

Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában

Hallgatói kötet

Szerkesztette

Gócze István – Padányi József

magyar haditechnika

lövészkatona

telemedicina

veszélyhelyzet

robbanótestek

tűzszerész

konténer

ellátási lánc

védelmi ipar

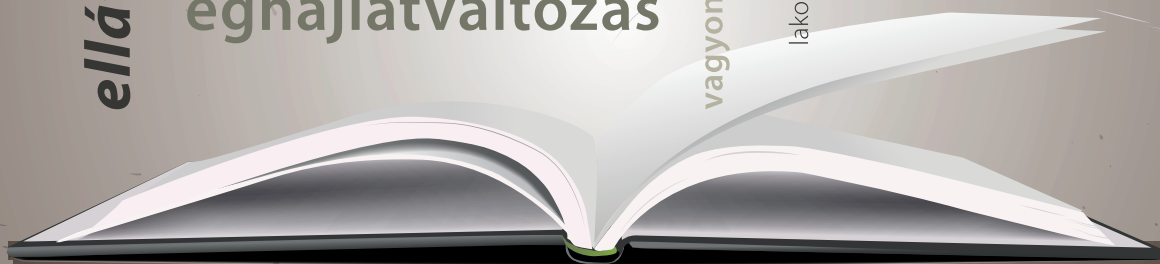
éghajlatváltozás

vagyonvédelem

lakosságvédelem

kézi lőfegyver

aszály



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában

Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában

A katonai műszaki tudományok tudományág
időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási
eredményei

Hallgatói kötet

Szerkesztette:

Gócze István – Padányi József



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Budapest, 2023

Szerkesztette
Göcze István – Padányi József

Szerzők

Bencsik Gábor	Lévai Zsolt
Bene Viktória	Matusz Márk Péter
Farkas Csaba Bence	Répás József
Horváth Gábor	Schmidt Miklós
Horváth Lilla	Szajkó Gyula
Huszár Viktor	Szilágyi Tibor
Kakuja Izabella	Szücs-Vásárhelyi Nóra
Kiss Csaba	Táborszky József Péter
Kovács Gergely	Tímár Attila
Lakatos Boglárka	Vozsech István

Szakmai lektorok

Berek Tamás
Bíró Tibor
Haig Zsolt
Horváth Attila
Káta-Urbán Lajos
Németh András
Padányi József

Kiadja a Nemzeti Közszerkesztési Egyetem
Ludovika Egyetemi Kiadó
A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Székhely: 1083 Budapest, Ludovika tér 2.
Kapcsolat: kiadvanyok@uni-nke.hu

Felelős szerkesztő: Kamarás- Vida Krisztina
Olvasószerkesztő: Bujdosó Hajnalka
Korrektor: Bruckner Nóra Tördelőszerkesztő:
Stubnya Tibor

DOI: https://doi.org/10.36250/01131_00

ISBN 978-615-6598-37-0 (elektronikus PDF)
ISBN 978-615-6598-38-7 (ePUB)

© A szerkesztők, 2023
© A szerzők, 2023
© A kiadó, 2023

Minden jog védve.

Tartalom

<i>Bencsik Gábor:</i> A védelemgazdaság-tan elmúlt időszaki dilemmái, fejlődésének eredményei	11
A védelemgazdaság fogalmának tisztázása	11
Bevezetés	12
Nemzetközi kitekintés	13
Hazai eredmények	21
Összefoglalás	23
Felhasznált irodalom	24
<i>Bene Viktória:</i> A polgári védelmi szakterület változásai 2000-től napjainkig,	
a lakosságvédelem tükrében	27
Bevezetés	28
A veszélyhelyzet Alaptörvény szerinti értelmezése	28
A magyar polgári védelmi szakterület történeti áttekintése	31
A magyar polgári védelem történeti áttekintése 1999-ig	31
A magyar polgári védelmi szakterület változásai 2000–2011 között	33
A magyar polgári védelmi szakterület változásai 2011–2021 között	34
A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védelem erősítése	35
A lakosságvédelem erősítése	35
A polgári védelem szerepének erősítése, a polgári védelmi szervezetek alkalmazásának fejlesztése	36
A katasztrófák elleni védekezés hatékonyabbá tétele	36
A magyar polgári védelmi szakterület változásai 2022-től	37
Nemzetközi katasztrófa/veszély esetén történő segítségkérés és segítségnyújtás áttekintése	38
Összegzés	40
Felhasznált irodalom	41
<i>Farkas Csaba Bence:</i> A post mortem vizsgálati eljárások helye és szerepe vegyi, biológiai,	
radiológiai és nukleáris katasztrófákban	43
Bevezetés	44
Vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris rizikótényezők	45
Vegyi jellegű rizikótényezők	46
Biológiai jellegű rizikótényezők	47
Radiológiai és nukleáris rizikótényezők	49
A post mortem eljárások jelentősége, kapcsolódási pontok a katonai műszaki ismeretekhez	50
Összegzés	51
Felhasznált irodalom	52
<i>Horváth Gábor:</i> A fedélzeti menetrögzítő kamerák légi oldalon közlekedő gépjárművekben	
történő alkalmazásának vizsgálata	55
Bevezetés	56
A fedélzeti menetrögzítő kamerák ismertetése	57
Gyakorlati alkalmazás	57
Elvi blokkvázlat	58
Képalkotó blokk	59
Adatfeldolgozó és -rögzítő blokk	60
Szenzorblokk	60
Energiaellátó blokk	61
Gépjárművek légi oldalon történő közlekedése	61
A légi oldalon történő közlekedés jellemzői	62

Repülésbiztonsági összefüggések	62
A just culture megközelítés	63
Statisztikai következtetések	64
A kérdőíves adatgyűjtés következtetései	65
Az adatgyűjtés eredményeinek részletes ismertetése	65
Tapasztalat és előítélet	66
Az alkalmazás vélt hatása	66
Elvárt funkciók	66
A kutatás alapján elkészített 3D-modell	67
Összegzés	67
Felhasznált irodalom	68
<i>Horváth Lilla: A tűzoltó egyéni védőeszközök fejlesztési lehetőségei ergonómiai szempontok alapján</i>	71
Bevezetés	72
A beavatkozó tűzoltói munka	72
Egyéni védőeszköz	75
Kérdőív és interjú nemzetközi viszonylatban	76
Megoldások	77
Összegzés	78
Felhasznált irodalom	78
<i>Huszár Viktor: Áttekintő emberi aktivitás felismerés (PAR)</i>	81
Bevezetés	82
A gépilátás-alapú tevékenységfelismerés	83
Az automatizált felismerési technológiák magyar felhasználási lehetőségei	83
PAR – áttekintő emberi aktivitás felismerés és az új típusú kihívások	84
Csoportos tevékenység felismerése	85
A gépi látás és a mesterséges intelligencia használata a PAR-ban	86
A nemzetközi alkalmazhatóság technológiai és jogi kihívásai	87
Összegzés	88
Felhasznált irodalom	90
<i>Kakuja Izabella: „A szükség a legjobb tanító” – Az ABV (CBRN)-kéességek fejlesztésének szükségessége a bünygyi technikai területen</i>	93
Bevezetés	94
Radioaktív/nukleáris anyagok kezelése és annak veszélyei	96
Szakszemélyzet védelme	99
Bűnjelek begyűjtése és vizsgálata	102
A védőfelszerelések megválasztása, fel-, illetve levételének mechanizmusa	105
Összegzés	106
Felhasznált irodalom	107
<i>Kiss Csaba: Autonómia a mesterséges intelligenciával</i>	109
Bevezetés	109
Technikatörténeti vázlat	111
Az autonómia szintjei	112
Az emberi parancsot felülbíráló mesterséges intelligencia	114
Összegzés, következtetések	116
Felhasznált irodalom	116

<i>Kovács Gergely: A VR-eszközök védelmi szférában való alkalmazásának ergonómiai kérdései és hatásai a felhasználóra</i>	119
Bevezetés	120
A VR alkalmazásának fizikai és pszichológiai hatása kapcsán végzett vizsgálat ismertetése	122
Alapvetések	123
A kutatás bemutatása és célja	124
A kutatás leírása	124
A VR-környezet	125
Az I. feladat	126
A II. feladat	126
A III. feladat	127
Összegzés	129
Felhasznált irodalom	130
<i>Lakatos Boglárka: Kritikus ökoszisztéma-infrastruktúrák és jelentőségük a környezetbiztonságban</i>	133
Bevezetés	134
Az éghajlatváltozás hatásainak jelenlegi állása hazánkban	136
Az ökoszisztéma mint kritikus infrastruktúra és vízgazdálkodási aspektusa	138
A kritikus (ökoszisztéma-)rendszerek támogatása, a megelőzés jövőbeni haszna	140
Következtetés, javaslatok	142
Felhasznált irodalom	143
<i>Lévai Zsolt – Szűcs-Vásárhelyi Nóra: A természeti hatások által okozott közlekedési problémák vizsgálata a Dunakanyarban</i>	145
Bevezetés	146
A Szent Mihály-hegy és környezetének bemutatása	147
Domborzat	148
Földtan	148
Éghajlat	148
Vizek	148
Talajok	149
Növényzet	149
Természetvédelem	149
Egyes természeti események hatásai a magyarországi közlekedési infrastruktúrára	150
Talajerózió	150
Tömegmozgások	151
Problémafeltárás	151
A Szent Mihály-hegyen keletkezett eróziós térszín kialakulásának okai	151
Lejtőszög	152
Agyagtartalom	153
Kohézió	153
Víztartalom	153
A probléma megközelítése a közlekedési kritikus infrastruktúrák rendszere felől	154
Vizsgálati módszerek és megállapítások	154
Talajtan, geológia	154
Kritikusinfrastruktúra-védelem	156
Megoldási javaslatok	160
Talajtani/geológiai megoldások	160
Megoldások a közlekedési infrastruktúra védelmére	161
Összegzés	163
Felhasznált irodalom	164

<i>Matusz Márk Péter: Telemedicinális fejlesztési lehetőségek a harctéri egészségügyi ellátásban</i>	167
Bevezetés	167
Digitalizáció	169
A digitalizáció fontossága az egészségügyi fejlesztésekben	170
Telemedicina	170
Harctéri telemedicinális egészségügyi támogatás, az egészségügyi vezetési pont	172
Az egészségügyi vezetési pont működése	175
További harctéri telemedicinális ellátást támogató megoldások	176
Smart Shirt	176
Sisakkamera mikrofonnal a harctéri sebesült ellátásánál (<i>hands-free system</i>)	177
TRACIR-projekt	177
Összegzés	178
Felhasznált irodalom	179
 <i>Répás József – Schmidt Miklós: Forensics tevékenységek kihívásai a modern közlekedési</i>	
járművek fejlődésének tükrében	181
Bevezetés	182
Modern járművek	183
Szakértői/forensic vizsgálatok	184
Modern járművek szakértői vizsgálatának kihívásai	187
A modern járművek szakértői vizsgálatának általános kihívásai	187
A modern járművek szakértői vizsgálatához kapcsolódó kihívások	189
A modern járművek szakértői vizsgálatának vizsgálóeszközeihez kapcsolódó kihívásai	191
Összegzés	192
Felhasznált irodalom	193
 <i>Szajkó Gyula: A tengeri kikötők értékelése a hadszíntéri logisztikai felderítés végrehajtásakor</i>	195
Bevezetés	196
A kikötők rövid jellemzése	197
A kikötők hadszíntéri logisztikai felderítése	201
Összegzés	208
Felhasznált irodalom	209
 <i>Szilágyi Tibor: Az emberiség világűrbeli jelenlétének környezetbiztonsági szempontú elemzése</i>	211
Bevezetés	211
Űrstratégiák és nemzetközi szabályozás	213
Földi környezet, űrkörnyezet és környezetbiztonság – emberközpontú összevetés	216
Ember az űrben – következmények az emberiségre és kiterjedt környezetére nézve	218
Összegzés, következtetések	221
Felhasznált irodalom	222
 <i>Táborszky József Péter: A repülőbázisok biztonságának és védelmi lehetőségeinek kérdései</i>	
a modern technológiák figyelembevételével	225
Bevezetés	226
A repülőbázisokkal szembeni fizikai fenyegetések változása	226
Az I. világháború	227
A II. világháború	227
A vietnámi háború	229
Napjaink háborúi	229
A repülőbázisok fizikai védelmének fejlődése	231
Az I. világháború	231
A II. világháború	232

A vietnámi háború	232
Napjaink háborúi	233
Részösszegzés	233
Forradalmi technológiák a földi támadásokban	234
A robotok általi fenyegetés	234
A digitális katona jelentette fenyegetés	234
A mesterséges intelligencia (MI) általi fenyegetés	235
A pilóta nélküli légi járművek általi fenyegetés	235
Forradalmi technológiák a védelemben	236
Szenzorok, szenzorhálózatok	237
Adatfeldolgozás, adatfűző	237
Beavatkozó eszközök	238
Összegzés	238
Felhasznált irodalom	240
<i>Tímár Attila: Árvízvédelmi töltések empirikus szivárgás- és mozgásvizsgálata</i>	241
Bevezetés	242
Szivárgások kialakulása	243
Árvizes jelenségek kialakulása	245
A nagyminta kialakítása	245
A vizsgálatok célja	246
Talajmechanikai feltárás	247
Geofizika	248
A szádlemez medence	249
A töltés mozgásvizsgálata	250
Geodéziai mérőpontok	250
Geodéziai őrpontok	252
Szivárgási vizsgálatok	252
A piezométer csövek	253
Geofizikai mérések	254
Kutatási célok és várható tudományos eredmények	254
Felhasznált irodalom	255
<i>Vozsach István: Gázdugattyús automatikák számításai normál üzemállapot esetén</i>	257
Bevezetés	257
Célkitűzés	258
Hazai és nemzetközi szakirodalom	258
Problémafelvetés	259
Modellállítás a redukált csőfuratrendszerre	262
Modellállítás a redukált gázhengerrendszerre	262
Modellállítás a redukált zárszerkezetrendszerre	263
Modellállítás a redukált fegyvercsőrendszerre	263
Modellállítás a redukált automatika főrendszerre	264
A tartományok leírása és határai	264
Az 1. tartomány egyenletei	267
A 2. tartomány egyenletei	267
A 3. tartomány egyenletei	268
A 4. tartomány egyenletei	269
Az 5. tartomány egyenletei	272
A 6/a. tartomány egyenletei – kis keresztmetszetű gázhengerfurnál	272
A 6/b. tartomány egyenletei – nagy keresztmetszetű gázhengerfurnál	274
A 7. tartomány egyenletei	275

A 8. tartomány egyenletei	275
A 9. tartomány egyenletei	275
A szimulációs eredmények és kezelésük	275
Eredmények gyári állapotú fegyverre	276
Lengési eredmények gyári állapotú fegyverre	279
Eredmények leszűkült gázátömlő furatú fegyverre	281
A gázmotor a lövedék kilépése előtt feltöltődik	281
A gázmotor a lövedék kilépéséig részben töltődik fel – a gázátömlő furat „nagy keresztmetszetű gázátömlő furatként” viselkedik	283
Az 5*. tartomány egyenletei	283
A 6*. tartomány egyenletei	284
A gázmotor a lövedék kilépése előtt feltöltődik (normál üzemállapot) – számítás a redukált zárszerkezetrendszer leválasztásával	286
Eredmények növelt gázhenger-térfogatú fegyverre	287
Mérések és mérési eredmények	289
A zársebesség-idő, zársebesség-zárút függvény előállítás	289
Következtetések	291
Felhasznált irodalom	292

Bencsik Gábor¹

A védelemgazdaság-tan elmúlt időszaki dilemmái, fejlődésének eredményei

A védelem megteremtésének tervezése iránt megmutatkozó civilizációs igény írásban rögzített csírái már az ókori Kelet közel négyezer éves múlttal rendelkező Gilgames-eposzában fellelhetők. Egyre kifinomultabb világunk azonban megköveteli, hogy a szakértők a kérdéskör vizsgálatát helyezték előtérbe, és csak a szükséges, ugyanakkor mégis elégséges nemzeti erőforráshányadot fordítsák az említett védelmi igény kielégítésére. Jelen írásban a védelemgazdaság-tan nemzetközi és hazai fejlődésének mérföldköveit vesszük górcső alá.

Kulcsszavak: védelem, védelemgazdaság-tan, elméleti megközelítés, a gazdaság és a fegyveres erők kapcsolatrendszere

The Dilemmas of the Defense Economics of Past Times, the Results of Its Development

The early writings of the civilizational demand for planning the creation of protection can already be found in the Gilgamesh epic of the ancient East, which has a nearly four thousand years of history. However, our increasingly sophisticated world requires that experts prioritize the investigation of the issue and allocate only the necessary yet sufficient sufficient proportion of national resources to meet the aforementioned defense need. In this paper we examine the milestones of the international and domestic development of defense economics.

