charge. In principle, the similarity principle can also be applied to low-density liner bodies, but no evidence of this can be found in the literature. This will have to be confirmed or refuted during field tests. If inaccuracy is confirmed, attempts must be made to eliminate it in the formulas used.

Fillings and their components examined using this method, with particular regard to liner bodies, may yield novel results, which may then serve as a valuable basis for further investigation of this physical phenomenon or for product development.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Fazekas, F. (2023). A küldetésorientált vezetés és a mesterséges intelligencia. *Hadtudományi Szemle*, 16(3), 95–109. DOI: <https://doi.org/10.32563/hsz.2023.3.8>; (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [2] Végh, K. – Daruka, N. (2024). Protection against civil and military drones – so that the “blessing” does not come from above. In N. Daruka, I. Ember, & Z. T. Kovács (Eds.), *III. Fúrás-robbantástechnika nemzeti szimpózium különdíjak 2024* (pp. 216–226). Budapest: Magyar Robbantástechnikai Egyesület.
- [3] Tóth, J. L. – Vég, R. L. (2022). Az autonóm terepjáró eszközök. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23(2), 107–116. DOI: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.2.8>; (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [4] Padányi, J. (2022). Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatása a katonai erőre. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó.
- [5] Lukács, L. (2017). *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest: Dialóg Campus Kiadó.
- [6] Kugyela, L. (2020). A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, 28(4), 58–75. Retrieved September 28, 2025, Online: <https://www.mkle.net/products/a2020-4-szam/> (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [7] Ember, I. (2022). Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 13–23. Retrieved September 28, 2025, Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/6216> (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [8] Boda, J. – Boldizsár, G. – Kovács, L. – Orosz, Z. – Padányi, J. – Resperger, I. – Szenes, Z. (2016). A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16, 1–23. Retrieved September 28, 2025, Online: <http://www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702> (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [9] Boda, J. – Boldizsár, G. – Kovács, L. – Orosz, Z. – Padányi, J. – Resperger, I. – Szenes, Z. (2016). Fókusz és együttműködés. A hadtudomány kutatási feladatai. *Honvédségi Szemle*, 144(3), 3–19.
- [10] Lukács, L. (2010). A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20(1–4), 175–196. Retrieved September 28, 2025, Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2866/2122> (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [11] Kugyela, L. (2019). Experiments with small size shaped charges. *Hadmérnök*, 14(2), 99–110. DOI: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.2.8>; (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [12] Bukta, B. (2025). Speciális tűzszerész hatástalanítási eljárás tesztelése kumulatív töltetek segítségével. *Műszaki Katonai Közlöny*, 35(KSZ), 9–18. DOI: <https://doi.org/10.32562/mkk.2025.ksz.1.3>; (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [13] Szalkai, L. (2024). A műszaki felszámolókat támogatóképességei a terrorelhárításban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 34(1), 145–156. DOI: <https://doi.org/10.32562/mkk.2024.1.10>; (Letöltés: 2025. szeptember 28.)

- [14] Klapötke, T. M. (2017). *Chemistry of High Energy Materials*. Berlin: Walter de Gruyter.
- [15] Doig, A. (1998). Some metallurgical aspects of shaped charge liners. *Journal of Battlefield Technology*, 1(1), 1–3.
- [16] Hatala, A. (2010). Üreges töltetek I. rész. Misnay József tevékenysége. *Haditechnika*, 44(2), 72–76. Retrieved September 28, 2025, Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/Haditechnika_2010/?pg=439&layout=s (Letöltés: 2025. szeptember 28.)
- [17] Lukács, L. (1992). *A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése* [Jegyzet]. H. n.: Magyar Honvédség, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Műszaki tanszék.
- [18] Daruka, N. (2023). Érzéketlen robbanóanyagok I.: Célkeresztben a TNT és a Composit B kiváltása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(2), 5–21.
- [19] Daruka, N. (2016). Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–44.
- [20] Cooper, P. W. (1996). *Explosive Engineering*. New York: Wiley–VCH.
- [21] Ember, I. (2022). Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(4), 13–23. DOI. <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2>; (Letöltés: 2025. szeptember 28.)

THE RELATIONSHIP BETWEEN ADDITIVE MANUFACTURING AND EXPLOSIVES TECHNOLOGY, CHALLENGES IN THE DEFENCE FIELD¹

László Szalkai²

ABSTRACT

This study explores the relationship between additive manufacturing technologies and blasting techniques, focusing on their potential applications in defense and law enforcement operations. It categorizes different types of doors and windows according to their resistance levels and evaluates the effectiveness of manual, hydraulic, mechanical, and explosive breaching methods. The research centers on a modular, 3D-printed explosive cassette specifically designed for opening high-security structures. The analysis addresses the mechanical and safety properties of various printing materials and geometries, while also considering strategies to mitigate emerging risks. Furthermore, the paper highlights training applications and outlines future research directions, with special emphasis on optimization supported by generative design and artificial intelligence.

Keywords: additive manufacturing, blasting technology, breaching, law enforcement, 3D-printing

ÖSZEGZÉS

A tanulmány az additív gyártástechnológia és a robbantástechnika kapcsolatát, valamint védelmi és rendvédelmi alkalmazásának lehetőségeit vizsgálja. Rendszerezi a különféle nyílászáró típusok behatolás elleni ellenállási kategóriáit, és bemutatja a klasszikus kézi, hidraulikus, gépi, illetve robbantásos nyitási technikák hatásossági profilját. A kutatás központi eleme a 3D-nyomtatott, moduláris robbantókazetta, amely célzottan a magas biztonsági szintű szerkezetek megnyitására készült. A vizsgálatok kiterjednek a különböző nyomtatási anyagok és geometriai kialakítások mechanikai és biztonsági tulajdonságaira, valamint az új típusú kockázatok mérséklésének lehetőségeire. A tanulmány kitér a kiképzési alkalmazásokra és a jövőbeli kutatási irányokra is, különös tekintettel a generatív tervezés és mesterséges intelligencia által támogatott optimalizációra.

Kulcsszavak: additív gyártás, robbantástechnika, nyílászárók, rendvédelem, 3D-nyomtatás

INTRODUCTION

The success of law enforcement interventions is fundamentally determined by how quickly, in a sufficiently controlled manner, and with the greatest possible safety the intervening personnel can enter the target object. The first and most obvious obstacles to entry are usually door and window structures, which, in line with increasing civil and industrial requirements, have become increasingly sophisticated and resistant in recent years. The

¹ Additív gyártástechnológia és a robbantástechnika kapcsolata, kihívásai a védelmi területen

² National University of Public Service, Military Technical Doctoral School, PhD student; e-mail: szalkai.laszlo81@gmail.com; ORCID: 0000-0002-4843-4591.

spread of multi-point locks, concealed fittings, reinforced lock receivers, and built-in steel reinforcements significantly increases the delay compared to traditional demolition tools. This forces technical liquidation specialists to respond with new measures, requiring not only an upgrade of their toolkit, but also of their methodology and training.

This study serves a dual purpose. On the one hand, it presents a systematic, technical-expert view of the types of doors and windows – especially doors – that are relevant from an intrusion perspective, their key structural elements, installation and reinforcement solutions, and the resulting levels of resistance. On the other hand, it reviews where and how additive manufacturing and explosive technology are linked in law enforcement practice. I highlight its possibilities and limitations, and detail the production and actual applicability of 3D-printed mold fillings.

ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGY: OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS

As a technological revolution in recent years, 3D printing could also play an increasingly important role in law enforcement applications. It is particularly promising in the design of tailor-made fittings with specific geometries, where form-fit, ease of use and installation directly affect operational efficiency. It has the advantage of allowing the creation of a tool optimised to the parameters of a specific operation in a short time, which in practice can lead to shorter preparation cycles.

In addition to ABS and PETG, composite fibre reinforced filaments (e.g. glass fibre or carbon filled plastics) may also show promise. These provide higher strength, stiffness and heat resistance than conventional polymers, which is an advantage for higher performance moulded parts. Attention should also be paid to polyamide (nylon) based materials, which are more flexible but have good impact resistance.

Printing parameters, such as layer thickness, fill percentage and printing temperature, have a decisive influence on the load-bearing and crack-forming properties of the finished product, and systematic testing of these is therefore essential.

Particularly relevant research, which can be partly related to the topic of this paper, is the study by István Ember and colleagues entitled “The potential and limitations of additive manufacturing in the production of non-sparking hand tools”, where they investigate which 3D printing techniques and materials can be used in explosive environments [1].

In international law enforcement and military practice, there are already several examples of additive manufacturing technology being used in an experimental or semi-systematic form.

In the United States, special operations units [2][3][4] have used 3D printing initially to produce prototypes and then training suits. In Israel and the United Kingdom, counter-terrorism police units are testing explosive ordnance disposal devices that can be printed on-site to allow flexible adaptation to the target. International experience shows that the integration of 3D printing for law enforcement and military purposes is increasingly becoming part of operational practice. Pilot programmes in the

US Special Operations Forces, as well as in several NATO member states, demonstrate that in-situ printable moulded fittings can increase flexibility and reduce logistical burdens.