Keywords: defense, defense economics, theoretical approach, the relationship between the economy and the use of the armed forces

A védelemgazdaság fogalmának tisztázása

A védelemgazdasággal, védelmi gazdálkodással kapcsolatban számos egzakt definíció látott napvilágot jelenleg megélt történelmünk során. A *Britannica* internetes adatbázisában található fogalmi meghatározás szerint a védelemgazdaság a nemzetgazdaságnak

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszerződési Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; gazdasági igazgató (ügyvezető-helyettes), HM Zrínyi Nkft.; e-mail: bencsik.gabor@hm.gov.hu, bencsik.gabor@hmzrinyi.hu; ORCID: [0000-0002-1394-6765](https://orcid.org/0000-0002-1394-6765).

azon speciális szegmense, amely vizsgálja a katonai kiadások hatásait, a nemzet háborús időszaki gazdálkodását, valamint a békeidőszaki katonai kiadások kezelését.²

A Britannica Group által adott definícióval egyidejűleg a Budapesti Corvinus Egyetem Védelemgazdasági Tanszéke gondozásában megjelent egyetemi tankönyv a védelemgazdaság-tan fogalmi meghatározását tovább részletezi, amellyel kapcsolatban az alábbi módon fogalmaz:

„»védelemgazdaság« megnevezés alatt tárgyalják a gazdaság és a védelem kölcsönhatásait átfogó viszonyrendszert. Az erre vonatkozó ismeretek rendszerezését a védelemgazdaságtan napjainkban önállóan diszciplinája törekszik összefoglalni. A magyar szóhasználatban ezért a védelemgazdaságtan gyűjtőfogalmán belül megkülönböztetjük a hadigazdaságtant, ami a gazdaság és a védelem világgazdaságban és a nemzetgazdaságokban – tehát makroszinten – lezajló kölcsönhatású folyamatait vizsgálja, szemben a katonai gazdaságtannal, amely mezo- és mikroszinten vizsgálja a védelmi szervezeteken belüli gazdasági viszonyokat.”³

Minél több fogalmi meghatározást vizsgálunk, annál inkább körvonalazódik, hogy védelemgazdaság(-tan) alatt a védelem és a gazdaság viszonyrendszerét vizsgáló tudományos területet értjük, amelynek fő vizsgálati kérdése a gazdasági lehetőségekből védelmi célkitűzések megvalósítására elkülöníthető, elkülönítésre célszerűen tervezhető és felhasználható részarány nagysága és annak milyensége.

Bevezetés

Meglátásom szerint a különböző elméletek akkor megalapozottak igazán, ha azok valamiféle egzakt rendszer alapján modellezhetők, leírhatók. George B. Dantzig (1914–2005) amerikai közgazdász, matematikust az operációkutatás⁴ egyik úttörőjének, felfedezőjének és legendás alakjának tartja a szakirodalom.⁵ Dantzig a II. világháború időszakában a Pentagonban (a Combat Analysis Branch of Statistical Control vezetője, majd

² KENNEDY [é. n.] A hivatkozott szöveg eredetiben: „Defense economics, field of national economic management concerned with the economic effects of military expenditure, the management of economics in wartime, and the management of peacetime military budgets.”

³ MÉSZÁROS et al. 2010: 9. Szenes Zoltán 2015-ben megjelent *A védelemgazdaság helyzete Magyarországon* című cikkében rámutat, hogy bár a nyugati országokban a védelemgazdaság/hadigazdaság, valamint a védelmi ipar/hadiipar szakkifejezések szinonim fogalmak, ezeket Magyarország és egyes feltörekvő országok (említi példaként Oroszországot és Kínát) továbbra is differenciáltan (a „régai fogalmakat”) használják. SZENES 2015: 6. Írásában kiemeli ugyanakkor jelen korunk kihívásait, mint például a terrorfenyegetéseket és a kiberhadviselést, amelyek szintén a nyugati gyakorlatban elterjedt szóhasználatot indokolják, s ezzel egyidejűleg megjegyzi: „A védelemgazdaságtan hármassá tagozódása a mai helyzet tükrében túlzottnak tűnik, bár a tudományterületi tagozódás hősiesen tartja magát a szakirodalomban.” SZENES 2015: 14.

⁴ FERENCZI Zoltán az operációkutatásról írt könyvében az alábbi fogalmi meghatározás olvasható: „Operációkutatás szűkebb értelemben olyan tudományos módszer, amely a döntések előkészítéséhez, a gazdasági optimum meghatározásához többnyire valamilyen matematikai szélsőérték feladatot alkalmaz. Jellemző eszközei a lineáris és nemlineáris programozási modellek, készletgazdasági modellek és hálótervezés.” FERENCZI 2006.

⁵ PRÉKOPA 2007.

a Department of the U.S. Air Force matematikus tanácsadója)⁶ töltött ideje alatt jelentősen hozzájárult az operációkutatás, vagyis az alkalmazott matematika ezen komplex ágának robbanásszerű fejlődéséhez, amelynek egyes részei a védelemgazdaságban is kutatott kérdéskört, vagyis a rendelkezésre álló szűkös erőforrások optimális felhasználásának lehetőségét vizsgálja. Mindezen eredményei azonban nem jöhettek volna létre, ha a megelőző időszak neves közgazdászai nem teremtik meg a védelemgazdasági gondolkodás közgazdasági-matematikai alapjait.

Harald Pöcher 2013-as írásában⁷ érintőlegesen összefoglalta a kor kiemelkedő közgazdász gondolkodóit, akiknek a munkássága jelentős hatással volt a védelemgazdaságtan máig tapasztalt fejlődésére. Pöcher írásában Leibniz, Kollonich, Smith, Ricardo, Say, Marx, Keynes, Friedman, továbbá McKean és Hitch, valamint Hartley és Sandler eredményeit emeli ki. Szenes Zoltán – ezt kiegészítve – 2015-ös cikkében⁸ már McKean és Hitch, valamint Hartley és Sandler munkássági ideje közé Obiedziński, Stankiewicz, Lagovszkij és Pozsarov tevékenységét is idesorolja. Összefoglalóan azonban megállapítható, hogy míg egyesek (Ricardo és Say) a negatív hatások túlhangsúlyozása mellett foglaltak állást (egy katona elvesztése negatívan érinti a kiképzésére fordított erőforrások megtérülését), mások inkább a védelmi gazdálkodás nemzetgazdaságra gyakorolt pozitív hatására hívták fel a figyelmet. Az említett gondolkodók írásában és gondolataiban egy dolog azonban kétségtelenül közös pontnak tekinthető: mindannyian elismerték a közgazdaságtan külön ágát képező védelemgazdaság-tan nemzetgazdaságra gyakorolt hatását és jelentőségét.

Nemzetközi kitekintés

Pöcher munkájában rámutatott, hogy a védelemgazdaság megjelenésének csírái nem egyértelműen meghatározhatók. A szerző osztrák származásából következően a német nyelvű szakirodalmat vette alaposabban górcső alá, és megállapította, hogy a fegyveres erők gazdaságának vizsgálatával, valamint közgazdasági hatásával legelőször egy 17. században élő, német gondolkodó foglalkozott. A II. (Nagy) Frigyes porosz király (1712–1786) által csak „önmagában egy akadémia”-ként dicsőített német polihisztor, Gottfried W. Leibniz (1646–1716) 1680-ban megjelent *Oeconomia militaria* (Katonai gazdaságtan) című művében érintőlegesen elemezte a hadsereg és a gazdaság kapcsolatának viszonyrendszerét. Ezen kapcsolatrendszer további vizsgálatát már a komáromi várparancsnok, Kollonich Ernő fia, gróf kollegrádi Kollonich Lipót (1631–1707) horvát-osztrák származású magyar gróf végezte el *Ökonomie in Militärsachen* (Gazdaság a katonai ügyekben) című munkájában.

⁶ PRÉKOPA 2007.

⁷ PÖCHER 2013.

⁸ SZENES 2015: 10., 12.

„Az uralkodó (/szuverén állam) elsődleges feladata, hogy megvédje társadalmát más független társadalmak erőszakától és inváziójától, csak katonai erővel teljesíthető. De ennek a katonai erőnek a béke idején való felkészítésének és háború idején történő alkalmazásának költsége nagyon eltérő a társadalom különböző állapotaiban, a fejlődés különböző időszakaiban.”⁹

A közgazdaság születésének bölcsőjeként tekintett 18. század második fele jelentős változást hozott a fegyveres erők és a gazdaság kapcsolatrendszerének vizsgálatában. A modern közgazdaság-tudomány atyjának tartott skót közgazdász, Adam Smith (1723–1790) 1776-ban megjelent *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*¹⁰ (*A nemzetek gazdagsága*) című művében – külön fejezetet szentelve a témakörnek¹¹ – felismerte a védelem hatásának elhúzódó profitabilitás szerepét, amelyet érintően így fogalmaz:

„A nép/nemzetközösség védelme és biztonsága, munkájuk hozadéka nem ugyanazon évben teremti meg a következő évekre vonatkozó védelmüket és biztonságukat. [Ezen területen] ugyanabba az osztályba kell sorolni a legjelentősebb és legfontosabb szakmákat, valamint néhányat a kevésbé jelentős szakmák közül: papok, ügyvédek, orvosok, írók, költők; vándorszínészek, bohócok, zenészek, operanékesek, balett-táncosok stb.”¹²

Smith írásában hangsúlyozza, hogy korunk fejlődésével jelentősen megváltozott az egyes nemzetek összetétele. Míg korábban, a (nem röghöz kötöttek tekinthető) vadászok és pásztorok idejében elvárás volt a küzdőszellem és a harcmodor megléte, addig a mezőgazdaság megjelenésével egyfajta kötöttség (rögzített lakóhely és művelési területek, feudumok) volt az eredmény, amelyet jelentősebb veszteség nélkül nem lehetett elhagyni.¹³ Erre példaként említi a jelen mezőgazdaságunk szintén kritikus, a vetés és aratás közötti időintervallumát, miszerint „[h]a a hadjárat a vetésidő után kezdődik és az aratás előtt fejeződik be, a mezőgazdaság termelő és főmunkásai is nagy veszteség nélkül megkímélhetők.”¹⁴

Ezek alapján tehát ha a harcosok csatáterre történő elmenetele ezen időszakra esik, vagyis a vetést követően mennek a harctérre, és onnan a szüretet/betakarítást megelőzően hazatérnek – és az otthon hagyott értékeket különösebb veszély nem fenyegeti –, akkor

⁹ SMITH 2007: 536. (Eredeti szöveg: „The first duty of the sovereign, that of protecting the society from the violence and invasion of other independent societies, can be performed only by means of a military force. But the expense both of preparing this military force in time of peace, and of employing it in time of war, is very different in the different states of society, in the different periods of improvement.” Fordította: a szerző.)

¹⁰ SMITH 2007.

¹¹ SMITH 2007: 536–549.

¹² SMITH 2007: 536. (Eredeti szöveg: „The protection, security, and defence of the commonwealth, the effect of their labour this year will not purchase its protection, security, and defence for the year to come. In the same class must be ranked, some both of the gravest and most important, and some of the most frivolous professions: churchmen, lawyers, physicians, men of letters of all kinds; players, buffoons, musicians, opera-singers, opera-dancers, etc.” Fordította: a szerző.)

¹³ SMITH 2007: 538.

¹⁴ SMITH 2007. (Eredeti szöveg: „If the campaign, should begin after seed-time, and end before harvest, both the husbandman and his principal labourers can be spared from the farm without much loss.” Fordította: a szerző.)

a hadjárat/csata az otthon maradó munkaerônek köszönhetôen a háttérgazdaságot ért elviselhetô mértékû veszteséggel kivitelezhetô.

A háború mûvészetének fejlôdése azonban mindezt átalakította. Az elhúzódo háborúk elhúzódo távolmaradásokat eredményeztek. Ebben a helyzetben általánosan szükségessé vált a háttérgazdaság eltartó szerepe, amely Smith megfogalmazása szerint azt jelenti, hogy „[a] társadalomnak fenn kell tartania azokat, akik a társadalom érdekeit szolgálják a háborúban, legalább addig, amíg ebben a szolgálatban dolgoznak.”¹⁵

A Kr. e. 5. század végén, a görög–perzsa háborúk második szakaszában Athén felügyelete alatt megjelentek a zsoldoscsapatok. Ekkor Róma folyamatosan ellenôrzése alá vonta a környezô városokat, s Smith írása alapján Veii elfoglalása (Kr. e. 396) volt az a pillanat, amikor a római csapatok fizetséget (zsoldot) kaptak a szolgálatukért.

Smith megállapítja, hogy a civilizált világban szükségszerûen a lakosság sokkal kisebb aránya hajlandó „háborúba menni”, szemben az egyszerű, elmaradott társadalmakkal. Írásában a társadalom által is elfogadható, azonban a nemzet által megkövetelt biztonságot garantáló megoldásokat két diszjunkt halmazba sorolja. Az elsô a klasszikus sorkatonai szolgálat, amelyben egy meghatározott életkor elérésekor köteleznék az állampolgárt a sorkatonai szolgálat vállalására. Másik lehetôségként az állandó, hivatásos állomány fenntartását jelôli meg.¹⁶

Smith 1776-ban megjelent írásának összegzésében¹⁷ rámutat, hogy egy szuverén állam elsôdleges kötelessége a társadalom más független társadalmak erôszakától és fenyegetésétôl való védelme, aminek költsége a társadalom civilizációs létrán történô emelkedésével folyamatosan növekszik. Hangsúlyozza, hogy egy társadalom katonai erejét, amely alapvetôen az adott társadalom szuverenitásába kerül, szükségszerûen fenn kell tartani mind háborúban, mind békében. A modern hadviselésben ugyanakkor a társadalom számára jelentôs ráfordítással járó tûzerô kétségtelen elônyt jelent a felemelkedô és fejlôdô nemzetnek, amely a nemzet gazdagságában és civilizáltságában mérhetô.

A szintén klasszikus közgazdasági irányt képviselô, Adam Smith egyik legnagyobb utódjának tekintett brit elméleti közgazdász, David Ricardo (1772–1823) 1817-ben megjelent *Principles of Political Economy and Taxation*¹⁸ (*A politikai gazdaságtan és az adózás alapelvei*) címû mûvében már más megközelítésbe helyezi a védelem fenntartásához elengedhetetlenül szükséges haderôt. Ricardo írásában a háborúk (költségemelő) kedvezôtlen szerepét az új adók komparatív elônyöket romboló hatásához hasonlítja, elhúzódo idejét a munkanélküliségre gyakorolt kedvezôtlen hatással állítja ekvivalencia relációba, kiemeli az elhúzódo korlátozások és tilalmak gazdaságromboló hatását, megemlíti az export-importra, a mezôgazdaságra, továbbá a tőzsdére gyakorolt kedvezôtlen eredményeket.¹⁹ A háborúk befejezésének kontójára is számos tényezôt felsorakoztat, így a foglalkoztatottságra (korábban a háború foglalkoztatott embereket, akik a háború

¹⁵ SMITH 2007: 539. (Eredeti szöveg: „The public should maintain those who serve the public in war, at least while they are employed in that service.” Fordította: a szerzô.)

¹⁶ SMITH 2007: 541.

¹⁷ SMITH 2007: 548.

¹⁸ RICARDO 2001.

¹⁹ RICARDO 2001: 191–197., 215–216.

befejezését követően a piaci kereslet csökkenése miatt elveszítik munkahelyüket), bérekre, egyes cikkekre/termékekre, valamint azok keresletére gyakorolt kedvezőtlen hatásokat emeli ki.²⁰ Pöcher írásában Ricardot illetően az alábbiképpen fogalmaz:

„Ricardo lényegében azért ellenzi a háborúkat, mert a háborúk turbulenciát okoznak a gazdaságban, ami nagy jóléti veszteséget okoz a társadalom szinte minden csoportja és a gazdaság résztvevői számára. A háborúk elszánt ellenzőjeként mindenféle hadiipar tevékenysége ellen volt. Összességében rendkívül negatívnak látta a katonák tevékenységét.”²¹

Ricardo véleményéhez hasonlóan negatív véleménnyel rendelkezett a klasszikus közgazdaságtan szintén kiemelkedő képviselője, a francia közgazdász Jean-Baptiste Say (1767–1832). Say 1803-ban megjelent *Traité d'économie politique, ou simple exposition de la manière dont se forment, se distribuent, et se consomment les richesses* (Értekezés a politikai gazdaságtanról, avagy a vagyon előállításának, elosztásának és fogyasztásának egyszerű bemutatása) című munkájában a humán erőforrás oldaláról közelítette meg a veszteség mérését. Say írásában rámutatott, hogy – ahogy Pöcher fogalmaz – a háborúk általános jólétsökkentő hatása mellett (tekintve, hogy az ütközetek általában emberáldozatokkal járnak) a háború befejeztével a nemzetgazdaság kénytelen szembenézni a háború általi emberierőforrás-veszteség okozta termelési kieséssel.²²

A marxista filozófia atyja, a német filozófus, közgazdász és szociológus Karl Marx (1818–1883) a politikai gazdaságtanról írt átfogó, 1867-ben megjelent *Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie*²³ (*A tőke. A politikai gazdaságtan bírálata*) című művében egy átlagos munkáscsalád táplálkozási szokásait hasonlítja össze a haditengerészek, katonák és fegyencek táplálkozási szokásaival. Ennek kapcsán pedig írásában a belga börtönök és jótékonyági intézetek főfelügyelőjének, Belgium és Hollandia elszakítása élharcosának, Édouard Ducpétiaux (1804–1868) belga publicista és jogásznak 1855-ben megjelent *Budgets économiques des classes ouvrières en Belgique* (A munkásosztályok gazdasági költségvetése Belgiumban) című munkáját említi. A hivatkozott művet elemezve Marx következtetésként vonja le, hogy a tőke szabadságát nem csorbító, az angol tőkések között csupán munkásparadicsomként aposztrofált Belgiumban a helyzet a következő: „Látjuk, hogy kevés munkáscsalád tud úgy táplálkozni, mint a haditengerész vagy a katona, sőt mint a fegyenc. Egy-egy fegyenc Belgiumban 1847–49-ben átlagosan 63 centime-ba került naponta, ami 13 centime-mal több, mint a munkás napi táplálkozási költsége.”²⁴

És hogy ez hogyan lehetséges? Marx megállapítása szerint csak úgy, hogy a munkáscsalád a „legfájdalmasabb nélkülözésekre szánja el magát”.²⁵ Összességében megállapítható, hogy Marx 1867-ben napvilágot látott művében a katona csupán egy kontraproduktív

²⁰ RICARDO 2001: 288–289.