The combination of 3D printing and explosives applications raises a number of safety and regulatory issues. In Hungary, the production and use of explosives is subject to a strict licensing regime, which also applies to printed shaped charges. It is important that the interaction of the printed substrate with the explosive is tested in a documented manner and complies with OHS and disaster management regulations. At international level, there is a similar trend: as technology develops, regulation is increasingly extended to areas where additive manufacturing is used in combination with explosives.

The experimental process requires not only the documentation of visual results but also the use of measuring instruments. High-speed cameras can be used to record the behaviour of the opening structure at the moment of explosion, while pressure gauges and accelerometers provide data on shock wave and crack impact characteristics. The data will allow a more accurate comparison of different geometries and material choices, contributing to subsequent optimisation.

However, the use of this technology also raises ethical and legal issues. The dual-use risk of 3D-printed explosive devices makes it particularly important to maintain a strict regulatory environment and documented traceability of manufacturing processes to help prevent unauthorised civilian uses.

TRAINING AND EMPLOYMENT PROSPECTS

A key advantage of additive manufacturing is that special shapes can be produced at lower cost and in less time than with traditional tools. In addition to operational flexibility, this also means cost savings, as tools tailored to the task can even be produced on site.

3D-printed shapes can also play an important role in training. At a lower cost, it is possible to carry out realistic exercises in which personnel learn about assembly processes and the specifics of tactical application.

Another advantage of the technology is that inactive models, i.e., models without explosives, can also be easily produced for educational purposes, allowing handling routines to be practiced in a safe environment.

An interesting example of this is István Ember's statement on "The application possibilities of 3D printing in explosives technology," in which he emphasized that the process may be suitable not only for ad hoc use but also for the production of small series of charges, provided that the technological parameters are thoroughly tested [5].

During training applications, 3D-printed, inactive models enable assembly and application routines to be learned in a safe environment. This significantly increases staff preparedness while reducing costs and practical risks.

The use of additive manufacturing devices also introduces new types of risks. These include, for example, unexpected fragmentation due to material failure, leakage due to improper assembly, or the possibility that the printed substrate may react adversely with explosive components. To mitigate these risks, the planned protocol must include regular

destructive testing, material tests, and the mandatory use of protective equipment (e.g., modular ballistic shields).

The publications explore in detail the risk factors associated with explosive ordnance disposal operations and systematize the safety measures, protocols, and training procedures that are essential for the safe use of new types of devices. The guidelines cover risk assessment methods, the selection of protective equipment and operational tactics, practical training requirements for personnel, and post-operation analysis and documentation procedures, all of which contribute to the prevention of extraordinary events during operations and responsible risk management. [6]

FUTURE RESEARCH DIRECTIONS

In the future, generative design and artificial intelligence [7][8] will enable the geometry of explosive cartridges to be automatically optimized for a given door or window. A promising direction is the development of “smart cartridges” equipped with sensors that can provide real-time data on pressure distribution or structural load. In addition, the inclusion of alternative additive technologies, such as SLS or SLA processes, may offer new opportunities for producing prototypes with greater accuracy and heat resistance.

It is also worth investigating the military applicability of fiber-reinforced filaments, as presented at the methodological level in the study “Possibilities for the military application of fiber-reinforced composites used in additive manufacturing” [9].

In my study, I first present the resistance categories and typical vulnerabilities of doors and windows, then outline the effectiveness profiles of the tool groups used during intrusion – manual, hydraulic, mechanical, and explosive. The purpose of this is to help the reader understand how the choice of tool is influenced by the specific structural design, the locking system, and the method of installation.

The technical expert assessment of door and window structures is primarily based on physical resistance, the possibility of forced opening, and the expected effectiveness of the available tactical tools.

For this reason, it is not sufficient to examine the various types of doors and windows solely on the basis of their structural characteristics: the environmental conditions of the installation and the security features (fastenings, reinforcements, glazing solutions) can also be decisive factors.

Resistance categories in terms of intrusion, doors and windows can be divided into three distinct groups based on their resistance to intrusion:

Low-resistance structures

- Classic wooden doors and windows (e.g., casement systems).
- They are manufactured with few locking points and simple hardware.
- They can usually be broken open quickly with manual tools (crowbar, sledgehammer, door breaker).

Medium-resistance structures

- Modern wooden or plastic doors and windows with multi-point locking.
- Often with steel reinforcement and high-resistance glazing.
- Opening them typically requires mechanical or hydraulic techniques.

High-resistance structures

- Security-rated doors/windows (RC2–RC5 range).
- Complex protective structure: multi-layer glazing, concealed locks, reinforced frame.
- Often, only special opening tools (e.g., cutting tools, high-performance cutters) or even the use of door and window explosives are recommended.

Common structural weaknesses

Typical weak points are as follows:

- Vulnerability on the hinge side, especially for outward-opening doors.
- Few locking points (1–2 points), insufficient lock installation.
- Weak frame–wall connection (foam-filled fasteners, incomplete doweling).
- Glazed surfaces that may become relevant as opening points in certain environments.

RESISTANCE TO PENETRATION TOOLS

The response of doors and windows varies significantly depending on the tools used to attempt to open them:

- Manual breaking tools (hammer, crowbar, ram): effective against low or medium resistance structures, can be deployed quickly.
- Hydraulic spreaders: systems capable of exerting several tons of force, which can be used to break the frame-sash connection.
- Quick cutters: suitable for working on metal elements (grilles, lock receivers).
- Blasting: a justified procedure in cases of high security or time-critical situations.

In law enforcement routine, it is therefore essential to have prior technical knowledge of door and window types and installation solutions, as well as careful on-site reconnaissance to shed light on installation methods, security levels, and possible reinforcements. The targeted collection of the necessary information greatly increases the chances of a successful outcome.

A thorough knowledge of the different types of structures, materials, modes of operation, and installation procedures is a prerequisite for the professional planning and execution of law enforcement, military, and counterterrorism tasks. Different levels of resistance, locking solutions, and reinforcements directly determine the choice of intrusion

strategy, the nature of the necessary equipment, and the time and risk parameters of the operation.

In an operational environment, the type, number, and location of fittings and locking points have a decisive influence on which tool and procedure will yield the best results when forcibly opening a lock.

Hidden or multi-point closures reduce the effectiveness of manual tensioning, so in many cases special solutions – hydraulic tensioners, high-performance cutters, or targeted demolition procedures – may be necessary.

In practice, it is essential that technical specialists not only be familiar with practiced tactics and procedures, but also be able to quickly identify the weak points and expected resistance levels of the structure on site. This knowledge makes it possible to improve the pace, safety, and effectiveness of the intervention. At the same time, advances in the construction industry and increasing safety requirements demand that training systems adapt flexibly to new door and window solutions and continuously maintain the technical skills of personnel.

TYPES OF TOOLS THAT CAN BE USED TO OPEN WINDOWS AND DOORS

Forcible entry is not merely one tactical move among many, but often the decisive cornerstone of the operation, which can have a decisive impact on the overall outcome of the action. The key to success is professional preparedness, the availability of tools, and their creative use. Classic hand-held breaking tools – rammers, hammers, crowbars – are increasingly proving to be insufficient against security doors that open outwards or inwards and are locked at multiple points. This shortcoming is partly compensated for by hydraulic systems, partly by machine-driven tools, and in some cases by concentrated explosive procedures designed specifically to overcome reinforced structures.

Modernizing the toolkit alone is not enough. Knowledge of the material, mechanical, and structural characteristics of doors and windows is just as vital as proficiency in the use of the tools. The technical liquidator must be able to recognize the key factors in forcibly opening a given structure, the types and resistance of locks, and then decide on the most appropriate procedure in light of this information.

In practice, intrusion techniques can be divided into four main categories: mechanical (manual) tools, hydraulic systems, mechanical (motorized) solutions, and explosive openings. Manual breaking tools can be operated by human force; their advantages are minimal preparation requirements, quick deployment, and easy maintenance.

Their disadvantage is that they are a time-consuming and energy-intensive solution against reinforced doors with multiple locking points, which reduces their tactical advantage.

Practical experience shows that they can still be effective on inward-opening entrance and interior doors in residential properties, but they typically only play a supplementary role in the case of hydraulic openings. In such cases, they can assist in opening by causing damage along a straight line near the lock and handle.

Hydraulic systems use high-pressure fluid to transmit considerable force and are specifically designed for doors and windows with higher resistance. They are widely used in rescue and law enforcement applications worldwide, in both manual and electric versions. The brand names of the various manufacturers differ, but the operating principles are the same.

Explosive engine or electric-powered mechanical devices are mainly used to cut through grilles and ironwork. Many manufacturers offer such devices; their advantage is that the electric version does not need to be “warmed up,” which means it can be used immediately.