²¹ PÖCHER 2013: 391. (Eredeti szöveg: „Ricardo became an opponent of wars because wars create turbulence in the economic activity, which results in great loss of welfare for nearly all groups in a society and participants in the economy. As a determined opponent of wars, he was against the activity of any kind of armament industry. In sum he saw the work of soldiers extremely negative.” Fordította: a szerző.)

²² SAY 2011: 228.

²³ MARX 1955.

²⁴ MARX 1955: 623.

²⁵ MARX 1955: 623–624.

„eszköz”, amely „eszköz” a vezető osztály, vagyis a haszonszerzés céljából bérmunkások kizsákmányolását végrehajtó kapitalisták érdekeit szolgálja.

Az I., majd a II. világháború rámutatott – többek között – a védelemre elkülönített, ugyanakkor erősen korlátozott erőforrások logikus és gazdaságilag megalapozott, optimális felhasználásának szükségességére, valamint annak vizsgálata fontosságára. Winston Churchill (1874–1965) brit miniszterelnök gazdasági tanácsadója, a modern makroökómia megteremtője, az angol matematikus és közgazdász John M. Keynes (1883–1946) 1940-ben az általános elméletének logikai kiegészítéseként megírta a *How to Pay for the War*²⁶ (Hogyan finanszírozzuk a háborút) című könyvét. Művében elődeitől eltérő módon közelíti meg a vizsgált témakört, rávilágít a kereslet és a kínálat kapcsolatrendszeréből adódó kihasználatlan kapacitások fontosságára, továbbá felhívja a figyelmet a háború velejárójára, vagyis a polgári életszínvonal és a védelmi kiadások közötti kapcsolatrendszerre. Keynes ezt írásában az alábbi módon fogalmazza meg:

„Kezddhetjük akár a civil lakosság életszínvonalának rögzítésével, és felfedezhetjük, mi marad a szolgáltató szektorra, valamint az exportra; vagy az utóbbiak igényeit összeadva felfedezhetjük, mi marad a civil szféra számára. A tényleges eredmény a két módszer közötti kompromisszum lesz. Jelenleg nehéz megmondani, hogy – ha bárki is, de – ki válaszolja meg az aktuális kérdéskört.”²⁷

Keynes írásában rámutat a békeidőszak és a háborús időszak közötti alapvető fogyasztási különbsége. Kiemeli, hogy békeidőben minél többet dolgozunk, annál nagyobb „torta” áll a fogyasztók rendelkezésére, tehát a munka mennyiségének növelésével annak (fogyasztásra gyakorolt) hozadéka arányosan változtatható. Ezzel ellentétben az erőforrások (mint a munka és a termelési javak) szűkössége miatt háborús időben a „tortafogyasztás” elérheti a maximumát, és hiába dolgozunk többet (ami „jobb harchoz vezet”), nem fog ezzel arányosan növekedni a fogyasztásunk.²⁸ Keynes írásában keresi a megoldási javaslatokat, amelyek megfelelő forgatókönyvet jelentenek egy háborús sikeres levezetéséhez. Összegzi, hogy ezen javaslatoknak olyanoknak kell lenniük, amelyek a megnövekedett keresetek bizonyos arányát elkülönítik a cél elérése érdekében. Itt két lehetőséget szemléltet: az egyik az önkéntes, egyéni megtakarítások, míg a másik az állami szerepvállalás. Kijelenti, hogy az egyéni megtakarításokkal is el lehetne érni a végcél, ha azok megfelelő mennyiségben állnának rendelkezésre. Ugyanakkor, ahogy fogalmaz, a megoldásnak olyannak kell lennie, amellyel „mindenki nyer és senki sem veszíthet.”²⁹ Összegzésében „radikális tervként” az alábbi javaslatokat fogalmazza meg:³⁰

1. A fogyasztásban meg kell húzni egy határt, mely csak a háború befejeztével lesz számukra elérhető. Fontos, hogy ez az összes jövedelmi csoportra kiterjeszthető

²⁶ KEYNES 1940.

²⁷ KEYNES 1940: 3. (Eredeti szöveg: „We can start out either by fixing the standard of life of the civilian and discover what is left over for the service departments and for export; or by adding up the demands of the latter and discover what is left over for the civilians. The actual result will be a compromise between the two methods. At present it is hard to say who, if anyone, settles such matter.” Fordította: a szerző.)

²⁸ KEYNES 1940: 4.

²⁹ KEYNES 1940: 12. (Eredeti szöveg: „Everyone gains and no one can lose.” Fordította: a szerző.)

³⁰ KEYNES 1940: 10–11.

- legyen, s hogy ezen áldozathozatal – háború befejezését követő – tehervállalása a meghatározott időben egyenlően kerüljön szétosztásra.
2. Az általános tőkeadó kiterjesztése a háborút követő időszakban.
 3. Az (adott társadalmi réteg védelme miatti) létminimumszint kijelölése mellett erősen progresszív elvonási arány meghatározása („az átlagos életszínvonal nem kínál elegendő mozgásteret”).³¹
 4. Az áremelkedés hatósági felügyelete, továbbá a bér, nyugdíj és egyéb juttatások inflációkövető (és azt meg nem haladó) emelkedésének felügyelete, biztosítása.

Nagy-Britannia politikai vezetői (tekintettel arra, hogy számos akkori vezetőt nevezhetünk Keynes tanait vallónak és követőjének) megfogadták a javaslatokat, amelyeknek megfelelően – Pöcher megfogalmazása alapján – a britek (mint utólag is látjuk) képesek voltak egy hatékony és eredményes pénzügyi rendszert működtetni a háború időszaka alatt. Összességében megállapíthatjuk, hogy Keynes a háború hatékony finanszírozásának megoldását, valamint az infláció rendkívüli emelkedésének elkerülését a magasabb adók kivetésében és az erős állami szerepvállalásban látta.

A fent leírtakból látható tehát, hogy a védelem és az arra való felkészülés, továbbá az azt követő időszak gazdasági egyensúlyának megőrzése rendkívül foglalkoztatta a kor gondolkodóit. Észrevehetjük azonban, hogy az adott témakör megfelelő szintű mélységekben történő tárgyalása hiányosságokat hagyott maga után. A haditechnikai eszközök dinamikus fejlődése, valamint az egyes országok védelmi ágazatainak ezen eszközökkel történő ellátása szinte kivétel nélkül napirendre tűzték az anyagi-technikai gazdálkodással kapcsolatos problémák megoldására irányuló igényeket.

Ezen igények kielégítésére született meg a II. világháború időszakát követően a máig elismert és nagy hatással bíró mű, a *The Economics of Defense in the Nuclear Age*³² (Az atomkorszak védelemgazdasága). Charles J. Hitch (1910–1995), az Amerikai Egyesült Államok volt nemzetvédelmi miniszterének helyettese, és Roland N. McKean (1917–1993) amerikai közgazdászok munkájukban elsődleges célnak tekintik, hogy a kor döntéshozói-nak megmutassák: a gazdasági analízis képes és alkalmas segítséget nyújtani a hadsereg-fejlesztéssel összefüggő eredményes és gazdaságilag hatékony döntések meghozatalában, az ezt támogató politika kialakításában. Kutatásuk alapja, hogy az említett kérdéskör lényegében gazdasági problémaként fogható fel (erőforrások hatékony allokációjának vizsgálata), amelyre a tudomány eszköztára (főként a reáltudományok, azokon belül is a matematikatumomány) képes alternatív megoldási lehetőségeket biztosítani.³³ „A katonai problémák, egy adott vonatkozásban, az erőforrások hatékony elosztásának és felhasználásának gazdasági problémái. [...] a takarékoság mindig azt jelenti, hogy megpróbáljuk a rendelkezésre álló

³¹ Eredeti szöveg: „Standard of life offers no sufficient margin” (Fordította: a szerző.)

³² HITCH–MCKEAN 1960.

³³ Megjegyzés: Ahogy a bevezetőben is olvashattuk, Dantzig amerikai közgazdász, matematikus ezen időszakban (a II. világháború időszakában) teremtette meg az operációkutatás alapjait.

erőforrásokat a lehető leghatékonyabban felhasználni.”³⁴ Hitch és McKean közgazdasági szemlélettel a védelem gazdasági problémájaként alapvetően három, egymással kölcsönösen összefüggő tényezőt azonosítanak: 1. a nemzeti erőforrások mennyiségét és minőségét; 2. a nemzeti erőforrások védelmi célra elkülönített (rész)arányát; 3. a védelmi célra elkülönített erőforrások felhasználásának hatékonyságát.³⁵

Az amerikai közgazdász szakértők írásukban rámutatnak, hogy a nemzeti erőforrások (1.) védelmi célra történő felhasználásának mértéke (2.) erősen függ az érintett nemzeten belül tapasztalható társadalmi támogatottságtól, valamint a politikai akarattól. Kiemelik, hogy szükséges, ugyanakkor nem elégséges megtalálni az egyensúlyt a gazdaság teljesítőképessége és a védelemre fordított részarány között, hanem előtérbe kell helyezni a védelem hatékonyságának maximalizálását, amellyel kapcsolatban így fogalmaznak: „A gazdasági erő ugyanolyan fontos, mint eddig bármikor, azonban a katonai erővé alakítása, az így átalakított gazdasági erő aránya és a [gazdasági és katonai] erők hatékonysága kritikus fontosságúvá vált – szemben néhány elméleti maximális potenciállal, amely a háború kitörése után hadianyaggyártásra irányul.”³⁶ Hitch és McKean 1960-ban napvilágot látott munkájukban kiemelt figyelmet szenteltek a védelmi célra elkülönített erőforrások hatékony felhasználásának vizsgálatára, amely felhasználási formát a védelmi gazdálkodás egyik kulcskérdésköréként azonosítottak. Írásukban rávilágítanak a haditechnikai eszközök beszerzésének költségvetés-tervezést is erősen befolyásoló hatására. Hangsúlyozzák:

„A jövőben megvásárolandó jószágok árai bizonytalanok. Egy-egy cselekvés önmagában is feldobhatja bizonyos fegyverek vagy anyagok árát, és ezeket a hatásokat nem lehet teljes pontossággal megjósolni. Bizonyos cikkek jellemzői és költsége szó szerint fix vagy közel fix, még akkor is, ha több évre előre tekintünk. Mindazonáltal, bármennyire pontatlan is, egy jövőbeni program költsége – más intézkedésektől függetlenül – általában jobban mutatja azt az áldozatot, amelyet a döntéshozók elvárnak.”³⁷

A The Economics of Defense in the Nuclear Age című műben a szerzőpáros részletesen elemzi a védelem iránti kereslet kiváltó tényezőit, a rendelkezésre álló erőforrások szükségességét és védelemre elkülönített/elkülöníthető részarányát, a védelmi kiadások közvetett

³⁴ HITCH–McKEAN 1960: iii. (Eredeti szöveg: „Military problems are, in one important aspect, economic problems in the efficient allocation and use of resources. [...] economizing always means trying to make the most efficient use of the resources available.” Fordította: a szerző.)

³⁵ HITCH–McKEAN 1960: v.

³⁶ HITCH–McKEAN 1960: iii. (Eredeti szöveg: „Economic strength is as important as ever, but the translation of that strength into military power, the proportion of economic strength so translated, and the efficiency of the forces in being have become of critical importance—as opposed to some theoretical maximum potential that could be converted to munitions production after the outbreak of war.” Fordította: a szerző.)

³⁷ HITCH–McKEAN 1960: 26. (Eredeti szöveg: „The prices of goods to be bought in the future are uncertain. One course of action may itself drive up the price of particular weapons or materials, and it is not possible to predict these effects with complete accuracy. The characteristics and cost of some exceptional items may literally be fixed, or nearly fixed, even if we are looking several years ahead. Nonetheless, imperfect as it is, the money cost of a future program usually shows the sacrifice that would be required of the Department better than other measures.” Fordította: a szerző.)

hatásait, az akkori kor legfőbb védelmi erejével bíró Amerikai Egyesült Államok gazdasági erejét és a katonai döntések hatékonyságát. Egy illusztratív példán keresztül bemutatják a gazdasági analízis gyakorlati alkalmazhatóságát, az egyes bizonytalansági faktorok és az idő szerepét és hatását, valamint a katonai kutatás-fejlesztések szerepét, és szót ejtenek az egyéb, a nemzetek különböző érdekeiből eredeztethető „speciális védelmi problémákról”.

Az ezt követő időszakban különböző, a közgazdaságtan területén tevékenykedő gondolkodók más és más megközelítésből ugyan, de kutatásaikkal az elmúlt időszakokban kialakult irányokat erősítették. Idesorolhatók Mieczysław Obiedziński *Háború és hátorság*,³⁸ Wacław Stankiewicz *Hadigazdaságtan*,³⁹ Andrej Nyikolajevics Lagovszkij *Hadászat és gazdaság*,⁴⁰ valamint Alekszandr Ivanovics Pozsarov *A szocialista állam védelmének gazdasági alapjai*⁴¹ című munkái.

Szintén a Hitch és McKean által megindított kutatási irányt követte Keith Hartley (1949–) és Todd Sandler (1946–) *Handbook of Defense Economics* (A védelemgazdaság kézikönyve) címmel 1995-ben (I. kötet)⁴² és 2007-ben (II. kötet)⁴³ megjelent művében, amely az egyik legfrissebb, legösszetettebb és legfontosabb hivatkozott irodalom a szakterületet érintően. Hartley és Sandler ma is számos tudományos közleményt publikál, kutatásaik kulcskérdését a védelemgazdaság természetének és hatókörének vizsgálata képezi.

Szintén említésre érdemes Hartley 2016-ban megjelent *The Economics of European Defence* (*Az európai védelem gazdaságtana*) című munkája, amelyben az elmúlt időszakban tapasztalt, kedvezőtlen mértékű és tendenciális irányú védelmi erőforrások aggódalmáról ad számot. Ebben az alábbiakról olvashatunk: „A reálértéken csökkenő vagy állandó védelmi kiadások és a folyamatos költségnövekedés azt jelentik, hogy nem lehet elkerülni a nehéz védelmi döntéseket: valamiről le kell mondanunk. Egyes nemzetek már szembesültek ilyen döntésekkel, és jelentős képességekkel hagytak fel.”⁴⁴

Hartley ugyanezen művében ezzel egyidejűleg az európai védelmi politika hiányosságait kiemelve általános közgazdasági alapelveket fogalmaz meg, amivel a védelmi gazdálkodásra szánt erőforrások hatékonyabb felhasználását szorgalmazza.⁴⁵ Írásában kiemeli:

1. a tiszta verseny monopóliummal, oligopóliummal, monopolisztikus versennyel szembeni előnyét, rávilágít annak magas fokú hozzáadott értékkel rendelkező, innovatív és mindemellett piaci árat biztosító szerepére;
2. az egyes országok komparatív előnyeinek alapuló specializáció szerepét és fontosságát;

³⁸ OBIEDZIŃSKI 1971.

³⁹ STANKIEWICZ 1970.

⁴⁰ LAGOVSZKIJ 1981.

⁴¹ POZSAROV 1982.

⁴² HARTLEY–SANDLER 1995.

⁴³ HARTLEY–SANDLER 2007.

⁴⁴ HARTLEY 2016: 2. (Eredeti szöveg: „Falling or constant defence budgets in real terms and continued cost escalation mean difficult defence choices cannot be avoided: something has to go. Some nations have already confronted such choices and have abandoned a major capability.” Fordította: a szerző.)

⁴⁵ HARTLEY 2016: 2–4.