OPENING BY EXPLOSION

The fragmentation and built-up nature of the environment are key factors in blasting procedures. The safety distance is determined by several factors: the extent of the harmful effects increases in proportion to the amount of net explosive material used, so the safety zone must be determined accordingly. In addition, the type of doors and windows, the materials and structural properties of the building, and the expected risk of secondary fragments formed from the material of the doors and windows also influence its application. In enclosed spaces, particular attention should be paid to the health risks posed by secondary shrapnel effects, combustion products, and explosion overpressure. Protective equipment, such as ballistic blankets and bulletproof shields, can partially mitigate the effects of shrapnel, and in all cases, efforts should be made to use available physical cover (building corners, stairwells, etc.). [10]

The advantages of forced entry with explosives include the fact that at the moment of entry, the responders can be positioned in cover, further away from the door or window, the accompanying effects of the explosion can cause temporary sensory overload for the opposition, and the entry itself is practically instantaneous, leaving no time for lengthy preparations on the inside. The disadvantage, however, is that it cannot be used in all situations due to the environment-specific risks of primary, secondary, and tertiary effects.

Based on observations by experienced law enforcement and military units operating in many parts of the world, it can be concluded that the success of this method depends on professional preparation, precise knowledge of the environment and the structural characteristics of the target, and documented post-analysis.

Environmental factors cannot be ignored either. In indoor environments, special attention must be paid to the health risks of overpressure and combustion products, while in outdoor operations, the fragmentation effect and dispersion radius become decisive factors.

BASIC MATERIALS AND SELECTION CRITERIA

There is a wide range of materials suitable for 3D printing, but the specific requirements of the law enforcement environment narrow down the actual candidates. Strength characteristics, UV and heat resistance, behaviour towards chemicals, dimensional accuracy,

and durability are all key factors. Without harmony between the printer used, the filament chosen, and the parameters of the target geometry, the reliability of the final product cannot be guaranteed.

In practice, FDM/FFF technology can be used as the primary process, and in my opinion, ABS and PETG are suitable as typical base materials. The former is wear-resistant and has good strength parameters, but is more sensitive to temperature during printing; the latter can provide excellent mechanical properties and moisture/chemical resistance.

The main selection criteria are:

- no harmful chemical interaction with the two-component explosive;
- sufficient structural rigidity and impact resistance;
- ability to withstand expected heat and UV exposure;
- low manufacturing defect rate, i.e., reproducible quality.

In addition to visual observation, instrumental measurement must play a key role in experimental testing. High-speed cameras, pressure gauges, and acceleration sensors can be used to obtain accurate data on the characteristics of shock waves and fragmentation effects, which is essential for the comparative evaluation of materials and geometric designs.

RESEARCH OBJECTIVE AND PROTOTYPE DEVELOPMENT

My development focuses on a modular explosive cartridge that can be produced using 3D printing, which would serve the operations and training tasks of law enforcement and special military units in the future. [11] The aim of the concept is to significantly reduce the assembly time when preparing to open high-security doors and windows, and to enable assembly without the need for special tools, while maintaining the same level of security.

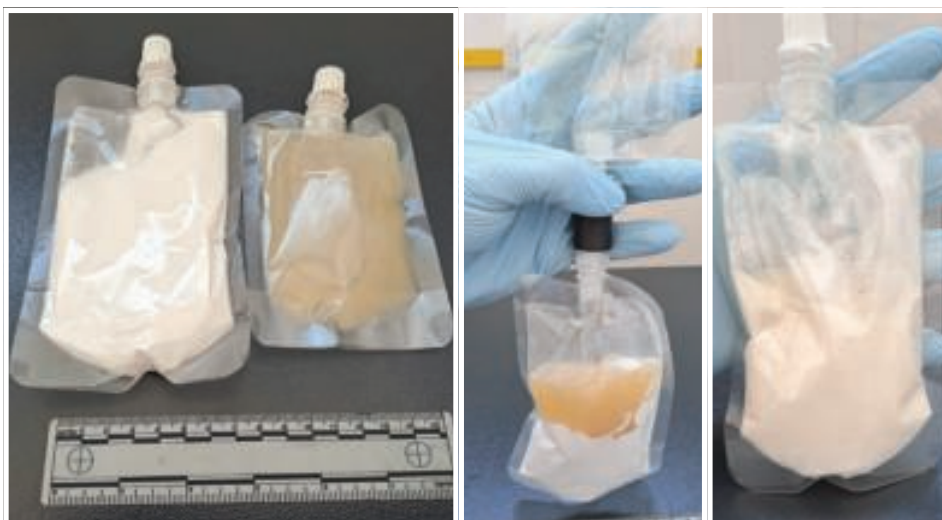


Image 1. Lóránd Kugyela (PhD)'s multicomponent explosive (TKR) (Image created by the inventor)

In international practice, charges are often assembled on site, which entails additional risks. The planned procedure is intended to mitigate some of these circumstances, in particular by reducing the risk factors associated with secondary fragmentation.

The approach is not based on criticizing previous procedures, but on exploiting new technical possibilities, especially where a lack of equipment or installation complexity would jeopardize the success of implementation. As I mentioned earlier, the long-term goal of my research is to develop a door-specific cassette following an on-site assessment, which can be produced without additional tools beyond personal protective equipment, thereby reducing installation time and risk. [12]

The explosive used in the prototype is an innovative solution that, after combining two components, results in a thixotropic mixture that solidifies in a short time. The essence of the concept is to simplify and shorten the assembly process compared to standard procedures, while increasing operator safety. [12]

OBJECTIVE

The central question of the research is whether it is possible to open metal-structured, high-security entrance doors in a controlled, targeted manner and with as little damage as possible by using a newly developed multi-component, thixotropic (TKR) explosive with a specially designed shape-loading made by additive manufacturing.

The experiments are based on a self-designed, 3D-printed explosive cartridge, the geometry of which is tailored to the characteristics of door structures and load distribution requirements.

The cassette will be examined together with the explosive created by Dr. Lóránd Kugyela. I will compile a structured database from the experimental data, in which I will provide a complete description and documentation with a view to future development.

This database will be described and analysed in detail in one of the chapters of my doctoral thesis. In addition, the planned database will not only function as a case study,

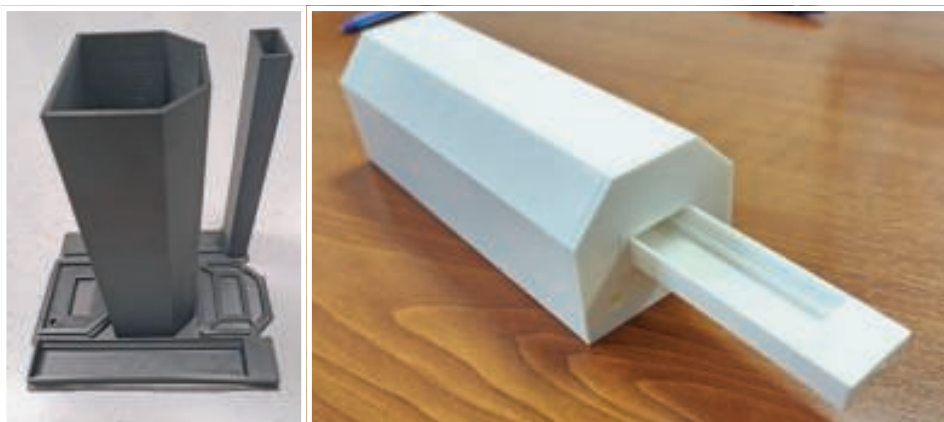


Image 2. The 3D-printed explosive cartridge (Created by the author)

but also as a basis for comparable, generalizable conclusions that will help to understand how task-specific fillings behave under different door types and installation environments. The results are expected to provide a basis for further optimization (geometry, material selection, energy absorption) and training methodology recommendations.

SUMMARY

3D printing has become widely accessible today due to its low operating costs and fast iteration cycle. Development time and costs for industrial manufacturers can be significantly reduced, and versatility and customizability are particularly valuable in law enforcement applications. The goal is for FDM-based solutions to play a greater role in specialized law enforcement tasks. Under the right conditions, this technology can make explosive opening of doors and windows more cost-effective and faster, which also provides more opportunities for safe practice of new procedures during training.