3. a méretgazdaságosság, a nemzetközi projektek és a K+F szerepét;
4. a *club goods*, vagyis a védelmi iparra jellemző közjószágok szerepének fontosságát;
5. a helyettesítő termékek szerepének előtérbe helyezését;
6. és végül, de nem utolsósorban a védelem kimeneti hatásának elsődlegességét a bemeneti faktorokkal szemben. Erről így ír:

„A védelem átfogóbb vizsgálatai általában inkább a bemenetekre, mint a kimenetekre összpontosítanak. A vitákban főként a haderő létszáma, valamint a repülőgépek, harckocsik és hadihajók száma dominál. Ez egy rossz módszer – a hangsúlyt a védelmi teljesítményhez való hozzájárulásra kell helyezni a béke, a védelem és a nemzetbiztonság nézőpontjában. El kell ismerni, hogy a védelmi teljesítménynél hiányoznak a pénzértékek, de a kimeneti fókusz gazdaságilag helyes. Ezenkívül figyelmet kell szentelni a ráfordítások kis változásainak a védelmi teljesítményekre gyakorolt hatásaira. Például: milyen hatással van egy kisebb vagy nagyobb légi erő (illetve egy kisebb vagy nagyobb létszámú haderő vagy haditengerészet) a védelmi teljesítményre?”⁴⁶

Hazai eredmények

Magyar vonatkozásban Szenes 2015-ben megjelent munkájában kiemeli: „A védelem gazdasági kérdéseivel foglalkozó tudományágazat külföldön fél évszázados múltra tekint vissza, de Magyarországon csak az 1980-as évek közepén alakult ki interdiszciplináris tudományterületként.”⁴⁷

A szerző írásában felsorolásszerűen összefoglalja a terület hazai művelőit. Köztük említi többek között a magyar védelemgazdaság megalapítóiként aposztrofált Thürmer Gyulát⁴⁸ és Janza Károlyt,⁴⁹ de felsorolásában helyet kap a védelemgazdaság-tan valódi részhalmozának tekintett katonai gazdaságtan fogalmi és szerkezeti kereteit megalakító Turák János,⁵⁰ valamint a listát folytatva Gazda Pál,⁵¹ Jászay Béla, Király László, Medveczky Mihály és nem utolsósorban a Mészáros Sándor–Kunos Bálint–Pálmáiné Takács Rita–Horváth Erika szerzőnégyes is.⁵² Azóta azonban újabb kiváló szakemberek álltak a szakterület vizsgálatának szolgálatába, így a 2015-öt követő időszakot érintően

⁴⁶ HARTLEY 2016: 4. (Eredeti szöveg: „Major reviews of defence usually focus on inputs rather than defence outputs. Inputs in the form of the numbers of military personnel and numbers of combat aircraft, tanks and warships dominate debates. This is the wrong method – the focus should be on the contribution of inputs to defence output in the form of peace, protection, and national security. Admittedly, there is an absence of money values for defence output, but the output focus is economically correct. Moreover, there should be an additional focus on the effects of small changes in inputs on defence outputs. For example, what are the effects of a smaller or larger air force on defence output; similarly for a smaller or larger army and navy?” Fordította: a szerző.)

⁴⁷ SZENES 2015: 7.

⁴⁸ THÜRMER 1977.

⁴⁹ JANZA 1988.

⁵⁰ TURÁK 1989; 1996.

⁵¹ GAZDA 1989; 2002; GAZDA–KASZA 2003: 1. 144–163., 2. 93–107.

⁵² MÉSZÁROS et al. 2010.

mindenképpen meg kell említenünk Taksás Balázs,⁵³ Petkovics Tamás⁵⁴ és Kiss Dávid⁵⁵ munkásságát.

A volt vezérkari főnök – jelenleg a Nemzeti Közzolgálati Egyetem professor emeritusa és a Magyar Hadtudományi Társaság elnöke – írásában kifejti,⁵⁶ hogy a szakterület kutatásának igénye a kilencvenes években olyan mértékben mutatkozott, hogy a kutatások centruma 2007-ig a mai Nemzeti Közzolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar jogelőd szervezete, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Közgazdaságtan és Védelemgazdaságtan Tanszéke, valamint 2010-ig a Budapesti Corvinus Egyetem Védelemgazdasági Tanszéke lett.

Szenes 2015-ös írásában hangsúlyozza, hogy a védelemgazdaság-tan művelőit magyar vonatkozásban igaz, számos kiváló szakember gazdagítja, ugyanakkor „sajnos az egyéni/munkahelyi kutatási kezdeményezések nem »állnak« össze egy olyan egységes diszciplínává, amit a szervezett szerű oktatási egységek tudtak biztosítani. Nyilvánvalóan ez a tény már középtávon hátrányosan érinti a védelemgazdaság összefüggéseinek és problémáinak kutatását.”⁵⁷ És ha már a tudományos kutatásnál problémák jelentkeznek, akkor miként várhatjuk el a döntéshozóktól az elméleti anyagok által biztosított tudásanyag gyakorlati alkalmazását? Erre adott választ egy, a Biztonságpolitikai és Honvédelmi Kutatások Központja Alapítvány (BHKK Alapítvány) gondozásában 2003-ban megjelent tanulmány.⁵⁸

Ez a mű, amely *Az erőforrások hatékony felhasználásának tervezése a védelmi szférában, különös tekintettel a pénzügyi erőforrásokra* címet viseli – mint a neve is mutatja – különös jelentőséget tulajdonít a védelmi szféra számára rendelkezésre álló (többek között) pénzügyi erőforrás felhasználása vizsgálatának. Azonban ha alaposabban megfigyeljük, a múltbeli adatokat és eljárásrendeket feldolgozó tanulmány készítésének dátuma több évvel ezelőttre tehető, amikor az 1999-ig megfigyelhető GDP-részarányos költségvetési támogatás csökkenése rövid időre emelkedő pályára állt.⁵⁹ Mindezekről eltekintve az akkor éppen emelkedő pályán lévő védelmi kiadások által meghatározott korszakot az írás többek között az alábbi kijelentéssel jellemzi: „A gazdasági tervezés folyamán nem készülnek el a szükséges részletességű megvalósíthatósági tanulmányok, valamint költség- és hatékonysági elemzések.”⁶⁰

A magyar (főként az előzőekben felsorolt) szerzők által írt szakirodalmat elemezve megállapítható, hogy míg a korábbi időszakban a védelemgazdaság hármas tagozódása (makro-, mezo-, mikroszint) köré épültek a kutatási eredmények, addig napjaink szakterületi kutatóinak (Taksás, Petkovics, Kiss et al.) íásaiban már inkább a nyugati felfogás ihlette gondolatok figyelhetők meg, s nem ritkán jelennek meg a reáltudományok

⁵³ TAKSÁS 2013.

⁵⁴ PETKOVICS 2016.

⁵⁵ KISS 2018.

⁵⁶ SZENES 2015: 8.

⁵⁷ SZENES 2015: 8.

⁵⁸ BHKK Alapítvány 2003. A tanulmány készítéséért felelős vezető kutató dr. Király László volt.

⁵⁹ Megjegyzés: Majd a 2004-es, Európai Unióhoz történt csatlakozásunkat követően ismét a GDP-részarányos támogatás csökkenése figyelhető meg. Vö.: BALLA–BOROS–BENCsik 2017: 4–15.

⁶⁰ BHKK Alapítvány 2003: 50.

eszköztárát előszeretettel alkalmazó írásművek (lásd például Kiss Dávid PhD-értekezését és korábbi cikkeit a szakterületre épített hálótervezés alkalmazásáról).

Összefoglalóan elmondható, hogy míg Magyarországnak az elmúlt évtizedekben bejelentett „haderőfejlesztései” megkérdőjelezhető végeredménnyel végződtek a magyar haderő és védelmi ipar számára (ami egyúttal az ez irányú, szakterületi kutatások hátterbe szorulását is eredményezte), addig a 2016 decemberében bejelentett, jelenleg is folyamatában zajló *Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program* által biztosított lehetőségek azt mutatják, hogy van értelme az elméleti kutatásnak, amelyek megfelelő alapokra helyezettsége biztos támaszt nyújt a megfelelő szinteken megvalósuló döntések meghozatalához. Ezen tendencia az utóbbi években megjelent írásművekben rendre megfigyelhető.

Összefoglalás

Jelen tanulmányban a fogalmi meghatározásokat követően alapvetően a nemzetközi szakirodalom szakterületi és gondolati fejlődésébe, majd érintőlegesen a hazai írásművek álláspontjaiba nyerhettünk betekintést. Megállapítottam, hogy a védelem és a gazdaság kapcsolatrendszere már a kezdetek óta foglalkoztatja a kor gondolkodóit. Ez megfigyelhető már a legkorábbi fennmaradt írásművekben is, így különösen Szun-ce *A hadviselés törvényei* című munkájában, amelyben az alábbi olvasható: „A háborút, amely az ország legnagyobb vállalkozása, az élet vagy halál alapja, a megmaradás vagy pusztulás útja, mindenképpen alaposan tanulmányozni kell.”⁶¹

Mint láthattuk, a kor gondolkodói különös figyelmet fordítottak a szakterület alapos tanulmányozására, amely alól nem voltak kivételek a közgazdaságtan legmeghatározóbb alakjai, mint például Leibniz, Kollonich, Smith, Ricardo, Say, Marx, Keynes, Friedman, valamint a McKean–Hitch és a Hartley–Sandler szerzőpáros sem.

Bemutattam, hogy a vadászó és vándorló életmódot folytató közösségek letelepedése hogyan és milyen mértékben váltotta ki a védelem szükségességét és megjelenését, valamint hogyan alakultak ki a reguláris hadseregek, továbbá hogyan oldódott meg a védelem fenntartásának finanszírozási kérdésköre, problematikája.

Betekintést nyerhettünk a világháborúk által megindított, főként reáltudományi alapokra helyezett fejlődéstörténetbe, valamint megismerkedhettünk mai korunk gondolkodóinak védelempolitikát érintő álláspontjaival.

A tanulmány utolsó negyedében ismertettem a tudományág hazai fejlődéstörténetének kezdeteit. Feltártam a „*régi fogalmakat*” használó hármas tagozódású védelemgazdasági felfogást, és láthattuk a jelenlegi fejlődési irányt képviselők álláspontját (a nyugatihoz hasonló, reáltudományi alapokra helyezés).

Összességében megállapítható, hogy bár a világ védelemgazdasággal kapcsolatos felfogása, a kutatások iránya jelentős előrelépést tett az elmúlt évtizedekben, a kor biztonságát fenyegető kihívások folyamatos változása (új fenyegetések, mint például

⁶¹ SZUN-CE 1995.

kiberhadviselés, migráció, terrorfenyegetettség stb.) mindig megnyitja az utat az érintett tudományterület, -ág, -ágazat további kutatási témái és irányai előtt. Hazai vonatkozásban egy 2019. május 22-én – a Magyar Tudományos Akadémián – megrendezett *Hogyan tovább Magyarország? Védelem és Biztonság* elnevezésű konferencián a Magyar Hadtudományi Társaság 2019. március 22-én újonnan megválasztott elnöke, prof. dr. Szenes Zoltán rávilágított az elmúlt időszakban a védelemgazdasági kutatási területen tapasztalt kutatási intenzitás erőteljes csökkenésére, s felhívta a figyelmet a kutatások előremozdításának fontosságára.

Zárásként pedig jelen elemzés bevezető gondolatait idézem, amelyekből megállapíthatjuk, hogy: védelem nélkül nincs biztonság, biztonság nélkül nincs erős gazdaság, erős gazdaság nélkül nincs védelem.

Felhasznált irodalom

- BALLA Tibor – BOROS István – BENCsik Gábor (2017): *A biztonság iránti kereslet, avagy a védelmi kiadások másik oldala. Költségvetés, pénzügy, számvitel*. Budapest: HM Védelemgazdasági Hivatal.
- BHKK Alapítvány (2003): *Az erőforrások hatékony felhasználásának tervezése a védelmi szférában, különös tekintettel a pénzbeni erőforrásokra*. Budapest: BHKKA.
- FERENCZI Zoltán (2006): *Operációkutatás. Értékünk az ember*. Humán erőforrás-fejlesztési Operatív Program. KEHOP 3.3.1-P-20204-09-0102/1-0 pályázat. Budapest. Online: www.sze.hu/~kundi/opkut_jegyzetek/Oper%E1ci%F3kutat%E1s.pdf
- GAZDA Pál (1989): *Katonai gazdaságtan*. Budapest: Zrínyi Miklós Katonai Akadémia.
- GAZDA Pál (2002): *Védelemgazdaságtan*. Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.
- GAZDA Pál – KASZA Zoltán (2003): A gazdaság és a katonai stratégia néhány közgazdasági összefüggése I. rész. *Katonai Logisztika*, 11(1), 144–163.
- GAZDA Pál – KASZA Zoltán (2003): A gazdaság és a katonai stratégia néhány közgazdasági összefüggése II. rész. *Katonai Logisztika*, 11(2), 93–107.
- HARTLEY, Keith (2016): *The Economics of European Defence #11*. York: University of York, Armament Industry European Research Group. Online: www.iris-france.org/wp-content/uploads/2016/12/ARESGroup-Economics_of_European-Defence-d%3%a9c2016.pdf
- HARTLEY, Keith – SANDLER, Todd szerk. (1995): *Handbook of Defense Economics. Volume 1*. Amsterdam–Oxford: North-Holland. Online: www.sciencedirect.com/handbook/handbook-of-defense-economics/vol/1/suppl/C
- HARTLEY, Keith – SANDLER, Todd szerk. (2007): *Handbook of Defense Economics. Volume 2*. Amsterdam: Elsevier B.V. Online: www.sciencedirect.com/handbook/handbook-of-defense-economics/vol/2/suppl/C
- HITCH, Charles J. – MCKEAN, Roland N. (1960): *The Economics of Defense in the Nuclear Age*. Santa Monica: The RAND Corporation.
- JANZA Károly (1988): *A védelem-gazdaságtan főbb tudományelméleti problémái*. PhD-disszertáció. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.
- KENNEDY Gavin [é. n.]: *Defense Economics*. Britannica. Online: www.britannica.com/topic/defense-economics

- KEYNES, John M. (1940): *How to Pay for the War. A Radical Plan for the Chancellor of the Exchequer*. London: Macmillan. Online: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.499597/page/n1>
- KISS Dávid (2018): *A védelemgazdaság struktúrájának matematikai modellezése különleges jogrend idején*. PhD-disszertáció. Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola. Online: www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/kiss_david_doktori_ertekezes_2018.pdf
- LAGOVSKIJ, Andrej Nyikolajevics (1981): *Hadászat és gazdaság*. Budapest: Zrínyi.
- MARX, Karl (1955): *A tőke. A politikai gazdaságtan bírálata*. Ford. Rudas László – Nagy Tamás. Budapest: Szikra. Online: <http://mek.oszk.hu/04700/04724/04724.pdf>
- MÉSZÁROS Sándor et al. (2010): *A védelemgazdaság mikrofolyamatai. Katonai gazdaságtan*. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem.
- OBIEDZIŃSKI, Mieczysław (1971): *Háború és hátorság*. Ford. Murányi Beatrix. Budapest: Zrínyi.
- PETKOVICS Tamás (2016): *Biztonság, védelem és a gazdaság kapcsolata*. Online: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11565.95202>
- POZSAROV, Alekszandr Ivanovics (1982): *A szocialista állam védelmének gazdasági alapjai*. Ford. Sörös Lajos. Budapest: Zrínyi.
- PÖCHER, Harald (2013): Security and Defence Economics – An Unknown Discipline. *Hadmérnök*, 8(2), 389–404. Online: www.hadmernok.hu/132_33_haraldp.pdf
- PRÉKOPA András (2007): George Dantzig (1914–2005). *Alkalmazott Matematikai Lapok*, 24, 159–161. Online: <http://aml.math.bme.hu/wp-content/uploads/2014/03/24-Prekopa.pdf>
- RICARDO, David (2001): *Principles of Political Economy and Taxation*. Kitchener: Batoche Books. Online: <https://socialsciences.mcmaster.ca/econ/ugcm/3ll3/ricardo/Principles.pdf>
- SAY, Jean-Baptiste (2011): *Traité d'économie politique ou simple exposition de la manière dont se forment, se distribuent et se consomment les richesses*. Paris: Institut Coppet. Online: <https://www.institutcoppet.org/wp-content/uploads/2011/12/Traite-deconomie-politique-Jean-Baptiste-Say.pdf>
- SMITH, Adam (2007): *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (Books I, II, III, IV and V). Amsterdam – Lausanne – Melbourne – Milan – New York – Sao Paulo: MetaLibri. Online: www.ibiblio.org/ml/libri/s/SmithA_WealthNations_p.pdf
- STANKIEWICZ, Wacław (1970): *Hadigazdaságtan*. Budapest: Magyar Néphadsereg Vezérkar Hadigazdasági Tudományos Tanács.
- SZENES Zoltán (2015): A védelemgazdaság helyzete Magyarországon. *Katonai Logisztika*, 23(2), 5–52. Online: http://epa.oszk.hu/02700/02735/00080/pdf/epa02735_katonai_logisztika_2015_2_005-052.pdf
- SZUN-CE (1995): *A hadviselés törvényei*. Ford. Tőkei Ferenc. Budapest: Balassi. Online: <https://mek.oszk.hu/01300/01345/01345.htm>
- TAKSÁS Balázs (2013): *Gazdasági biztonsági kihívások napjaink globalizált világában*. PhD-disszertáció. Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola.
- THÜRMER Gyula (1977): *A fegyveres küzdelem és a gazdaság*. Budapest: Zrínyi.
- TURÁK János (1989): *A katonai gazdaságtan főbb tudományelméleti kérdései*. PhD-disszertáció. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.
- TURÁK János szerk. (1996): *A védelemgazdaság makrofolyamatai. Hadigazdaságtan*. Budapest: Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem.