In addition to reducing time and risk, the approach presented points to 3D-printed solutions as a viable alternative in both law enforcement and military applications. The untapped potential encourages further research—both in terms of materials and construction—with the aim of simultaneously increasing operational reliability and operator safety.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Dénes, K., Daruka, N., Ember, I., Kovács, Z., Vég, R. (2024). *The SWOT analysis of 3D printing capability in the Hungarian Defence Forces*. *Hadtudományi Szemle*, 17(4), 85–95. <https://doi.org/10.32563/hsz.2024.4.5>
- [2] Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., Garrett, B. (2012). *Could 3D printing change the world? Technologies, potential, and implications of additive manufacturing*. Atlantic Council. https://doi.org/10.1163/9789004344556_cclc_2017-0072
- [3] Mraz, S. (2016). *3D printing in the military: Opportunities and challenges*. Machine Design. <https://www.machinedesign.com>
- [4] Crawford, R. H., Beaman, J. J. (2012). *Additive manufacturing in military applications*. *Journal of Defense Modeling and Simulation*, 9(3), 193–204. <https://doi.org/10.1177/1548512910390220>
- [5] Nemzeti Közszerológiai Egyetem. (2023). *Szintet léphet a felsőoktatás a 3D technológiák alkalmazásával – Ember István kutatási eredményei*. NKE Hírek. <https://www.uni-nke.hu>
- [6] Gausemeier, J., Echterhoff, N., Kokoschka, M., Wall, M. (2011). *Thinking ahead the future of additive manufacturing – Analysis of potentials, challenges and future fields of application*. Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5178.9607>
- [7] Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., Hui, D. (2018). *Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges*. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>
- [8] Daruka, N. (2022). *Advanced tools for the explosive materials identification*. In A. T. Kovács, Z. Nyikes – I. Fürstner (Eds.), *Security-Related Advanced Technologies in Critical Infrastructure Protection: Theoretical and Practical Approach* (pp. 455–469). Springer Netherlands.

- [9] Daruka, N., Dénes, K., Ember, I., Kovács, Z., Vég, R. (2024). *Az additív gyártás során alkalmazott szálerősített kompozitok katonai alkalmazásának lehetőségei*. Hadtudomány: A Magyar Hadtudományi Társaság Folyóirata, 34 (E-szám), 183–194. <https://doi.org/10.17047/Hadtud.2024.34.E.183>
- [10] Lukács, L. (2024). *Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban az 1800-as évek végétől napjainkig*. Budapest: Ludovika. (pp. 379–385). ISBN 978-963-531-695-3
- [11] Doctor, A. C. – Hunter, S. (2023). *The future of terrorist use of improvised explosive devices: Getting in front of an evolving threat*. Psychology Faculty Publications, 353. University of Nebraska at Omaha. <https://digitalcommons.unomaha.edu/psychfacpub/353>
- [12] Kugyela, L. (2024). *Ipári, valamint katasztrófa- és rendvédelmi felhasználású többkomponensű robbanóanyag keverékek hazai fejlesztése, és azok vizsgálati és tanúsítási módszereinek kidolgozása* (PhD értekezés). Biztonságtudományi Doktori Iskola, Óbudai Egyetem / Nemzetközi Egyetem. <https://bdi.uni-obuda.hu/wp-content/uploads/2024/05/Doktori-PhD-ertekezes-Kugyela-Lorand.pdf>

REQUIREMENTS FOR EXPLOSION PROTECTION FOR GUNPOWDER MANUFACTURING PLANTS¹

Miklós Leitner² – Barbara Elek (PhD)³ – Norbert Daruka (PhD)⁴

ABSTRACT

In Hungary, the operation of military plants is typically carried out in a civilian environment. Installation and licensing procedures and operational tasks in the case of industrial installations have become technologically oriented, thanks to the current national fire safety regulations. The relevant regulatory legal order provides for a different legal order for military installations, but since the operation and related future investments are carried out in the civil legal area, full compliance is subject to military, internal regulations and NATO standards, as well as civil standards, legislation and laws. In addition, the technical safety regulations of the Fire Protection, Occupational Safety and Health, Mining and Quarrying activities are also subject to enforcement. The plants analysed use gunpowder as a raw and auxiliary material with dust explosion prone properties in their production. The possibility of a potential explosion risk gives rise to a proposal to establish a documentation system for normal operations, which would make the legislative background outlined transparent.
Keywords: ATEX, IATG, ASTP, EX, MEBIR, Explosion protection, zoning, explosion risk assessment, gunpowder

ÖSSZEGZÉS

Magyarországon a hadipari üzemek üzemeltetése jellemzően a polgári környezetben valósul meg. A létesítési és engedélyezési eljárások és az üzemeltetési feladatok ipari célú létesítmények esetén, a jelenleg érvényben lévő országos tűzvédelmi szabályzatnak köszönhetően, technológia-központúvá váltak. A vonatkozó szabályzó jogrend a katonai célú létesítmények esetén eltérő jogrendet ír elő, de mivel az üzemeltetés, és ehhez kapcsolódóan a jövőbe mutató beruházások a polgári jogi körzetben zajlanak, a teljes megfelelés esetén egyszerre katonai, belső szabályzók, illetve NATO standardok, egyszerre civil szabványok, jogszabályok és törvények környezetébe tartozik. Mindemellett a Tűzvédelem, Munkavédelem, Bányászati tevékenység műszaki biztonsági szabályzóinak is érvényre jutási kényszere van. Az elemzés során vizsgált üzemek a lőpor mint porrobbanásra hajlamos tulajdonságokkal bíró alap- és segédanyagot alkalmaznak a gyártás során. Az esetleges robbanásvédelmi kockázat kialakulásának lehetősége ad okot a felvázolt jogszabályi háttér átláthatóságára tesz javaslatot normál üzemvitelt szolgáló dokumentációs rend kialakítására.
Kulcsszavak: ATEX, IATG, ASTP, EX, MEBIR, robbanás elleni védelem, zónába sorolás, robbanásvédelmi kockázat értékelés, lőpor

¹ Robbanásvédelemmel kapcsolatos követelmények a lőporgyártó üzemek számára

² Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, doctoral student at the Doctoral School of Security Sciences; e-mail: miklos.leitner@outlook.hu; ORCID: 0009-0006-2812-0970.

³ Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, associate professor; e-mail: elek.barbara@bgk.uni-obuda.hu; ORCID: 0000-0001-7515-6374.

⁴ Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Blasting Technology Engineer/Specialist Training, Head of Training; e-mail: daruka.norbert@bgk.uni-obuda.hu; ORCID: 0000-0002-7102-1787.

INTRODUCTION

The military industry and military efforts of the Hungarian state can be considered the result of the military industrial plants already operating in several places in the territory of the country or in the process of being established. The operation is carried out on the basis of a civilian legal order, not in the environment of military activity.

Investments in the defence industry fall within the competence of the Ministry of Defence. In the case of establishment activities, i.e. civilian investments, which are not within the framework of the Defence Forces, the Hungarian Defence Forces play a controlling and supervisory role. As the investment will be carried out in civilian territory, with the participation of civilian actors, the legal order related to the establishment will be carried out within the framework set by the Civil Fundamental Law, taking into account military requirements and directives.

According to the provision of the Ministry of Defence as the supervisory authority, the scope of the Fire Protection Act (Act XXXI of 1996 on Fire Protection, Technical Rescue and Fire Brigade) will be extended to the rules of procedure for military licensing and establishment, regardless of the fact that the provisions of the National Fire Protection Regulations (54/2014 (XII.5.) (hereinafter referred to as NFR), *“The scope of the decree does not extend to the use of explosives and pyrotechnic devices, as well as explosives and pyrotechnic materials used in the construction of buildings, as well as to the use of explosives and pyrotechnic devices in the construction of buildings”*. [1][2]

The primary purpose of the study is not to compare the military and civilian construction procedures, but to examine the question of how the properties of gunpowder as a raw material should be taken into account, which technical guidelines and standards should be enforced and what requirements should be taken into account during the establishment according to them.

When the Ministry of Defence establishes a system of civil construction conditions, in the case of 2024, the legal order governing the establishment will be subject to the following basic legislative, standard and other technical regulations in terms of protection against fire and explosion:

Legislation:

- Act XXXI of 1996 on Fire Protection, Technical Rescue and Fire Brigade.
- Act XCIII of 1993 on Occupational Safety and Health.

Requirements:

- 54/2014 (XII.5.) Decree of the Ministry of the Interior on the National Fire Protection Regulations.
- 3/2003. (III. 11.) FMM–ESzCsM regulation of the Minimum Occupational Safety and Health Requirements for Workplaces in Potentially Explosive Atmospheres.
- 27/2022. (I. 31.) SZTFH Decree on the General Explosion Safety Regulations.
- 173/2011 (VIII.24.) Decree on Pyrotechnic Activities for Civil Purposes.
- 40/2017. (XII.4.) Decree of the Ministry of National Economy on Connecting and User Equipment, as well as on Electrical Equipment and Protection Systems Operating in Potentially Explosive Atmospheres.

Relevant standards:

- MSZ EN 60079-10-2:2015 Explosive atmospheres. Part 10-2: Classification of Regions. Explosive Dust Substances (IEC 60079-10-2:2015).
- MSZ EN ISO 80079-36:2016 Explosive atmospheres. Part 36: Non-electrical equipment used in explosive atmospheres. Basic method and requirements (ISO 80079-36:2016).
- MSZ EN ISO 80079-37:2016 Explosive atmospheres. Part 37: Non-electrical equipment used in explosive atmospheres. Non-electrical structural safety protection “c”, protection with ignition source verification “b”, protection under liquid “k” (ISO 80079-37:2016).
- MSZ EN 1127-1:2019 Explosive atmospheres. Explosion prevention and explosion protection. Part 1: Principles and methodology.