Vákát

Bene Viktória¹

A polgári védelmi szakterület változásai 2000-től napjainkig, a lakosságvédelem tükrében

A polgári védelem az I. világháborút követően a légoltalmi szervezetek megalakulásával kezdődött, és feladatrendszere egyre jobban kiterjedt. Többször újraszabályozták, és feladatai kibővültek, majd a légoltalom polgári védelmi szervezetté alakult át. Jelentős változást hozott a 2000-ben hatályba lépett első katasztrófavédelmi törvény, amelynek megfelelően megszületett a katasztrófavédelem. A 2000. évet követően a 2011. évi törvény módosításával újabb lényeges változás következett, amely során megalakult az integrált katasztrófavédelmi szervezet. Napjainkban az ország biztonságának fokozása érdekében az Alaptörvény kilencedik módosításával, a 2021. évi törvény megalkotásával, elfogadásával és rendszerbe állításával, valamint a Védelmi Igazgatási Hivatal létrejöttével egy új korszak kezdetének lehetünk részesei. A szerző tanulmányában a 2000. évtől napjainkig részletesen bemutatja a polgári védelmi szervezetek változását, és vizsgálja azok alkalmazkodását, tevékenységeit és esetleges nehézségeit napjaink új lakosságvédelmi kihívásaival szemben.

Kulcsszavak: lakosságvédelem, polgári védelem, katasztrófavédelem

Changes in the Field of Civil Protection From 2000 to the Present Day in the Light of Population Protection

Civil defense began with the formation of air defense organizations after the First World War. From time to time, it was re-regulated several times and its tasks expanded, after which the transformation of air defense into a civil protection organization took place. A significant change was brought about by the first disaster management law, which entered into force in 2000, in accordance with which disaster management was established. After 2000, another important shift followed with the amendment of the 2011 Act, during which the integrated disaster management organization was formed. Today, in order to enhance the security of the country, we can be part of the beginning of a new era with the Ninth Amendment to the Fundamental Law, the creation, adoption and implementation of the 2021 Law, as well as the start of the work of the Defense Administration Office. The author presents in detail the change of civil protection organizations from 2000 to the present day, in which she examines the adaptation, activities and possible

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; főtiszt, Honvédelmi Minisztérium Hatósági Főosztály Településrendezési Hatósági Osztály; e-mail: bene.viktoria.sl@gmail.com, bene.viktoria@hm.gov.hu; ORCID: 0000-0002-0319-4483.

difficulties of civil protection organizations in the face of today's new challenges of population protection.

Keywords: population protection, civil protection, disaster management

Bevezetés

Hazánkban a polgári védelem megalakulása és időközbeni szakaszos átalakulása mindvégig a lakosságvédelmet mint alapvető célt helyezte fókuszba. A polgári védelmi szakterület tevékenységének változásai többértűen mutatkoztak. A korszerűsítések és fejlesztések folyamata változatos és karakteres volt, ami főként a szervezeti átalakulásokban, valamint a szakállomány felkészítésében és felkészültségében nyilvánult meg.

Napjainkban a magyar polgári védelem a katasztrófavédelem integrált részét képezi, a természeti és civilizációs katasztrófák során az integrált katasztrófavédelmi rendszerben biztosítja a lakosságvédelmi feladatokat.

A védelmi és biztonsági szabályozásban a már ismert elképzelései és kialakítása, valamint a jövőbeni átalakulása során is lényeges szerepe van a lakosságvédelmi feladatoknak.

Jelen sorok írásakor az Országgyűlés már elfogadta az Alaptörvény kilencedik módosítását, ugyanakkor annak hatálybaléptetése még csak a jövőben esedékes. E módosítás alapvetően újraszabályozta Magyarország különleges jogrendbeli működési szabályait, és a tanulmányomban vizsgált kérdéskörre így szükségszerűen hatást gyakorolt.

Az Alaptörvény kilencedik módosításának hatálybalépését követően a veszélyhelyzetre vonatkozó rendkívüli szabályok szövegszerűen jelentős változást szenvednek, a lényegi tartalom változása ugyanakkor – jelen tanulmány szempontjából – már egyáltalán nem olyan jelentős, ami alapvetően a különleges jogrendi szabályok átstrukturálásából következik.

Tanulmányomat az Alaptörvényre, a 2000-ben hatályba lépett első katasztrófavédelmi törvényre, a 2012-től alkalmazott második katasztrófavédelmi törvényre, a jelenleg hatálybalépés előtt álló, védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról szóló 2021. évi XCIII. törvényre, valamint a nemzetközi katasztrófa/veszély esetén történő segítségkérés és segítségnyújtás áttekintésére építem.

A veszélyhelyzet Alaptörvény szerinti értelmezése

A veszélyhelyzet már az 1949. évi Alkotmányban is megjelent fogalmi szinten, de annak tartalmi elemét mindössze az állampolgárok élet- és vagyonbiztonságát veszélyeztető elemi csapások, illetőleg azok következményeinek elhárítása képezte. Mindez a kormányról szóló VII. fejezetbe ágyazva kapott létjogosultságot. Az Alaptörvény elfogadását megelőző 2010. évi vörösiszap-katasztrófa következményei kezelésének tapasztalataira tekintettel az Alaptörvény különleges jogrendről szóló részében viszont már önálló alcím alatt jelenik meg a veszélyhelyzet.

Az Alkotmány az elemi csapást, illetve az ipari szerencsétlenséget a szükséghelyzet fogalmával fedte le, és ilyen esetben a különleges jogrend bevezethetősége szempontjából a szükségállapot elrendelését tette lehetővé. Ezzel szemben az Alaptörvény az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető elemi csapás vagy ipari szerencsétlenség esetén, valamint ezek következményeinek elhárítása érdekében már a veszélyhelyzet kihirdetését rögzíti.

Az Alaptörvény záró rendelkezéseiben a már elrendelt különleges jogrend esetére a szükségállapot után két „örököszt” nevez meg: a szükségállapotot, valamint a veszélyhelyzetet, függően a rendkívüli állapot bevezetésének kiváltó okától.

A *veszélyhelyzet* az Alaptörvény *különleges jogrendről* szóló részében sajátos és egyedi abban a vonatkozásban, hogy az egyetlen olyan rendkívüli helyzetet hivatott kezelni, amely nem fegyveres, illetve erőszakos fenyegetést jelent az ország alkotmányos rendjét tekintve.

Az Alaptörvény jelenleg hatályos tartalma szerint csupán egy cikkben taglalja a veszélyhelyzetre vonatkozó rendelkezéseit, az alábbiak szerint:

„53. cikk

(1) A Kormány az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető elemi csapás vagy ipari szerencsétlenség esetén, valamint ezek következményeinek az elhárítása érdekében veszélyhelyzetet hirdet ki, és sarkalatos törvényben meghatározott rendkívüli intézkedéseket vezethet be.

(2) A Kormány a veszélyhelyzetben rendeletet alkothat, amellyel – sarkalatos törvényben meghatározottak szerint – egyes törvények alkalmazását felfüggesztheti, törvényi rendelkezésektől eltérhet, valamint egyéb rendkívüli intézkedéseket hozhat.

(3) A Kormány (2) bekezdés szerinti rendelete tizenöt napig marad hatályban, kivéve, ha a Kormány – az Országgyűlés felhatalmazása alapján – a rendelet hatályát meghosszabbítja.

(4) A Kormány rendelete a veszélyhelyzet megszűnésével hatályát veszti.”²

A veszélyhelyzet értelmezéséhez támpontként szolgálnak az Alaptörvény különleges jogrendre vonatkozó közös szabályai:

„54. cikk

(1) Különleges jogrendben az alapvető jogok gyakorlása – a II. és a III. cikkben, valamint a XXVIII. cikk (2)–(6) bekezdésében megállapított alapvető jogok kivételével – felfüggeszthető vagy az I. cikk (3) bekezdése szerinti mértéken túl korlátozható.

(2) Különleges jogrendben az Alaptörvény alkalmazása nem függeszthető fel, az Alkotmánybíróság működése nem korlátozható.

(3) A különleges jogrendet a különleges jogrend bevezetésére jogosult szerv megszünteti, ha kihirdetésének feltételei már nem állnak fenn.

(4) A különleges jogrendben alkalmazandó részletes szabályokat sarkalatos törvény határozza meg.”³

Mindezeket túl az Alaptörvényben utalás szintjén sem jelenik meg a veszélyhelyzet mint fogalom. Be kell érni azzal, hogy a különleges jogrend fogalmi körén belül keresünk támpontot az értelmezéshez. Ennek megfelelően az Alaptörvény *T)* cikke értelmében sarkalatos törvény eltérően is megállapíthatja a különleges jogrendben alkotott jogszabályok

² DRASKOVICH 2020.

³ DRASKOVICH 2020.

kihirdetésének szabályait, az 1. és 9. cikk értelmében az Országgyűlés, illetve a köztársasági elnök különleges jogrendet érintő döntéseket hoz, valamint a 36. cikk (6) bekezdése értelmében az államadósság csökkentésére vonatkozó költségvetési rendelkezések betartásától lehetséges eltérni különleges jogrend idején, az azt kiváltó körülmények okozta következmények enyhítéséhez szükséges mértékben, vagy a nemzetgazdaság tartós és jelentős visszaesése esetén, a nemzetgazdasági egyensúly helyreállításához szükséges mértékben.

Az idézett szabályok alapján úgy értelmezhető a veszélyhelyzet, mint önállóan nevesített különleges jogrend, amely akkor rendelhető el a kormány által, ha az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető elemi csapás vagy ipari szerencsétlenség történik. Nem lehet azt megelőzően kihirdetni, hanem csak a bekövetkezést követően. Érdekes gondolatjáték, hogy az életet veszélyeztető, de a vagyonbiztonságot nem fenyegető, tehát anyagi kárt nem okozó elemi csapás esetén elrendelhető-e a veszélyhelyzet. E kérdésre alább megtalálható a válasz, bár lehet vitatni. A veszélyhelyzet fennállásának időtartamára vonatkozóan nem található korlátozás az Alaptörvényben. A veszélyhelyzet tehát az „esemény” bekövetkezését követő kihirdetésétől az elrendelésre jogosult általi visszavonásig tart. Kérdéses marad, hogy amennyiben a veszély, illetve elhárításának áldozatául esik a kormány, milyen jogi helyzet állhat elő, de ennek taglalása jelen írás kereteit bőven meghaladja. A kormány rendeleti szabályai viszont már időbeli korlátozás alá esnek, bár az érvényben tartásra is ad lehetőséget a szabályozás. A különleges jogrenddel összefüggésben hozott rendelet ugyanakkor a veszélyhelyzet megszűntével hatályát veszti.

Megjegyzendő, hogy az Alaptörvény kilencedik módosítása ezt a problémát annyiban orvosolja, hogy maximálja a veszélyhelyzet fennállásának időtartamát, amely így mindösszesen harminc nap lehet. Ez ugyanakkor meghosszabbítható az Országgyűlés, vagy annak akadályoztatása esetén a köztársasági elnök által, ám a hosszabbításra vonatkozóan ilyen időbeli korlátot már nem határoztak meg, így a probléma lényegében megmaradt.

A különleges jogrend létjogosultsága kimondatlanul azon alapul, hogy az ország működése a normál – tehát nem különleges – körülmények között fennálló szabályok alapján nem biztosított, valamilyen „zavaró” körülmény azt akadályozza. Ez a „zavaró” körülmény nem lehet jelentéktelen, hiszen az elhárítása érdekében az alapjogok kevés kivétellel korlátozhatók, illetve felfüggeszthetők. Az Alaptörvény erre a helyzetre vonatkozóan alapvetően csak a keretet biztosítja, a működtethetősége szabályainak megalkotását már (mint azt az idő bizonyította, csekély garanciális korlátozást jelentő) sarkalatos törvények körébe utalja. Korlátozást annyiban fogalmaz meg, hogy az alapjogokat érintő törvényi szabályozási lehetőség mely jogokra nem terjed ki.

A veszélyhelyzet vonatkozásában leginkább releváns sarkalatos törvényi szintek:

- a 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről;
- a 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról (2011. évi CXXVIII. törvény).⁴

⁴ DRASKOVICH 2020.

Az utóbbi törvény hatályos megfogalmazása szerint azt kell alkalmazni az Alaptörvény 53. cikkében definiált veszélyhelyzet elrendelése esetén – bár ez alól a meghatározás alól a törvény maga számos kivételt említ.

A veszélyhelyzetről szóló fejezetben kiemelt helyen, elsőként rögzíti hosszasan, mégis példálózó jelleggel azokat az eseményeket, amelyek alapján a veszélyhelyzet elrendelhető.

Kiváltó okok a 2011. évi CXXVIII. törvény 44. §-a alapján az alábbiak lehetnek:⁵

- elemi csapások, természeti eredetű veszélyek, mint például árvíz, elháríthatatlan jégtorlasz vagy töltésszakadás;
- ipari szerencsétlenség, civilizációs eredetű veszélyek, mint például a szabadba került veszélyes anyag, nem tervezett radioaktív kiszóródás és egyéb sugárterhelés;
- egyéb eredetű veszélyek, mint például tömeges megbetegedést okozó humánjárvány vagy járványveszély, állatjárvány, ivóvíz célú vízkivétellel érintett felszíni és felszín alatti vizek haváriaszerű szennyezése, valamint a kritikus infrastruktúrák olyan mértékű működési zavara, amelynek következtében a lakosság alapvető ellátása több napon keresztül vagy több megyét érintően akadályozott.

A magyar polgári védelmi szakterület történeti áttekintése

A lakosságvédelemre való törekvés az emberiség történetének kezdetétől jelen van. Megjelenését datálhatjuk akár az őskorra, az ókorra vagy a középkorra: minden időben meg kellett szervezni az ember védelmét a különféle természeti és civilizációs hatásoktól, amely tevékenység az adott korszak technológiai ismereteivel párhuzamosan folyamatos változásokon ment keresztül. A folyamat pedig mind a mai napig tart.

A magyar polgári védelem történeti áttekintése 1999-ig

A légi haditechnikai fejlődés az első harcoló, bombázó repülőgépekkel az I. világháborúban mutatta meg annak lehetőségét, hogy a mindaddig elérhetetlennek tűnő hátszágban található célokat, ipari és polgári létesítményeket támadjanak. Ennek veszélyét felismerve 1917-ben alakult meg a légoltalom mint védelem. A légvédelem mellett pedig hamarosan megkezdődtek az intézkedések a polgári védelmi szervezet alatt álló lakosságvédelem szabályozására, valamint kialakították a légi figyelő- és riasztórendszert. Az I. világháborút követően az 1930-as évek elejére Európa majdnem minden országában megalakultak a légoltalmi szervezetek. Magyarországon az 1933-ban létrejött Országos Légvédelmi Parancsnokság személyi állománya kidolgozta az ország légvédelmének rendszerét és szabályozását, amelyek keretében sor került a polgári légoltalom fejlesztésére, és előkészítették a polgári légvédelmi törvénytervezetet. Az 1935. évi törvény előírta

⁵ 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.

a polgári védelmi kötelezettségek szabályait. Az ország területét 7 légvédelmi kerületre osztották, és védelmi szempontok szerint osztályozták, valamint csoportosították. A honvédelemről szóló törvény 1939-ben vált hatályossá, benne megvalósult a légoltalommal kapcsolatos jog- és hatáskör új alapokra helyezése és annak egy irányítás alatt tartása. A stabil védelem nem tartott sokáig, mert a felépített légoltalom a II. világháború után széthullott.⁶

A légoltalom 1848 és 1962 között a belügyi tárca felügyelete alatt állt. 1949-ben soron kívül megkezdődött a légoltalom újjászervezése, amelynek jogi alapját a honvédelemről szóló 1939. évi törvény képezte. A háborús tapasztalatok alapján itt már a területi védelem került előtérbe, és a településeket, valamint az üzemeket három kategóriába osztották. 1950-ben megalakult a Belügyi Légoltalmi Országos Parancsnokság, amelynek feladatai között szerepelt a rendszer kiépítése, az óvóhelyek működőképességének felügyelete, védett létesítmények építtetése, valamint a lakosság önvédelmi felkészítése. 1953-ban a légoltalom hatásköre az országot érintő természeti és ipari katasztrófák elleni védekezést célzó teendőkkel bővült, az 1956-os forradalom után pedig már helyreállítási feladatokat látott el. Ezt követően, 1958-tól fő cél volt a légoltalom polgári védelmi fejlesztése. 1962 és 1972 között újra a honvédelmi tárca alárendeltségébe került. 1964-ben a légoltalom helyett új kifejezést vezettek be: a polgári védelmet, majd a polgári védelmi feladatok újbóli szabályozása vette kezdetét. A terület megőrizte függetlenségét, és nem vált a Magyar Néphadsereg részévé. Fő feladatai közé tartozott többek között a lakosságvédelem megszervezése, az ipari létesítmények védelme, a természeti és civilizációs katasztrófák elleni védekezés, valamint a tömegpusztító fegyverek csapásaival járó mentesítő-helyreállító munkálatokban való közreműködés. A polgári védelmi felkészítés alapja a nukleáris fegyverek elleni védekezés kidolgozása volt. A polgári védelem 1970-ben meghatározó szerepet kapott a katasztrófavédelmi rendszer feladatai közé tartozó árvízvédelemben, és bizonyította felkészültségét országos, fővárosi és megyei szinten mentő, fertőtlenítő és helyreállító munkálatok alkalmával.⁷

1972 és 1988 között lehetőség lett volna a polgári védelem és a honvédség integrálására, de ez nem történt meg. 1973-tól a polgári védelem nem rendelkezett katonai erővel, kizárólag polgári védelmi szervezetek, szakszolgálatok, valamint önvédelmi szervezetek alkották. 1977-ben az 1949. évi genfi egyezmény kiegészült, szabályozva a polgári védelem helyét, szerepét a nemzetközi hadijogban. A dokumentumban rögzítették a polgári védelem humanitárius feladatait és célját, a védelem biztosítását háborús események és katasztrófa alkalmával, valamint részletesen meghatároztak minden polgári védelmi teendőt. 1967 és 1988 között új óvóhelyeket jelöltek ki, illetve adtak át. A változások folyamatosak voltak, és szépen haladtak, majd ez időszak végén, 1988-ban létrejött a Hátországvédelmi Parancsnokság. Az átszervezések nem álltak meg, a komolyabb áttörés 1999 és 2000 közé tehető. Ebben az időszakban a katasztrófák elleni védekezés és a polgári védelmi felkészítés volt a legfontosabb feladat. Felmerült a polgári védelem szükségességének kérdése, de végül a szervezet fennmaradása mellett döntöttek.