Other relevant technical requirements:

- Explosion protection – Technical Fire Protection Guide 13.5:01.02.2025.⁵
- NATO STANDARD AASTP-1 NATO guidelines for the storage of military ammunition and explosives edition C, version 1 March 2023.⁶
- INTERNATIONAL AMMUNITION TECHNICAL GUIDELINES IATG 01.10 Third edition March 2021 Guide to the International Ammunition Technical Guidelines (IATG).⁷

PHYSICAL CHEMICAL PROPERTIES OF GUNPOWDER

Gunpowder are explosives with a thrusting effect, which are characterized by stable and rapid combustion, and the intensity of the oxidation process does not reach the speed of the detonation reaction, the speed of the combustion reaction is close to 400 m/s. [3]

Classification of gunpowder according to composition

- The composition of black gunpowder and blasting powder consists of a suitable mixture of potassium nitrate (KNO₃), sulphur (S) and charcoal (dogbenge).⁸
- The main constituent of solvent gunpowders (NC gunpowders), single-component gunpowders, and infantry gunpowders⁹ is pyroxylin, or better known as cellulose nitrate. They also contain stabilisers (e.g. diphenylamine), phlegmatizing and softening agents (e.g. dibutyl phthalate, centralite, DNT), flame retardants (e.g. potassium oxalate) and sliding and anti-recharging agents (e.g. graphite).
- Solvent-free gunpowders (NG gunpowders) are also commonly referred to as multicomponent gunpowder and ballistic gunpowder, but in older publications they are also referred to as artillery gunpowder. One of the energy-giving substances of the mentioned

⁵ See more information: <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2024-12/84966.pdf>.

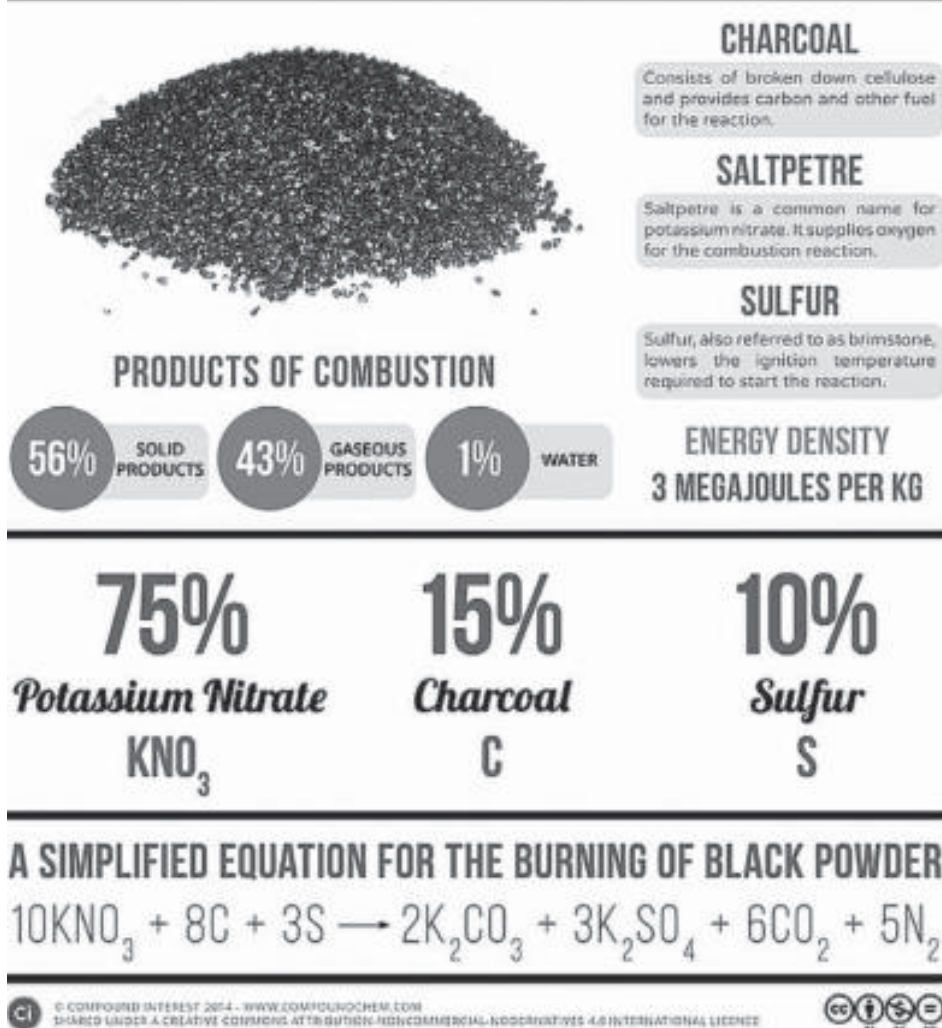
⁶ See more information: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards/ap-details/2015/EN>.

⁷ See more information: <https://unsafeguard.org/un-safeguard/guide-lines>.

⁸ There are three known variants, with the following mixing ratios: 75/10/15 (%); 70/14/16 (%), 65/15/20 (%).

⁹ It is mainly used as a propellant for cartridges for small arms, heavy weapons and hunting weapons.

THE CHEMISTRY OF GUNPOWDER



1. figure. The chemical composition of stone powder*

* Source: <https://www.kaliberinfo.hu/nap-kepe/egy-kis-vegyeszeti-feketelopor/>

gunpowder is nitrocellulose, the other energy-providing and gelatinizing substance, which remains in the gunpowder after production, is nitroglycerol and dinitro-toluene. This gunpowder also contains stabilizers (such as centralite, acardite, magnesium oxide), phlegmatizing agents (such as dibutyl phthalates), lubricants (such as gelatin, stearin) and flame reducers.¹⁰ [5]

The classic composition of black gunpowder

- 75% Nitrate (KNO_3) – Flame Aid.
- 15% Charcoal (C) – combustible material.
- 10% Sulfur (S) – Fuel for Speed of Combustion. [6]

To determine and interpret its material properties, the MSZ EN ISO/IEC 80079-20-2:2016 and MSZ EN ISO/IEC 80079-20-1:2020, as well as the safety data sheet of hazardous substances, in which the combustion and ignition characteristics and explosive properties of the materials can be found.

Material characteristics that stand out in terms of explosion protection are the following:

[Definitions C.1 under Annex C to the CoR TvMI]:

- **conductive dust:** combustible powder with an electrical resistance of up to 1000 Ωm , e.g. aluminium, titanium, zirconium.
- **non-conductive dust:** combustible dust with an electrical resistance greater than 1000 Ωm , e.g.: organic powders, sugar, cocoa powder, flour, wood dust.
- **dust layer ignition temperature:** the lowest temperature of a hot surface at which ignition occurs of a powder layer of a specified thickness on a hot surface.
- **dust cloud ignition temperature:** the lowest temperature of the hot inner wall of the blasting chamber at which ignition of the dust cloud in the air inside occurs.

In this case, we apply the general data used in industrial practice:

- **Conductivity:** Technological gunpowder is classified into Group IIIB based on industrial practice. Non-conductive dust, with a specific electrical resistance greater than 1000 Ωm .
- **Dust layer ignition temperature:** 150 °C (own conclusion).

The maximum permissible surface temperature of the equipment shall be determined on the basis of the ignition (MIT – Minimum Ignition Temperature) and incandescent (LIT) temperatures in accordance with the MSZ EN 60079-10-2:2015 and MSZ EN ISO/IEC 80079-20-2:2016 standards.

The surface temperature of the equipment may not exceed 2/3 of the ignition temperature of the explosive dust present: $T_{1\text{standard}} = \frac{2}{3} T_{\text{inflamm}} = 100\text{ °C}$

The surface temperature of the equipment may not exceed the value of the glowing temperature of the explosive dust present reduced by 75 °K: $T_{2\text{standard}} = T_{\text{glow}} - 75\text{ °K}$.¹¹

¹⁰ The moisture content of solvent-free gunpowders is less sensitive to humidity in the air than that of solvent gunpowders, so they can be stored for longer periods of time without loss of quality.

¹¹ Representative data are not reported.

Section 99 (3) of the NFR The maximum permissible surface temperature of equipment that may be installed in explosive zones is a *maximum of 100 °C*.

In this case, it is important to note that Decree 27/2022. (I. 31.) (3) The surface temperature of lighting fixtures, electrical equipment and their coverings shall not exceed 120 °C, unless otherwise specified. [8]

In case industrial data are not available, it is recommended to apply the parameter of the SZTFH decree.

From the point of view of explosion protection, the properties of gunpowder (as a raw material) have been defined, and in the future, what is a dusty medium prone to dust explosions.