⁶ BERKI 2014.

⁷ BERKI 2014.

1989-ben határozat született a polgári védelem országos irányításának változásáról. A határozatban a miniszteri tanács rendelkezései alapján rögzítették, hogy a polgári védelem a belügyi tárca alá került. 1999-ben megjelent az első katasztrófavédelmi törvény.⁸

A magyar polgári védelmi szakterület változásai 2000–2011 között

2000. január 1-jén hatályba lépett az 1999. évi LXXIV. törvény a katasztrófák elleni védekezés irányításáról, szervezetéről és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről, amely új korszakot nyitott a polgári védelem hazai történetében. A törvény indoklásából kiderült, hogy hatálybalépése előtt nem rendelkezünk olyan jogszabállyal, amely egységesen szabályozta volna a védelmi tevékenység felső és alsó szintű cselekedeteinek rendjét. Mindezzel a jogalkotó célja arra irányult, hogy egy esetlegesen bekövetkező katasztrófa esetén a különböző szintű szervek tevékenységét szabályozzák, összehangolják, aminek érdekében egyúttal megteremtették egy új katasztrófavédelmi szerv a Belügyminisztérium alárendeltségébe tartozó rendvédelmi szerv, a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (BM OKF) létrehozásának alapjait is. A katasztrófavédelmi feladatok végrehajtásában azt megelőzően részt vállaló szervek továbbra is fennmaradtak, és a csekély mértékben megváltozott szabályozási közegben az 1993. évi CX. törvény a honvédelemről, az 1996. évi XXXVII. törvény a polgári védelemről, valamint az 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról alapján folytatták működésüket. Ugyanakkor az új hivatal felállítása nem csupán az egységes irányítás megteremtése által – megszüntetve így párhuzamosságokat is – tette hatékonyabbá e szervek védelmi tevékenységét, hanem egyszersmind a nemzetközi segítségnyújtás, illetve az annak elfogadásával járó koordinációs feladatok ellátásáért felelős szervezetként is, amelynek létrejöttével megfelelhetünk az adott időszakban jelentkező, új nemzetközi szerepvállalásainkból⁹ származó kötelezettségeinknek. Az újonnan létrehozott BM OKF országos, megyei és helyi szinten működött.¹⁰ Az intézmények elnevezéséből eltűnt az addig meghatározó „parancsnokság” megjelölés, ami egyúttal szimbolizálni igyekezett a polgári védelem katonai vonásoktól történő eltávolodását, polgáriasodását is.

Muhoray Árpád tapasztalatai és korábbi nyilatkozata¹¹ alapján a 2003. évi korszerűsítésekkel és fejlesztésekkel fellendülés mutatkozott, amely megnyilvánult többek között a polgári védelmi kötelezettségen alapuló polgári védelmi szervezetek létrehozásában és a vonatkozó okmányok bevezetésében. Lényeges lépésként megemlíthető, hogy megkezdődött a Magyarország területén telepített lakossági tájékoztató és riasztórendszer rekonstrukciója, valamint a hazai és a nemzetközi segítségnyújtásban közreműködő

⁸ BERKI 2014.

⁹ Észak-atlanti Szerződés Szervezete (*North Atlantic Treaty Organization*, NATO), Európai Unió (*European Union*, EU), Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (*Organisation for Economic Co-operation and Development*, OECD). A továbbiakban a rövidítések szerepelnek.

¹⁰ MUHORAY 2017.

¹¹ MUHORAY 2017.

különleges mentőszervezetek tevékenységének, védekezésbe történő bevonásának szabályozása. Továbbá 2010 júniusában az integrációban eltöltött első 10 év után középtávú jövőképet vázolt fel, amelyből a következő lényeges gondolatokat emeltem ki. A polgári védelmi feladatok hatékonyságának érdekében a jövőben kiemelten figyelemmel kell lenni az egyre gyakoribb szélsőséges időjárási viszonyok hatásainak következményeire és azok kezelésére. Javaslatot tett arra vonatkozóan, hogy folytatni kell fegyveres konfliktus esetén a lakossági oltalmazással kapcsolatos feladatokat, valamint fokozni kell a lakosság önmentő képességének tudatosságát. A jogszabályok, valamint a települések veszélyességi besorolásának korszerűsítése mellett felhívta a figyelmet a civil mentőszervezetek hazai és nemzetközi segítségnyújtásba történő bevonásának jogi szabályozására, valamint az óvóhelyi védelem követelményeire. Továbbá arra is rámutatott, hogy fel kell újítani a lakosság elavult légi- és katasztrófariaszító eszközeit, valamint az atomerőmű lakossági riasztó-tájékoztató rendszer vezérlését, és felül kell vizsgálni a polgári védelem hatósági és szakhatósági jogköreit.¹²

A magyar polgári védelmi szakterület változásai 2011–2021 között

Az 1999. évi törvény módosításával kialakult a katasztrófavédelem integrált szervezete, amely a polgári védelem, a tűzvédelem és az iparbiztonság területeit öleli fel.

Alig egy évvel a kolontári katasztrófa bekövetkezése után, pár hónappal az Alaptörvény elfogadását követően szükségessé vált az Alaptörvény kereteibe illeszkedő új szabályozási környezet. A megelőző tapasztalatokból a törvényalkotó arra a következtetésre jutott, hogy a katasztrófák következményeinek elhárítása, illetve megelőzése alapvetően az állami szerepvállalás súlyának növelésével, a védelmi igazgatás területi és helyi szervei jogosítványainak megújításával és a szükséges megelőző intézkedések magasabb fokú szervezettségének megteremtésével lehetséges, biztosítva ezáltal Magyarország működőképességét, valamint lakosságának élet- és vagyonbiztonságát.

Az Alaptörvényben megjelent – a honvédelmi kötelezettség mellett – a polgári védelmi kötelezettség, a „katasztrófavédelmi feladatok” ellátása, és az ennek megfelelő részletszabályokat – köztük a személyesen teljesítendő, valamint a vagyoni szolgáltatásokról – az új katasztrófavédelmi törvényben fejtették ki.

2012. január 1-jén lépett hatályba a 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet az egyes törvények módosításáról és annak végrehajtásáról (vhr.).

A változások főbb területei az alábbiak szerint összegezhetők.

¹² MUHORAY 2010.

A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védelem erősítése

A kolontári események ihlette módosítások azzal a feltevéssel próbáltak számolni, hogy a hasonló balesetek bekövetkezésének esélye az állami beavatkozás, illetve szerepvállalás növelésével csökkenthető. Kézenfekvő megoldásnak a hatósági engedélyezési és ellenőrzési tevékenységek kiterjesztése, valamint racionalizálása tűnt. Mindebből leginkább a kiterjesztés valósult meg azáltal, hogy a nemzetközi követelményeknél alacsonyabb küszöbértéket határoztak meg (nem törvényi szinten) az engedélyezési eljárásokban. Iparbiztonsági hatóságot hoztak létre, valamint átszervezték a veszélyes áruszállítással kapcsolatos hatósági eljárásokat is. Új jelenséggént rögzítették ugyanakkor a katasztrófavédelmi bírság intézményének bevezetését. Az addig létező szankciórendszer ilyen bővítése szerencsés abból a megközelítésből, hogy az önszabályozás révén kényszerítőleg hat a szabálykövetési hajlandóság javítására, de a racionalizációs tevékenység mégsem ez, hanem a szakhatósági eljárások kiiktatása a veszélyes ipari létesítmények hatósági engedélyezési eljárásából. A törvényhozó (és nem mellel a szakmai érdekképviselői szervek) meglátása alapján a hivatásos katasztrófavédelmi szerv központi szervezete maradéktalanul rendelkezik azzal a szakmai felkészültséggel, amely az engedélyezési eljárások lefolytatásához több mint elegendő.

A lakosságvédelem erősítése

Az új szabályozási környezetben a jogalkotó a lakosságvédelem komplex szemléletével igyekezett ösztönözni a polgári lakosság kríziskezelési képességeinek fejlesztését. Ennek érdekében nemcsak a Nemzeti alaptantervbe vezették be a katasztrófavédelem alapvető ismereteit, de lehetővé tették azoknak a pedagógus-, a közigazgatási vezetőképzés és a polgármestereknek szervezett továbbképzések ismeretanyagába és gyakorlati képzéseinek kereteiben való megismerhetőségnek is. Új jogintézményként debütált a helyi önkormányzatoknál a védelmi igazgatási feladatokat támogató közbiztonsági referensek alkalmazásának lehetősége, illetve előírása. Kötelezték a médiaszolgáltatókat a közérdekű közlemények soron kívüli (akár műsormegszakítással járó) közlésére, és rendelkezéseket alkottak a lakossági riasztórendszer telepítésére vonatkozóan is.

Szabályozták továbbá a veszélyeztetett területre történő belépésre, valamint a terület elhagyására vonatkozó előírást. Ez talán az egyik legkomolyabb „szigorítás” a szabályozás keretében, ugyanis általa az érintett területen élők alapvető emberi jogait korlátozhatják. Az nem kérdés, hogy az emberi életek védelme érdekében legalábbis mérlegelhető egy ilyen jogszabály indokoltsága, a jogalkotó ugyanakkor párhuzamosan nem erősítette meg a korlátozás által érintettek jogainak védelmét, lényegében megfelelőnek tartva az Alaptörvény jogorvoslatra vonatkozó intézményesült garanciáit.

A polgári védelem szerepének erősítése, a polgári védelmi szervezetek alkalmazásának fejlesztése

Az új jogszabály megszületése időszakában az volt az irányadó vélekedés, hogy egy világméretű katonai konfliktus kialakulásának esélye rendkívül csekély. Ennek megfelelően a polgári védelem korábbi távolodása a katonai-honvédelmi feladatoktól továbbra is vezérfonál maradt a polgári védelmi tevékenységek szervezése során. A fentiek tükrében kissé meglepő jelenség, hogy az állami kötelezettségvállalás terheinek enyhítése érdekében a veszélyelhárításban teret nyertek a speciális képességekkel rendelkező önkéntes, illetve civil szerveződések, persze a helyi és területi állami intézmények szakmai kontrollja mellett. Az új fókusz a lakosság létfenntartásához szükséges anyagi javak megteremtésére, illetve védelmére helyeződött. Érvényesülésének egyik tipikus jele, hogy az 1996. évi XXXVII. törvény a polgári védelemről lényegében integrálódott az „új” 2011. évi CXXVIII. törvény szerkezetébe, ugyanakkor horgonyként megmaradt az az alapelv, hogy fegyveres konfliktus esetén a polgári védelmi feladatok részei a honvédelmi kötelezettségeknek, így azokat az új honvédelmi törvény is szabályozza.

Az új szabályozási környezet tette lehetővé továbbá az egyre gyakrabban felmerülő rendkívüli időjárási jelenségek miatt bekövetkező rendkívüli események hatékony kezelését célzó katasztrófavédelmi szabályzat megalkotását, egységesítendő és szabályozandó a rendkívüli esemény által érintett területen tartózkodók alapvető magatartási normáit.

A polgári védelem szerepének növelése érdekében a területet érintő hatósági eljárásokat is újraszabályozták. Azok alapvetően szakmai szervezetekhez kerültek, ezzel is tehermentesítve az önkormányzatokat és egységesítve a követelményeket. Ugyanakkor a helyismeret hiányából fakadó kockázatokra a már fentebb említett közbiztonsági referensek eljárásba vonásával igyekeztek garanciát biztosítani a helyi egyedi körülmények figyelembevételéhez.

A katasztrófák elleni védekezés hatékonyabbá tétele

E terület talán leglátványosabb változása az állami tűzoltóság létrehozása, a hivatásos tűzoltóságok egységes szervezetbe integrálása volt. Mindez az ország területének 20%-án elsődleges tűzvédelmi feladatokat ellátó önkéntes (köztestületi) tűzoltóságok létét és működését nem érintette. A feladatok állami átvétele alapvetően államigazgatási-finanszírozási szempontú átszervezés volt.

A 2011. évi CXXVIII. törvény bevezette a „katasztrófaveszély” fogalmát. Ezzel új időszakot határoztak meg a katasztrófa bekövetkezésével kapcsolatos események folyamatában. A veszélyhelyzetben alkalmazható beavatkozásokat és az azokat követő helyreállítási időszakot kiegészítette a mindezeket megelőző katasztrófaveszély időszaka, amelyben a megelőzési feladatok foganatosításának adtak teret azért, hogy amennyiben szükséges, előre kidolgozott tervek alapján azonnali intézkedések születhessenek az emberi élet, a létfenntartáshoz szükséges anyagi javak, a kritikus infrastruktúrák védelme és a lakosság alapvető ellátásának biztosítása érdekében. Ezen „előzetes” intéz-

kedések megfelelő alkalmazásával szerencsés esetben elkerülhetővé válhat a rendkívüli állapot elrendelése, fenntartva ezzel az állam normális működési rendjét.

A magyar polgári védelmi szakterület változásai 2022-től

2013-tól Európa biztonsági környezete jelentős átalakuláson ment keresztül.

„A veszélyeztető tényezők sokrétűsége napjainkra egyre nyilvánvalóbb. A természeti és civilizációs katasztrófák, a fegyveres konfliktusok, a terrorcselekmények mellett számolni kell a globális felmelegedés, a migráció, a járványok következményeivel, az energiaellátás, az informatikai, a távközlési és a szállítási rendszerek kieséséből adó rendkívüli helyzetekkel, amelyek komoly terhet jelentenek a lakosságra nézve.”¹³

Mindeddig a jogalkotó esetről esetre kényszerült reagálni az említett fenyegetésekre és kihívásokra, de az eseti intézkedések rendszeresen képezték kritika tárgyát mind a belső, mind pedig a nemzetközi politikai fórumokon.

2021. június 25-én jelent meg a *Magyar Közlöny*ben a közlemény, amely szerint elfogadták a 2021. évi XCIII. törvényt a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról.¹⁴ A hatálybalépés előtt álló törvény alapvető célja egy, a komplex biztonság megközelítéséhez illeszkedő, összehangolt védelmi és biztonsági rendszer kialakítása.¹⁵

Az új törvény az eddig kialakult, ágazati alapú működést egy új és hatékonyabb együttműködést ígérő összkormányzati koordinációs rendszerrel váltja fel, ezzel hatékonyabbá téve az Alaptörvény különleges jogrendi szabályozásának alkalmazását, kiegészítve azzal az új szemlélettel, amely kiemelt területként határozza meg a társadalom felkészültségének és biztonságtudatosságának erősítését. A törvényszöveg megalkotója a hatékony válságkezelés érdekében egy új szerv alapítását rögzíti. Ez a védelmi és biztonsági igazgatás központi szerveként várhatóan alkalmas lesz a rövid idő alatt változó körülményekhez gyorsan alkalmazkodni és azokra gyorsan reagálni. Mindennek érdekében e hatóság részére minden olyan szükséges jogosítványt biztosítanak, amely lehetővé teszi az eseti operatív döntések meghozatalát, valamint a fegyveres és rendvédelmi szervek tevékenységének összehangolását Magyarország működőképességének fenntartása, valamint állampolgárai élet- és vagyonbiztonságának megőrzése érdekében mind a rendes, mind pedig a különleges jogrendi időszakok alatt.

¹³ HORNYACSEK 2019; PADÁNYI 2015.

¹⁴ 2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról.

¹⁵ LÁSZLÓ 2022.