ESTABLISHMENT AND LICENSING

In the case of the construction and licensing procedure, the requirements of the Fire and Explosion Protection Act primarily apply. Accordingly, the primary system of conditions for protection against explosion is the NFR Chapter XI Explosion Protection from Section 99 (1) to (6). The Explosion Protection Technical Fire Protection Guide (hereinafter: Ex FPTG) states the following about the design process:

- *“The requirements set out in Section 99 (1) of the NFR are fulfilled if the degree of explosion hazard is determined and, depending on this, documentation is compiled from which the safe operation of the planned technology in the planned environment can be verified.”¹²*
- *“The degree of explosion hazard may be a) negligible, b) hazardous.”¹³*
- *“If the risk of explosion is negligible, it is not necessary to prepare an explosion protection plan chapter.”¹⁴*
- *(Explosion protection plan chapter: technical documentation part containing explosion protection solutions.)¹⁵*

According to the Fire Protection Act: Section 3/A (3) The level of safety specified in the National Fire Protection Regulations shall be achievable

- a) national standard for fire protection.
- b) *by applying the technical solutions and calculation methods developed in the fire protection technical guidelines, or*
- c) with a solution that differs partially or completely from the technical guidelines for fire protection or the national standard, if the same level of safety is certified by the designer.

Based on the methodology of explosion protection, three main strategies can be applied (based on Ex FPTG 3.2.1 – 3.2.3):¹⁶

¹² Source: Explosion protection – Technical Fire Protection Guide – 5.1.1.

¹³ Source: Explosion protection – Technical Fire Protection Guide – 5.1.1.1.

¹⁴ Source: Explosion protection – Technical Fire Protection Guide – 5.1.1.3.

¹⁵ Source: Explosion protection – Technical Fire Protection Guide – 2.2.15.

¹⁶ Source: Explosion protection – Technical Fire Protection Guide – 3.2.1 – 3.2.3.

- Primary: the replacement or exclusion of the explosive material(s) and the limitation of the amount of medium that feeds the combustion.
- Secondary: in the case of the formation of an explosive medium, the exclusion of ignition sources from the explosive space that are possible from the point of view of the medium.
- Tertiary: the effects of the expected explosion must be kept within a controlled framework and, if necessary, reduced. [9]

Activities that can be broadly defined in the case of Military Technologies:

- Gunpowder and explosives research and development
- Gunpowder and explosives manufacturing What finished semi-finished product
- the use and incorporation of gunpowder or explosive material in ammunition, projectiles and other tactical equipment.

Taking into account the physical properties of the material, based on the methodology of explosion protection, intensive technological dust formation is not allowed in any production process. Therefore, the design goal is to limit the amount of medium that feeds combustion. From a technological point of view, this means that either a closed system technology is needed, or technical conditions in which the amount of the substance is controlled in the case of particulate matter, and treated in the case of a deposited dust layer. The creation of narrow enclosed spaces suitable for handling dusty media is a possible design aspect, where the system does not allow a dangerous escalation of the dust explosion in the event of a possible ignition of the raw material.

In the vicinity of the technology, explosive hazardous media must not appear to a dangerous extent, it must not constitute an explosive atmosphere,¹⁷ or a potentially explosive atmosphere.¹⁸

Accordingly, and in the event that this is supported by the fact supported by the documents relating to the technology (CE certificate of conformity, Owner's Manual, Operating Maintenance Instruction and other technology-specific test reports (e.g. IQ/OQ/PQ protocol procedure) from the point of view of explosion protection According to the design process, the degree of explosion hazard may be negligible, which can be determined and documented during the construction process within the framework of the explosion protection risk assessment.

The established system of requirements:

Section 99 (2) of the NFR *"In order to establish protection against explosion, the classification of potentially explosive areas into explosion protection zones shall be carried out."*[10]

The significance of this lies in the following:

Section 99 (6) of the NFR *"Only electrical and non-electrical equipment may be used in explosive atmospheres that have an explosion-proof protection mode appropriate to the explosive zone."*[10]

¹⁷ Source: 3/2003. (III. 11.) FMM–ESzCsM decree Section 1 (2) a)

¹⁸ Source: 3/2003. (III. 11.) FMM–ESzCsM decree Section 1 (2) b)

Protection against explosions, within the scope of legal interpretation, is a requirement to use explosion-proof devices, unlike in some individual cases, explosion danger zones are tied to hazardous zones. Therefore, in the event that no explosion danger zone has been identified, explosion-proof devices are used only according to the manufacturer's requirements, as technological protection, the manufacturer's condition system will be determined.

BLAST SAFETY TECHNICAL APPROACH

In the course of the operation of military industrial plants, 27/2022. (I. 31.) SZTFH Decree on the General Explosion Safety Regulations (hereinafter: SZTFH Decree). The evaluation of the production areas of the plants is the classification into the hazard level of Chapter 6 of the Decree (Section 9). The manufacturer's premises and open spaces containing explosives shall be classified into the hazard levels specified in paragraphs (2)-(5) for the purpose of establishing the requirements for construction, building engineering and electrical equipment. In rooms and outdoor spaces where the presence of gas, vapour or dust of flammability class A or B must be taken into account, zone boundaries must also be defined.

In the case of potentially explosive spaces, MSZ EN 60079-10-2:2015 does not interpret the concept of negligible zone in contrast to the considerations of the MSZ EN 60079-10-1:2021 standard [12].¹⁹ The Italian Guida CEI 31-56 fog indicator determines the negligible

1. Table. Comparison Table: Degrees of Hazard – Explosion Danger Zones (edited by the author)

27/2022. (I. 31.) SZTFH Decree on the General Explosion Safety Policy			3/2003. (III. 11.) FMM–ESzCsM on minimum safety requirements for workplaces in potentially explosive atmospheres	
layer of hazard*	"RV-1"	RV-1 layer includes a room or outdoor space containing explosives, in the air space of which the vapour, dust, condensate of explosives, and gases, vapours or dusts of the highly flammable or explosive class a) by its dangerous, permanent or periodic presence, deposition or b) it is not dangerous in operation, but in the event of a malfunction or foreseeable failure, it is to be expected to occur to a dangerous extent or in a dangerous manner.	Zone 0	A workspace in which an explosive airspace consisting of a mixture of combustible gases, vapours or mists (aerosols) with air is present continuously, for long periods of time or frequently.
			Zone 20	A workspace in which an explosive air space consisting of a mixture of suspended combustible dust and air is present continuously, for long periods of time or frequently.
			Zone 1	A work area where, under normal operating conditions, an explosive air space consisting of a mixture of combustible gases, vapours or mists (aerosols) with air may occur.
	"RV-2"	RV-2" layer includes a room or outdoor space containing explosives, in the air space of which a dangerous, permanent or periodic presence or deposition of explosive vapour, dust or condensate is to be expected, but no material belonging to the highly flammable or explosive class occurs even in the event of a malfunction or foreseeable failure.	Zone 21	A work area where an explosive air space consisting of a mixture of flammable combustible dusts suspended with air may occur under normal operating conditions.

¹⁹ Chapter: 3.3.8; Chapter: 4.4.2.

27/2022. (I. 31.) SZTFH Decree on the General Explosion Safety Policy			3/2003. (III. 11.) FMM–ESzCsM on minimum safety requirements for workplaces in potentially explosive atmospheres	
layer of hazard	"RV-3"	RV-3" layer includes a room or outdoor space containing explosives, into the air space of which the vapour, dust, condensate and gas, vapour or dust of the explosive class of the highly flammable or explosive class may only be released for a short time in the event of a malfunction or foreseeable failure, and may only occur to a dangerous extent in the immediate vicinity of the fault site.	Zone 2	A work area where, under normal operating conditions, an explosive air space consisting of a mixture of combustible gases, vapours or mists (aerosols) with air is present infrequently and for short periods of time.
			Zone 22	A work area where an explosive air space consisting of a mixture of flammable combustible dusts suspended with air under normal operating conditions is present rarely and only for a short period of time.
	"RV-4"	RV-4" layer includes a room or outdoor space containing explosives, in the airspace of which the explosive, material belonging to the highly flammable or explosive class is present in a harmless manner at most, even in the event of a malfunction or foreseeable failure.	Construction permit can be interpreted during the procedure: Negligible explosion hazard according to Ex FPTG.	

*Source: 27/2022. (I. 31.) SZTFH decree section 2. § 72.- „RV" layer classification: the designation used for the hazard classification of premises, open spaces, structures and facilities used for the production and storage of explosives ("RV-1" layer–"RV-4"layer)

2. Table. Table GC.4.2-A – Effect of combustible dust absorption systems on zone types
(translated by the author)

Emission 2)	Effectiveness of Ventilation						
	Grade						
	High Dilution			Medium Dilution			Low Dilution
	Availability of ventilation						
	Good	Fair	Poor	Good	Fair	Poor	Good, Fair, Poor
CONTINUOUS	(NE zone 20) Non-hazards zone ¹	(NE zone 20) 22 zones ^{1,3}	(NE zone 20) 21 zones ^{1,4}	20 zones	20 zones + 21 zones ³	20 zones + Zone 21 ⁴	Ignored
PRIME	(NE zone 21) Non-hazards zone ¹	(NE zone 21) 22 zones ^{1,3}	(NE zone 21) 22 zones ^{1,4}	21 zones	21 zones + 22 zones ³	21 zones + 22 zones ⁴	Ignored
SECONDARY	(Zone 22 NE) Non-hazards zone ¹	(Zone 22 NE) Non-hazards zone ^{1,3}	22 zones ⁴	22 zones	22 zones ³	22 zones ⁴	Ignored

¹ NE zone 20, NE zone 21 or NE zone 22 indicates a theoretical zone where presence is negligible under normal conditions.

² The level of emissions shall be considered as if they were to be discharged from the safety system in the absence of exhaustion.

³ Dust layers with a thickness of less than 5 mm are usually expected.

⁴ In general, dust layers thicker than 5 mm are expected, which should be assessed on a case-by-case basis

3. Table. The relationship between the level of emitting sources and the temporal presence of the combustible mixture (translated by the author)

Grade of Release	Flammable Mixture Present
Continuous	1000 or more hours/year
Primary	10 hours/year to 1000 hours/year
Secondary	less than 10 hours/year

zone interpretation in the case of dusty media, as part of the exhaust conformity assessment.

The findings in the table are based on the concept of dusts forming an explosive atmosphere only at concentrations within the explosion zone [11].²⁰ From a practical point of view, it is supplemented by a theoretical concentration limit of 10 g/m³. This value spread in industry at the level of a rule of thumb.

In Chapter 6.5.8.2 of the internationally recognized Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Zone 0, Zone 1, and Zone 2 API RECOMMENDED PRACTICE 505 THIRD EDITION, JANUARY 2025, the duration of zoning and the duration of emissions can be characterized by the following correlations:

4. Table. Requirements for hazard classes (edited by the author)

Requirements	Explosion Protection Analogy
Only low- and miniature-voltage electrical equipment may be installed in the "RV" layer classified building.	MSZ EN 60079-11:2012 standard (Explosive atmospheres. Part 11: Manufactures of intrinsically safe protection "i")
The suitability of electrical equipment installed in an "RV" layer classified room or outdoors must be verified during the pre-commissioning inspection.	The first, periodic inspection of electrical and non-electrical products and equipment intended for use in potentially explosive spaces/zones is carried out in accordance with Government Decree 3/2003 (III.11.) FMM–ESzCsM and the Decree No. 54/2014 (XII.5.) NFR and the relevant industry standards. Fire safety inspection of low-voltage high-current electrical equipment in accordance with Government Decree 54/2014 (XII.5.) NFR. From the point of view of protection against electric shock – Shock protection and standardization reviews 10/2016 (IV.5.) NGM. Electrical Safety Review Decree No. 40/2017 (XII.4.) NMG Cable insulation and RLC measurement in accordance with relevant standards.
In the event of a change in the production technology, the electrical equipment must be reviewed for the hazard it may pose, even if the technological equipment remains unchanged.	
Shock protection must be applied to the electrical equipment of a "RV" layer classified building, and a shock protection inspection must be carried out every two years.	
The electrical equipment of the room classified "RV-1" layer must be inspected annually, the electrical equipment of the room classified "RV-2" layer and "RV-3" layer every 2 years, and the electrical equipment of the room classified "RV-4" layer every 4 years.	
An "RV" layer classified system shall be established within the plant to bring a direct potential (EPH) and all technological, building engineering equipment and building structures made of electrically conductive materials that are not normally energized shall be involved in this	

²⁰ Chapter 4.1

Requirements	Explosion Protection Analogy
All construction structures must be equipped with lightning protection. The building must be inspected for lightning protection.	Inspection of the requirements for the establishment and use of lightning protection devices in accordance with Decree No. 54/2014 (XII.5.) NFR
In a room classified as "RV-1" layer, an electrical product must be used that belongs to zones 0, 1 or 2 depending on the technology and has been certified as conformity.	Decree No. 35/2016. (IX.27.) NMG
In the room classified as "RV-2" layer and "RV-3" layer, an electrical product must be used that belongs to zones 20, 21 or 22 depending on the technology used there and has been certified as conformity.	
In a "RV" layer classified building, the builder may place or install refrigeration, air conditioning and other electrical equipment and products, the temperature of which does not exceed 70 °C in any part that can come into contact with explosives, even in the case of continuous operation with a permissible load.	
When placing electrical products, unhindered heat dissipation must be ensured. The maximum operating temperature of the surface of any part of the equipment in contact with gas or vapour of the highly flammable or explosive class shall not reach 80% of the ignition temperature of the gas or vapour in °C. The surface temperature of lighting fixtures, electrical equipment and their enclosures shall not exceed 120 °C, unless otherwise specified.	
The load capacity of the electric motor shall be determined in such a way that the surface temperature in contact with the ambient air does not exceed the permissible limit temperature of 70 °C at any point when operated with the permissible load for a long time.	
In rooms and outdoors with an "RV" layer classification, unless a stricter requirement is prescribed, an electrical product with a protection level of at least IP 40 in the case of stationary installation and at least IP 43 in the case of portable equipment shall be used.	Ex FPTG 7.1 Passive Storage
Where dust is to be expected, electrical equipment, appliances and fittings must be placed protected from dust deposits and their cleanability must be ensured.	Cleaning plan Ex FPTG C.13. or rather MSZ EN 60079-10-2:2015 Annex B

The document can only be used for vapours, gases, fogs. It is not extended to dusty media. But industrial practice prefers to use it by analogy with emitting sources.

Regardless of the logical system of zoning, the legal environment imposes requirements on facilities.

Requirements are determined by the hazard levels of Chapter 18 of the SZTFH Decree on the Construction of Electrical Equipment:

Government Decree No. 173/2011 (VIII.24.) on pyrotechnic activities for civil purposes does not cover the protection against explosion from the point of view of ATEX in its technical content.

AN OUTLOOK ON THE TECHNICAL CONTENT OF INTERNATIONAL MILITARY INDUSTRY GUIDES

AASTP-1's logical focal point is not based on zoning and its consequence derived from its results.

The standard, regardless of the zoning, for the possible ignition sources, (MSZ) EN 1127-1:2019 – Explosive atmospheres. Explosion prevention and protection – Basic concepts and methodology. Part 1: Defines requirements based on principles and methodology for 13 standard ignition sources, equipment.

- Lightning protection (Chapters 2.2.4 to 2.2.5).
- Regarding the protection of electrical devices, Chapter A (2.2.6)

These parts handle the technical content of the ATEX Directive.

Although it emphasizes the importance of defining hazardous zones in point 2.2.6.6, the significance of this is no more than the constant or periodic presence of the concentration of hazardous substances in the given space.

IATG standard also adapts the ATEX directive primarily to the application of the level of protection of electrical equipment. In Chapters 4.4 and 4.5, 3 main categories are defined:

Category A

Category A and related electrical standards Category A areas are facilities containing explosives in which explosives, gases and vapours may be present.

Category B

Category B areas are areas where the processing and handling of explosives during storage creates a risk of explosion. Areas classified as category B may not include an entire room or building.

5. Table. Category A electrical zones based on IATG Table 1: Category A electrical zones

Category A	Definition
Zone 0	An area where an explosive gas/vapor atmosphere is continuously present or present for a long time.
Zone 1	An area where a flammable atmosphere may occur during normal operation.
Zone 2	An area where a flammable atmosphere is unlikely to occur during normal operation, but if it does, it will only exist for a short time.

6. Table Category B electrical zones based on IATG Table 2: Category B electrical zones

Category B	Definition	Dust protection EN 60528
Zone 20	An area where an explosive atmosphere is present continuously or for a long period of time in the form of a combustible dust cloud in the air, or is frequently present or is present for a long time.	IP6X
Zone 21	An area where an explosive atmosphere in the form of a combustible dust cloud may occasionally occur during normal operation.	IP6X
Zone 22	An area where it is unlikely that an explosive atmosphere will form in the form of a flammable dust cloud in the air during normal operation, but if it does occur, it will only exist for a short time.	IP5X

Category C

Category C is a standard for all explosives buildings in which explosives do not form flammable vapours or explosive dust at normal storage temperatures.

In the case of both IATG and ASTP, it can be observed that the application of explosion-proof devices is determined and managed at the category level of the device, not according to the zone classification. The basis of the protection is the protection of the equipment against ignition sources, which is processed in this environment in the environment of electrical safety.

In contrast to the order of the NFR and Ex FPTG procedures, the requirements of the protection solutions are not limited to the potentially explosive area. In the event that the investor does not require it or the authority does not provide for the application of the IATG or ASTP, the detailed requirements are not part of the establishment.

OPERATION

In the case of plants with workplaces in potentially explosive atmospheres, the basic conditions for the risk of explosion are laid down in Decree No 3/2003. (III. 11.) FMM–ESzCsM (Similarly to the NFR, the scope of this decree *does not extend to the* manufacture, handling, use, storage and transport of explosive and unstable chemicals.