Nemzetközi katasztrófa/veszély esetén történő segítségkérés és segítségnyújtás áttekintése

1957-ben a II. világháború pusztításából okulva hat ország szerződést kötött egymással az európai béke fennmaradása érdekében. E közösség gyarapodásával a mai Európai Unió (az Egyesült Királyság kilépésével) immár 27 tagot számlál. A kezdetekben alapvetően gazdasági, kereskedelmi szövetségként indult szervezet az évtizedek alatt egyre mélyebb integrációt valósított meg. A folyamat részeként erősödött az együttműködés a tagállamok között, amely a segítségnyújtás mellett más tennivalókkal is együtt járt. Többek között 1999-ben egy polgári védelmi akcióprogramot hoztak létre, amelynek célja, hogy az EU támogatást nyújtson a tagállamoknak. A Polgári Védelmi Mechanizmus (a továbbiakban: Mechanizmus) megvalósulásával, a költségvetés hozzárendelése révén számos új lehetőség merült fel. Ilyen volt a humanitárius és katasztrófa-segítségnyújtás. A költségvetés mellett az EU-nak meg kellett újítania a polgári védelmi szabályozást is. A következő változás a történelem során a lisszaboni szerződés aláírása, amely kibővítette a biztonsággal kapcsolatos szabályok körét. A legfőbb cél az lett, hogy az EU-ban közös nyelvet beszéljenek a katasztrófavédelem területén, valamint további intézkedéseket hoztak. A nemzetközi katasztrófák esetén történő segítségnyújtás és segítségkérés több minisztériumot is érinthet. Az érintett tárcák közötti koordinációt, valamint a segítségnyújtásban részt vevő szervek tevékenységének megszervezését és egyéb operatív feladatokat a BM OKF végzi. Ebben az operatív munkában fontos elem a nemzeti kapcsolattartó pont, amely az EU, a NATO, az Egyesült Nemzetek Szervezete (a továbbiakban: ENSZ) és egyéb regionális és kétoldalú katasztrófavédelmi szövetség rendszerében működik.¹⁶

A BM OKF-nek és a katasztrófák elleni védekezésért felelős miniszter irányítása alá tartozó, végrehajtást végző szervezetnek a katasztrófák elleni védekezésben kiemelt a szerepe. A hazánkban megalakított katasztrófavédelem 2000-ben még egész más nemzetközi környezetben tevékenykedett, de az új törvény pótolta az előző rendszer hiányosságait. A 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról III., a katasztrófák elleni védekezésért felelős miniszter irányítása alá tartozó, a katasztrófavédelem végrehajtását végző szervekről és feladataikról szóló fejezetében felsorolják a nemzetközi együttműködés területén végrehajtandó, a BM OKF felelősségi körébe tartozó feladatokat.¹⁷

A Mechanizmuson keresztül a Veszélyhelyzeti Reagáló Központ (*Emergency Response Centre, ERC*) gyűjti a világ veszélyeivel kapcsolatos beérkezett információkat, és segítséget nyújt, valamint állandó kapcsolatban áll az Európai Unió 27 tagállamával. Az ERC ügyeleti feladatait a Közös Veszélyhelyzeti Kommunikációs és Információs Rendszeren (*Common Emergency Communication and Information System, CECIS*) keresztül látja el. A CECIS nemzetközi adatbázisok tárolására szolgál. 2007-ben a Tanács elfogadta a legok, vagyis polgári védelmi modulok létrehozását, amelyek bármely katasztrófa esetén, humanitárius segítségnyújtásban vagy ipari balesetben bevetethetők. Magyarország

¹⁶ TÓTH-ENDRŐDI 2015.

¹⁷ 2011. évi CXXVIII. tv. 23. § 5. pont.

három modullal rendelkezik: a Hunor nehéz és közepes, valamint a Huszár közepes kutató-mentő egységekkel. Amikor az EU területén kívül kell segítséget nyújtani, akkor elsőként a kárfelmérő és koordinációs csapat megy a helyszínre az EKR összekötő tiszttel, aki kapcsolatot tart Brüsszellel. A Polgári Védelmi Pénzügyi Eszköz célja a tagállamok közötti együttműködés támogatása. A Mechanizmus segítségnyújtására szükség volt hazánkban a vörösiszap-katasztrófánál is. A tagállamok először felmérik, hogy van-e lehetőségük a segítségnyújtásra, majd tájékoztatják az ERC-t. Magyarország legfőbb prioritása az árvízvédelem és a kritikus infrastruktúra védelmére vonatkozó nemzetközi együttműködést ösztönző dokumentum elfogadása volt. A humanitárius segítségnyújtás, a kritikus infrastruktúrák védelme, a vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris eredetű anyagok biztonságának fokozására szolgáló, 2009-ben elfogadott *CBRN-akcióterv* kidolgozása, a 2012-ben induló 112-es segélyhívó szám, a Seveso I., II., III. irányelv kidolgozása mind fontos eleme a nemzetközi segítségnyújtásnak és a lakosság védelmének. A katasztrófavédelem részét képezi az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (ONER) is, amelyben speciális feladatokat hajtanak végre a nukleáris balesetek megelőzése érdekében.¹⁸ A beavatkozásoknál fontos szerepe van az ENSZ Katasztrófafelmérési és -Koordinációs Rendszernek. A csoport tagjai készenlétben vannak, és 24–48 óra alatt képesek a helyszínre érni. A NATO a II. világháború után jött létre 1949-ben, hogy tagjai számára biztosítsa a szabadságot és a biztonságot. Irányítási székhelye Brüsszel, kijelölt állandó képviselővel. A NATO-n belül civil program a Polgári Veszélyhelyzeti Tervezés (*Civil Emergency Planning*, CEP), amelynek feladata a tervezés, elemzés, adatok biztosítása. A programban hazánk 1995-től vesz részt, az 1999-es NATO-csatlakozástól kezdve még aktívabban. A NATO szervezeti hátterét a Polgári Veszélyhelyzeti Tervezési Bizottság (*Civil Emergency Planning Committee*, CEPC) foglalja össze. A NATO katasztrófa-segítségnyújtási rendszerének alapidokumentuma az Euro-atlanti Partnerségi Tanács (*Euro-Atlantic Partnership Council*, EAPC) külügyminiszterei által elfogadott, a *Nemzetközi Katasztrófa-segítségnyújtás Megerősített Gyakorlati Együttműködéséről* szóló dokumentum.¹⁹

A civil-katonai együttműködés mindkét oldal előnyeit szolgálja, ezért azt tudatosan kell fejleszteni.²⁰ Magyarországon 2003. július 1-jei hatállyal alakították meg a Magyar Honvédség Civil-katonai Együttműködési Központot.²¹ A katonai nemzeti CIMIC-központ más szervezeti elemek szakállományával együtt a civil-katonai együttműködés szövetségi szervezet elemeinek részét képezi. A szervezet megalakulásán túl a keletkezett tapasztalatok feldolgozásával folyamatos fejlődésen ment keresztül a szabályozási környezet is.²² Ennek az új képességnek számos előremutató és hasznos hozadéka lehet. Egyrészt megvalósul egy szakmai irányító szerv, és megjelennek speciális szakfeladatok egység-, esetenként alegységszinten. A feladatok ellátója a szakmai támogatás mellett közvetlenül feladat-végrehajtó csapatok állománya képviselőjében képes kapcsolatot

¹⁸ MUHORAY-BECZE 2013.

¹⁹ MUHORAY-BECZE 2013.

²⁰ PADÁNYI-ONDRÉK 2020.

²¹ LÓDERER-RÁCZ 2011.

²² PADÁNYI-ONDRÉK 2020.

teremteni a helyi közösséggel, azok különböző politikai és gazdasági vezetőivel, kooperatív módon ismereteket szerezve a kialakult szűkebb és tágabb környezetről, helyzetről. Segítheti az együttműködést a problémák megoldása érdekében, javítva ezzel a Magyar Honvédség megítélését. Nem utolsósorban a feladatellátás keretei közötti kapcsolatteremtés az államigazgatás más szerveivel (katasztrófavédelem, rendőrség, önkormányzatok) csökkenti az indokolatlan párhuzamosság kialakulásának esélyét, ezáltal a végrehajtás költségeit, anyagi terheit is. Végül a lélektani hadviselés (*psychological operations*, PSYOPS) alkalmas a gyors és hatékony lakossági tájékoztatás végrehajtására, kívánatosabb mederbe terelve a rendkívüli események folytán keletkező hangulati jelenségek következményeit.²³

Összegzés

Az elmúlt időszak globális változásai hatással voltak a jelenlegi polgári védelmi rendszer kialakulására, ezáltal főként a lakosságvédelmi feladatok újragondolására.²⁴

A polgári védelem az emberi közösségekkel együtt alakult ki, és végigkísérte azokat a társadalmi fejlődésük útján. Fókuszában alapvetően az emberi élet és az anyagi javak védelme állt, és az alapja azóta is változatlan, de számos új szemponttal és területtel gazdagodott. Az újkorban a technológiai fejlődés megkövetelte, hogy a polgári védelem a katonai szempontoktól egyre inkább elhatárolódjon. Ennek megfelelően jellemző renddé vált, hogy a védelmi minisztérium irányítása alól más, jellemzően a belügyi tárca irányítása alá került a szakterület. Az adott kor technológiai fejlettségét tükrözte a polgári védelem technikai és szervezeti kultúrája. A napjainkban ismert polgári védelmi szervezetek a II. világháborút követően alakultak ki. A 20. század jelentős részére a hidegháború nyomta rá jellemző bélyegét, ebben az időszakban a polgári védelem az állandó háborús fenyegetésre igyekezett választ adni. A kétpólusú világpolitika átrendeződésével a polgári védelem egyre jobban eltávolodott a katonai szemlélettől, és igyekezett választ találni az új civilizációs kihívásokra. Hazánkban az 1999. évi katasztrófavédelmi törvény volt az első jelentősebb állomás ezen a fejlődési úton, és ekkor vált önállóvá a polgári védelem. A 21. század első évtizedeinek tapasztalatai kényszerűen hozták magukkal a polgári védelem, az iparbiztonság, illetve a katasztrófavédelem újabb szintlépését, aminek eredményeként a 2011. évi új katasztrófavédelmi törvény megalkotásával létrejött az integrált katasztrófavédelmi szervezet.

Napjaink kihívásai továbbra is rendszeres próbatételt jelentenek a szakmai szervezetek számára, a társadalom időről időre új, eddig ismeretlen kihívásoknak kénytelen megfelelni. Magyarország ezen kihívások megfelelő kezelése érdekében megalkotta a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról szóló 2021. évi XCIII. törvényt, és azzal együtt létrehozta a Védelmi Igazgatási Hivatalt. A jövőben ennek a hivatalnak lesz a feladata, hogy központi irányító szervként összefogja és koordinálja a katasztrófavédelemben

²³ LÓDERER–RÁCZ 2011.

²⁴ NOVÁKY–KÁTAI–URBÁN 2018.

részt vevő különböző ágazati intézmények, valamint a nemzetközi kapcsolatok keretében rendelkezésre álló más nemzetek különböző szervezeteit, úgy belföldön, mint a külföldi rendkívüli helyzetek elhárítása során.

Felhasznált irodalom

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
- 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról.
- BERKI Imre (2014): A magyar polgári védelem történeti áttekintése. *Rendvédelem-történeti Füzetek*, 24(35–38), 15–24. Online: <https://doi.org/10.31627/RTF.XXIV.2014.35-36-37-38N.15-24P>
- DRASKOVICH Edina (2020): A különleges jogrend és a veszélyhelyzet. *Infojegyzet*, 8(6), 1–4. Online: www.parlament.hu/documents/10181/4464848/Infojegyzet_2020_6_kulonleges_jogrend+%281%29.pdf/f7c3e7e1-9b7d-cb32-3bf2-174e8d25b56c?t=1585507104211
- HORNYACSEK Júlia (2019): A lakosságvédelem korszerű értelmezése, helye, szerepe a védelmi rendszerben és a védelmi igazgatással való összefüggései. In HORNYACSEK Júlia (szerk.): *A védelmi igazgatás rendszere és a honvédelmi igazgatással való kapcsolatának elméleti és gyakorlati összefüggései*. Budapest: Dialóg Campus, 133–152. Online: <https://bit.ly/3XxTQb5>
- LÁSZLÓ Viktória (2022): A különleges jogrend és a veszélyhelyzet intézménye Magyarországon – aktuális kérdések és a 2023-tól hatályba lépő szabályozás. *Polgári Védelmi Szemle*, 14, DAREnet projekt különszám, 201–215. Online: www.mpvsh.hu/letoltes/document/download.php?id=314-xiv-evfolyam-darenet-projekt-kulonszam-2022
- LÓDERER Balázs – RÁCZ Réka Magdolna (2011): A klímaváltozás és annak következményeire való felkészülés lehetséges jövőbeni aspektusai. *Hadtudományi Szemle*, 4(3), 91–98. Online: http://epa.oszk.hu/02400/02463/00010/pdf/EPA02463_hadtudomanyi_szemle_2011_3_091-098.pdf
- MUHORAY Árpád (2010): A polgári védelem helye és szerepe, feladatai hazánkban a XXI. század első évtizedében. *Polgári Védelmi Szemle*, 19–35. Online: www.mpvsh.hu/letoltes/pvszemle/pv2010.pdf
- MUHORAY Árpád (2017): A polgári védelem helye a modern katasztrófavédelemben. *Hadmérnök*, 12(2), 188–200. Online: http://hadmernok.hu/172_15_muhoray.pdf
- MUHORAY Árpád – BECZE Réka (2013): *A katasztrófavédelmi szervek nemzetközi együttműködése*. Budapest: Nemzeti Közzolgálati Egyetem.
- NOVÁKY–KÁTAI-URBÁN (2018): Development of Civil Protection of Hungary. *Pozhary i Chrezvychajnye Situacii: Predotvrasenie Likvidacia*, 1, 89–95.
- PADÁNYI József (2015): Műszaki zár a határon. *Műszaki Katonai Közöny*, 25(3), 21–33. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2468/1740>
- PADÁNYI József – ONDRÉK József (2020): A katonai erő hozzájárulása a keresztények védelméhez a koronavírus elleni védekezés során itthon és külföldön. In UJHÁZI Lóránd (szerk.): *Budapest-jelentés a keresztényüldözésről 2020*. Budapest: Mondat, 391–406. Online: https://www.academia.edu/44834428/A_katonai_ero_hozzajarulasa_a_keresztenyek_vedelmehez_a_koronavirus_elleni_vedekzes_soran_itthon_es_kulfoldon
- TÓTH Tibor – ENDRÓDI István (2015): Az önkéntes mentőszervezetek alkalmazásának nemzetközi tapasztalatai. *Bolyai Szemle*, 24(3), 188–200. Online: www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/bolyai-szemle-2015-03.original.pdf

Vákát

A post mortem vizsgálati eljárások helye és szerepe vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófákban²

Halálos áldozatokkal járó vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris katasztrófák relatíve ritkán fordulnak elő. Nem szabad azonban elfeledkezni arról, hogy a megjelenési gyakoriság ellenére az ilyen események szinte kivétel nélkül nagy médiafigyelemre számíthatnak, valamint a gyászoló hozzátartozók és a társadalom joggal várhatja el az áldozatok sorsának megfelelő, szakmailag korrekt rendezését. Fontos továbbá, hogy az elhunytak vizsgálatával értékes információk nyerhetők az adott incidens vonatkozásában, annak elvégzése tehát nem csupán jogszabályi kötelezettség miatt lehet indokolt, hanem az esemény minél alaposabb feltárása, megértése érdekében is. Jelen tanulmányban a szerző összefoglalja a post mortem vizsgálati eljárások szerepét és fontosságát vegyi, biológiai, radiológiai, nukleáris eseményekben, egyúttal ismertetve a hazánkban és környezetünkben lévő rizikóforrásokat, valamint a kérdéskör kapcsolódásait a katonai műszaki tudományághoz.

Kulcsszavak: ABV-esemény, post mortem vizsgálatok, áldozatazonosítás, katonai műszaki tudományok

Role and Significance of Post-mortem Examination Procedures in Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Disasters

Chemical, biological, radiological, and nuclear incidents, in which fatalities are also present, occur rarely. However, we should not forget that despite the low frequency of these events, media coverage of the incidents will be significant, and the relatives of victims and society in general will rightfully expect the adequate and professional handling of decedents. It is also important that with proper examination of the deceased we can better reveal and understand what happened during that particular incident. In this study the author summarizes the role of post-mortem procedures in chemical, biological, radiological, and nuclear disasters, while

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszerződési Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; szakorvosjelölt, Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Patológiai és Kórszövettani Diagnosztikai Osztály; e-mail: farkas.csaba.bence@hm.gov.hu; ORCID:000-0003-1815-5054

² A tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj elnevezésű programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

presenting relevant risk factors in and out of country and showing the topic's connection to military engineering sciences.