Decree No. 27/2022. (I. 31.) SZTFH Section 51 (2) *The conditions of the proper use and maintenance of the building, as well as the technological, electrical and building engineering equipment, the persons authorised to do so, as well as the tasks and measures related to the extraordinary event shall be recorded in the operational documentation and instructions.*

The decree does not contain any further substantive and formal requirements, only operator obligations.

7. Table. Decree No. 27/2022. (I. 31.) SZTFH – (edited by the author)

Task	Affected area
Technical condition	Fire and explosion protection,
Keeping clean and preserving	Touch protection,
Functional Trial	Electrostatic protection
Audit or review	Regular installation,
Pre-deployment and periodic security review	Proper operation,
Periodic security review	Proper use, and
Order of reviews	Accident protection
Disposal	Construction classified as „RV” layer

SUMMARY

In the case of civilian military industry investments to be established in Hungary, the ATEX explosion protection requirement system is only enforced as a design requirement if the technology (gunpowder production) has a significant emitted source,²¹ which is a

²¹ Source: MSZ EN IEC 60079-10-1:2021 3.4.1.

potentially explosive environment²² based on the relevant legal environment around him. Based on the typical technological designs and industrial practice, the formation of dust clouds is not allowed, so in essence, the explosion protection design from the ATEX point of view²³ is implemented at the primary logical level of protection.

Taking into account the relevant Hungarian legislation and military industry standards, it is obvious that the protection requirements of the facility and technology are not determined on the basis of zoning. Further technical protection measures are defined for the protection of devices, including electrical devices and ignition sources. These requirements are excluded from the scope of construction and licensing based on the technical requirements of the NFR and the Ex FPTG.

In industrial practice, explosion-proof devices are often used regardless of the results of zoning. There is no uniform technical safety or documentation procedure defined for the operating environment. There is a technical task and a general documentation obligation.

The legislation contains parallel regulations, which from the point of view of the operating organization mean a system of tasks that is difficult to understand, with several different regulatory compliances in parallel.

PROPOSAL

ISO 9001 and MSZ ISO 45001 Integrated Management System Integrated Protection Documentation, which is technically based on the provisions of Decree 3/2003 (III.11.) FMM-ESzCsM (Regulation (EC) No. 1999/92), where the structure of the document is based on the MSZ ISO 45001 Occupational health and safety management systems aspect.

Since it is not limited by a legal obligation at the structural level, it is able to integrate and record parallel regulatory requirements in an orderly form. With regard to tasks and responsibilities, the student is able to apply current technical results and legal formulations, demonstrating equivalence with previous technical contents.

The basic philosophy of explosion protection documentation is to maintain an up-to-date state [14], which can be achieved by the regulated system of the PDCA cycle [14] task, thus fulfilling the diverse regulatory and standard obligation environment and achieving the basic objectives of the OH&S.

PDCA cycle:

GOAL: to define, regulate and maintain our minimum occupational safety requirements for workplaces in potentially explosive atmospheres.

²² Source: 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM § 1(2)(b).

²³ Source: Explosion protection – Technical Fire Protection Guide – 3.2.1.

1) Plan:

determine and assess OH&S risks, OH&S opportunities and other risks and other opportunities, establish OH&S objectives and processes necessary to deliver results in accordance with the organization's OH&S policy [15];

- Management of the database (properties) of hazardous substances used.
- Explosion protection risk assessment:
 - Hazardous area classification (Zoning);
 - Incendiary Source Analysis;
 - „RV” layer classification.
- New establishment.

2) Do:

implement the processes as planned [15];

- Managing and limiting the formation of explosive airspace with technical and organizational measures;
- Keeping clean and preserving;
- Commissioning;
- Disposal;
- Explosion-proof equipment life time tracking;
- Education.

3) Check:

monitor and measure activities and processes with regard to the OH&S policy and OH&S objectives, and report the results [15];

- Functional Trial;
- Audit or review;
- Pre-deployment and periodic security review;
- Periodic security review;
- Evaluation of regulatory compliances.

4) Act:

take actions to continually improve the OH&S performance to achieve the intended outcomes [15].

- Evaluation and elimination of identified non-compliances;
- Reverse review of terminated non-conformities;
- Change technology;
- Process modification.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Act XXXI of 1996 on Fire Protection, Technical Rescue and Fire Brigade. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99600031.tv>
- [2] 54/2014. (XII. 5.) National Fire Protection Regulations. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400054.bm>

- [3] Winnacker, K. – Küchler, L. (1963): *Chemical Technology*. Vol. 1–2. Budapest: Technical Publishing House.
- [4] Benedek, D. – Horváth, L. – Kánnár, T. – Skublics, G. – Szabó, Á. P. (1987): *Handbook of Blast Masters I*. National Hungarian Mining and Metallurgical Association, Budapest.
- [5] Daruka, N. (2016): Possibilities of classifying explosive materials and products in the industry. *Technical Military Gazette*, XXVI(1), 26–44. ISSN 2063-4986. Online: http://www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2016_1sz/MKK2016_1sz_ossz.pdf
- [6] Lukács, L. (2008): A explosives formation – a short history. *Technical Military Bulletin*, 2008/1–4.
- [7] Concepts C.1 based on Annex C of the Technical Directive on Fire Safety. Online: <https://www.katasztrofavedelem.hu/213/tuzvedelmi-muszaki-iranyelvek>
- [8] (I. 31.) SZTFH rendelet az általános robbanásbiztonsági szabályokról. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2200027.stf>
- [9] Daruka, N. – Szalkai, L. (2023): Risks related to the handling of explosives with regard to occupational. In: Ing. M. Beňovský (szerk.) *Trhacia Technika 2023, 32th International Conference Blasting Technique 2023*. Slovenská spoločnosť pre trhacie a vŕtacie práce, Kongresové centrum ACADEMIA Stará Lesná, Banská Bystrica, pp. 102–111.
- [10] 28/2011. (IX. 6.) National Fire Protection Regulations (NFR). Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1100028.BM&txtreferer=A0900156.KOR>
- [11] MSZ EN 60079-10-2:2015. *Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas – Explosive dust atmospheres* (IEC 60079-10-2:2015). Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [12] MSZ EN IEC 60079-10-1:2021. *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres* (IEC 60079-10-1:2020). Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- [13] API Recommended Practice 505 (3rd ed., January 2025): *Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Zone 0, Zone 1, and Zone 2*.
- [14] Directive 1999/92/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 1999 on minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres.
- [15] MSZ ISO 45001:2018. *Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use*. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.

ZÁRSZÓ

A Magyar Robbantástechnikai Egyesület nevében szeretném megköszönni mindazon szerzők munkáját, akik tanulmányaikkal hozzájárultak jelen kötet létrejöttéhez. Írásaik nem csupán a robbantástechnika múltját, jelenét és jövőbeni lehetőségeit mutatják be, hanem rávilágítanak arra is, hogy e szakterület szorosan összekapcsolódik a környezetvédelemmel, a közbiztonsággal, a honvédelemmel és a műszaki innovációval. A közreadott kutatások és elemzések jól érzékeltetik, hogy a robbanóanyagok és pirotechnikai eszközök alkalmazása továbbra is sokrétű kihívást jelent – legyen szó a környezeti hatások mérsékléséről, a katasztrófavédelmi felhasználásról, az ipari bontások hatékonyságáról vagy éppen a terrorizmus elleni védekezésről.

Külön szeretném megköszönni az MH Transzformációs Parancsnokságnak a rendezvény magas színvonalú megszervezését és támogatását. A konferencia nemcsak a tudományos és szakmai diskurzusnak adott méltó keretet, hanem lehetőséget biztosított arra is, hogy együtt emlékezzünk meg a Magyar Honvédség tűzszerész képességének 80. évfordulójáról. Ez az évforduló mérföldkő a honvédelmi szakterületen: egyszerre tisztelgés azon generációk munkája előtt, akik a II. világháború óta építették és fejlesztették e képességet, valamint iránymutatás a jövő számára, hogy a folyamatosan változó biztonsági környezetben is megőrizzük és erősítsük e létfontosságú katonai feladatot.

Bízom benne, hogy a bemutatott tanulmányok nemcsak új ismeretekkel gazdagítják az olvasót, hanem hozzájárulnak a szakmai párbeszéd elmélyítéséhez és a jövőbeli együttműködésekhez is. A Magyar Robbantástechnikai Egyesület elkötelezett amellett, hogy a robbantástechnika fejlődése a biztonság, a fenntarthatóság és a nemzeti védelem szolgálatába álljon.

Kívánok minden kollégának további eredményes kutatómunkát, sikeres szakmai együttműködést és biztonságos gyakorlati tevékenységet!

Jó szerencsét!

Szentendre, 2025. november 06.

Véghelyi Tibor
Magyar Robbantástechnikai Egyesület
elnök





„ROBBANTANI MINDENKI TUD,
AKI ÉRT HOZZÁ, AZ TÖBBSZÖR IS!”

Forrás: www.detonet.hu