Keywords: CBRN event, post-mortem examinations, victim identification, military engineering sciences

Bevezetés

A halál, az elmúlás mibenléte, illetve az elhunytakkal kapcsolatos kérdések az emberi civilizáció kezdeteitől központi szerepet töltenek be életünkben, tudományos, jogi, kulturális és vallási értelemben egyaránt. A halottakhoz fűződő viszonyunkat környezetünk, kulturális és vallási közegünk mellett személyes élmények, illetve impressziók sora árnyalja életünk során. Nem szabad azonban megfeledkezni arról, hogy az interakció ennél mélyebb síkkal is rendelkezik, amelyet a klasszikus latin idézet mutat be legjobban: *mortui vivos docent*, azaz a halottak tanítják az élőket. A modern, bizonyítékokon alapuló orvostudomány alappilléreinek számítanak a *post mortem*, azaz halál után végzett vizsgálatok eredményei. Ezek nélkül a különböző betegségek, sérülések, mérgezések kapcsán létrejövő kóros folyamatok feltárhatatlanok volnának. Nem csupán a kórfolyamatok, illetve a halálozás okának meghatározása bír azonban jelentőséggel, hanem az elhunyt személyazonossága is. Etikai, statisztikai, jogi, adminisztratív és ceremoniális vonatkozások miatt is szükséges egy elhunyt ember személyazonosságának kétséget kizáró megállapítása, ami adott esetben nyomozati érdekekkel is kiegészülhet.³

A fentiekből következik, hogy az elhunytak sorsának teljes körű és megnyugtató rendezéséhez a halálozást követően a végső nyughelyre helyezés pillanatáig jól meghatározott folyamatsornak kell megvalósulnia. A procedura részletes jogi szabályozás alá esik, amely rendelkezik a természetes és nem természetes halálesetek során követhető eljárásról, az azonosítás mikéntjéről és metodikájáról, a halálloki meghatározás teendőiről, valamint a temetés lehetséges formáiról is.⁴

Jelen tanulmány egyik fő célkitűzése, hogy rávilágítson arra a tényre, hogy a felsoroltak egyike sem kivitelezhető a szokásos, hagyományos formában, amennyiben vegyi, biológiai, radiológiai vagy nukleáris (*chemical, biological, radiological, nuclear* = CBRN) eseményben elhunytak kezeléséről van szó. Egy veszélyes ágens jelenléte még abban az esetben is különleges óvintézkedések sorát igényli, ha csupán egyetlen áldozat van, ilyen értelemben tehát definitív katasztrófának sem kell bekövetkeznie ahhoz, hogy mégis kialakulhasson az erőforrások és végrehajtandó feladatok közti diszkrepancia. A biztonságos munkavégzéshez ugyanis elméleti ismeretek, infrastrukturális adottságok, védőfelszerelések és egyéb fogyóeszközök, valamint a feladatra alkalmas és azt

³ KNIGHT 2004.

⁴ 1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről; 351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról; 1999. évi XLIII. törvény a temetőkről és a temetkezésről.

vállaló személyi állomány szükséges. Mivel azonban relatíve ritkán előforduló problémáról van szó, amely ráadásul multidiszciplináris, továbbá határterületi kérdéskör, a kritériumokból szinte biztosan hiányozni fog valamely elem. Fontos hangsúlyozni, hogy egy CBRN-eseményben elhunyt kezelésekor, mint az ilyen esetekben általában, az óvintézkedések mindegyik részeleme csupán rizikócsökkentő darabkája az egyenletnek; önmagában egyik sem garantál teljes védelmet, sem a végrehajtó állománynak, sem a környezetnek. A részleges, hiányos védelmi intézkedés, bár a semminél többet jelenthet az adott helyzetben, összességében leginkább hamis biztonságérzetet nyújt, amellyel hosszú távon veszélyeztetni a műveletben részt vevőket vagy a körülöttük lévőket.

Fontos tehát, hogy a CBRN-jellegű eseményekre előre készüljünk, és a modern orvostudomány preventív szemléletét követve, a lehetséges rizikótényezők mentén alakítsunk ki szakmai eljárásrendeket. A következő fejezetben a tervezés egyik alappilléreként szolgáló, hazánkban, illetve hazánkon kívül előforduló potenciális veszélyforrásokat mutatom be.

Vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris rizikótényezők

Általánosságban elmondható, hogy a veszélyes vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris ágensek jelentette kockázat értékelése, a fenyegetettség becslése rendkívül összetett kérdéskör. Egyfelől megállapítható, hogy az eddig bekövetkezett ilyen jellegű katasztrófák, káresemények, részben a nagy médiafigyelemnek köszönhetően, a szigorúbb szabályozás, ellenőrzés, összességében tehát a nagyobb biztonság elérésének irányába mozdították a döntéshozói, jogalkotói köröket. Egy korábbi cikkben bemutattam olyan, súlyos CBRN-eseményként is kategorizálható incidenseket, amelyek halálos áldozatokkal is jártak; ezek szintén hozzájárultak a belőlük levonható konzekvenciákkal a CBRN-katasztrófák megértéséhez, az ellenük való védekezés optimalizálásához.⁵ Ugyanakkor fel kell ismerni, hogy ezen események értékelése csak komplex formában, a tágabb értelemben vett környezeti hatások figyelembevétele mellett képzelhető el. Szintén fontos, hogy a szigorú szabályozás és annak következetes betartatása ellenére mindig történhetnek előre nem látható balesetek vagy akár szándékos cselekmények. A következő alpontokban röviden bemutatom a lehetséges veszélyforrásokat, egyúttal, amennyire a terjedelmi korlátok mellett lehetséges, ismertetve és összekötve ezeket az elhunytkezelés specifikus vonatkozásaival.

⁵ FARKAS 2022.

Vegyijellegű rizikótényezők

A CBRN-jellegű fenyegetések közül a vegyi ágensekkel kapcsolatban a legnehezebb általános megállapításokat megfogalmazni, mivel rendkívül változatos összetétellel, tulajdonságokkal jellemezhető anyagok tartozhatnak ebbe a kategóriába.

Klasszikus értelemben a vegyi fegyverként definiálható vegyületek egyértelműen idesorolhatók, azonban ezek között is több alcsoportot, egészen eltérő hatásmechanizmusokat és más-más, a halottkezelés szempontjából jelentős attribútumokat találhatunk.⁶ Példaként: nem irreleváns, hogy egy elhunyt nagy mennyiségű szarinnal szennyeződött vagy „csupán” könnygázzal érintkezett a halál beállta előtt. Tovább bonyolódik azonban a veszélyforrások megítélhetősége, ha a veszélyes anyagok fogalmi körét hozzuk előtérbe. Az Európai Unió által, illetve a hazai jogi szabályozás kereteiben lefektetett kritériumok alapján ismét számtalan kategóriában találhatunk veszélyes anyagnak definiálható ágenseket, amelyek között adott esetben nehéz lehet eligazodni, hogy melyik rendelkezhet az elhunytkezelés szempontjából fontos tulajdonságokkal.⁷

Magyarországon 2016-ban 122 felső küszöbértékű, 132 alsó küszöbértékű és 377 küszöbérték alatti veszélyes anyagokkal foglalkozó üzem hatósági felügyeletét, valamint közel 950, veszélyes anyag gyártását, tárolását, feldolgozását végző gazdálkodó szervezet üzemazonosítását végezték el hivatásos katasztrófavédelmi szervek.⁸ Önmagukban ezek a számok ugyan nem jelentenek segítséget a halottak kezelésének tervezésében, de elgondolkodtató, hogy az üzemek területéhez rendelt vagy egyéb módon kijelölt, ellátási kötelezettséggel bíró egészségügyi szolgáltatók mennyire felkészültek egy potenciálisan bekövetkező baleset esetén akár a betegellátás, akár az elhunytak menedzselésének vonatkozásában. Önmagában a tény, hogy hazánkban több száz, veszélyes anyaggal dolgozó üzem működik, illetve veszélyes áruk szállítása valósul meg közúti, vasúti, belvízi, légi és csővezetékes formában, indokolja, hogy humánegészségügyi szempontból felkészüljünk váratlan káresemények bekövetkezésére, aminek részét kell hogy képezze a lehetséges halálos áldozatokkal történő kalkuláció is.⁹

Nemzetközi szakirodalmi példaként érdemes lehet megemlíteni egy nemrégiben megjelent publikációt: egy szájon át bevett cianiddal végrehajtott öngyilkosságot követő boncolás kapcsán öt személy kontaminálódott és produkált mérgezési tüneteket, amit

⁶ Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons [é. n.]

⁷ 2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról; Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg); Az Európai Parlament és a Tanács 1907/2006/EK rendelete (2006. december 18.) a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról (REACH), az Európai Vegyianyag-ügynökség létrehozásáról, az 1999/45/EK irányelv módosításáról, valamint a 793/93/EGK tanácsi rendelet, az 1488/94/EK bizottsági rendelet, a 76/769/EGK tanácsi irányelv, a 91/155/EGK, a 93/67/EGK, a 93/105/EK és a 2000/21/EK bizottsági irányelv hatályon kívül helyezéséről.

⁸ TÓTH–MUHORAY–PELLÉRDI 2019.

⁹ HOFFMANN et al. 2015.

a publikáció szerzői is egyértelműen összefüggésbe hoznak a procedúra során alkalmazott elégtelen légzésvédelmi intézkedésekkel.¹⁰ A halottkezelés szempontjából esszenciális, vegyi anyagra vonatkozó tulajdonságok az alábbiak: pontos kémiai összetétel, egészségkárosító képesség (toxicitás) formája, halmazállapot, perzisztáló képesség, semlegesíthetőség. Tovább árnyalja a műveleti tervezést a preventív és terápiás antidótumok megléte/hiánya, valamint az áldozatok szennyezettségi mechanizmusa, amely lehet külső, belső vagy kevert.

1. táblázat: Vegyi katasztrófák lehetséges formái

Káresemény formája	Baleset			Szándékos cselekmény		
	szállítás	tárolás	felhasználás	terror-cselekmény	katonai művelet	öngyilkosság/emberölés
Jellemző vegyi anyag	ipari vegyi anyag			ipari vegyi anyag/vegyi fegyver		
Potenciális áldozatok száma	$1 \leq x \leq 10\,000$			$1 \leq x \leq 100\,000$		$1/1 \leq x \leq 10$

Megjegyzés: A potenciális áldozatok számánál feltüntetett felső érték tájékoztató jellegű, elsősorban a mechanizmusok közti súlyozást szolgálja.

Forrás: a szerző szerkesztése

Biológiai jellegű rizikótényezők

Egészségügyi ellátás során, illetve post mortem eljárások kapcsán is leggyakrabban biológiai veszélyforrásoknak vagyunk kitéve. Ez egyfelől elméleti ismereteket és gyakorlati tapasztalatot eredményez, ugyanakkor esetenként bagatellizáláshoz vezethet, amely jelenség mindenképpen kerülendő.

A fertőző betegségekkel kapcsolatos teendők, járványügyi intézkedések a veszélyes anyagokhoz hasonlóan szintén relatíve jól definiált jogszabályi háttérrel jellemezhetők.¹¹ Sajnálatosan, habár a kérdéskör szervesen kapcsolódik az egészségügyi ellátáshoz, valamint az elhunytakhoz, a jogszabályok kevés említést tesznek a fertőző betegségben életüket veszítettek kezelésének mikéntjéről, néhány példát leszámítva, valamint kötelezettséget megszabva. Kiemelhető például, hogy a 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet deklarálja a *Bacillus anthracis* baktérium esetében, amely az amerikai Betegségmegelőzési és Járványügyi Központ (*Centers for Disease Control and Prevention*, CDC) osztályozása szerinti „A” kategóriájú biológiai fegyver, hogy amennyiben a beteg életében nem sikerült mikrobiológiai mintát biztosítani, úgy „boncolási anyag (lép, esetleg egyéb szervek) küldendő be laboratóriumi vizsgálatra csiszolt üveg dugós porüvegben.”¹² Tanulságos végiggondolni, hogy a boncolás az egyik legmagasabb

¹⁰ SEYIT et al. 2020.

¹¹ 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet a fertőző betegségek és a járványok megelőzése érdekében szükséges járványügyi intézkedésekről.

¹² 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet.

aeroszolképződési kockázattal jellemezhető beavatkozás, míg nevezett kórokozó belélegezve kezelés nélkül szinte mindig halálos, agresszív antibiotikus kezelés mellett 55% körüli túléléssel számolhatunk.¹³

A post mortem eljárások kapcsán bekövetkező fertőzésekéről több konkrét esetismertetés látott napvilágot, ennek ellenére, a relatíve alacsonynak mondható esetszámok miatt, a téma súlyához mérten mégsem esik elegendő szó a szükséges megelőző intézkedésekről. Néhány kórokozó vonatkozásában jól ismert a post mortem fertőző potenciál, ezek közé tartozik például a *Mycobacterium tuberculosis*, a tüdőgümőkór kórokozója. Más példák is akadnak azonban: a közelmúltból jól dokumentált esetként említhető egy boncolás közben, testnedvekkel történt bőrszenyeződés kapcsán létrejött incidens, amelyben négy orvostanhallgató fertőződött meg *Varicella-Zoster* vírussal.¹⁴ Az eset azért különösen érdekes, mert a nyilvánvaló biztonsági hiányosságok ellenére a szerzők a tanulságok publikálását választották az elhallgatás helyett.

Fontos megjegyezni, hogy a hazánkban várhatóan előforduló kórokozókön kívül behurcolt esetekkel is találkozhatunk. Még ennél is jelentősebb problémákhoz vezethet azonban hosszú távon az éghajlatváltozás, amely idáig nem endémiás mikrobák tartós fennmaradását teheti lehetővé.¹⁵ Természetesen számolhatunk mesterségesen generált járványokkal, bioterrorizmussal is mint potenciális veszélyforrással, ám ennek bekövetkezési valószínűsége, legalábbis a természetes eredetű járványok megjelenéséhez képest, relatíve csekély, de nem elhanyagolandó.

A kórokozók pontos azonosítása mellett az alábbi tulajdonságaik játszanak lényeges szerepet a halottkezelési munkafolyamatokban: terjedési mód, post mortem túlélési képesség, infektív dózis, szerv-szövet preferencia. Hasonlóan a veszélyes vegyi anyagokhoz a meglévő preventív és terápiás beavatkozási lehetőségek ismerete kiemelt jelentőségű.

2. táblázat: Biológiai események lehetséges formái

	Sporadikus esetek		Természetes járványok		Szándékosan előidézett fertőzések	
Káresemény formája	hazai előfordulás	importált eset	primer	egyéb káreseményhez társuló	bioterrorizmus	katonai művelet
Jellemző biológiai ágens	baktérium, vírus, gomba, protozoon, prion		természetes eredetű baktérium, vírus		természetes eredetű/módosított baktérium, vírus, toxin	
Potenciális áldozatok száma	1		$1 \leq x \leq 10\,000$		$1 \leq x \leq 100\,000$	

Forrás: a szerző szerkesztése

¹³ Centers for Disease Control and Prevention 2020.

¹⁴ NAVIN-JACOB 2006.

¹⁵ HALÁSZ-FÖLDI 2019; Centers for Disease Control and Prevention 2022.

3. táblázat: A CDC besorolása szerint „A” kategóriájú biológiai fegyvernek minősülő fertőző betegségek előfordulása Magyarországon

Betegség	Esetszám 2016–2020	Inkubációs idő	Biofegyverként kijuttatási mód	Eseti halálozási ráta	Védőoltás	Specifikus kezelés
<i>Vírusos haemorrhagiás láz</i>	114*	2–21 nap	aeroszol	15–90%	van/nincs	nincs
<i>Tularémia</i>	94	1–14 nap	aeroszol	2–24%	vizsgálat alatt	van
<i>Botulizmus</i>	19	12–36 óra	aeroszol	1–60%	nincs	van
<i>Anthrax</i>	4	1–60 nap	aeroszol, szabotázs	5–45%	van	van
<i>Fekete himlő</i>	0	7–19 nap	aeroszol	30%	van	vizsgálat alatt
<i>Pestis</i>	0	1–6 nap	aeroszol, vektor	1–60%	van	van

Megjegyzés: A csillaggal jelöltek importált esetek. A táblázatban szereplő adatokat a Nemzeti Népegészségügyi Központ és a CDC vonatkozó anyagaiból, valamint a dr. Faludi Gábor PhD-értekezésében foglaltak alapján állítottam össze.¹⁶

Forrás: a szerző szerkesztése

Radiológiai és nukleáris rizikótényezők

A radioaktív anyagokkal folytatott munkavégzés, tartozzon akár a szakirodalmi vagy jogi nevezéktani értelemben vett radiológiai, akár a nukleáris szegmenshez, a veszélyes anyagokhoz hasonlóan szigorú hazai és nemzetközi jogi szabályozás hatálya alá esik.¹⁷ Magyarországon jelenleg a Paksi Atomerőmű hatáskörébe tartozó négy energetikai blokk, a Kiegyezett Kazetták Átmeneti Tárolója, a Budapesti Kutatóreaktor, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem oktatóreaktora, a püspökszilágyi Radioaktív hulladék-feldolgozó és -Tároló, valamint a bátaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló képezi a nukleáris létesítmények sorát.¹⁸ 2015-ben öt, radioaktív izotópot előállító létesítmény, valamint 33 páciensforgalom nélküli izotóplabor üzemelt az országban.¹⁹ Kiemelendő, hogy az energetikai és egyéb ipari szereplőkön túl diagnosztikus, illetve terápiás céllal nap mint nap felhasználunk az egészségügyi munkavégzésben radionuklidokat.

Annak az esélye tehát, hogy post mortem feladatok során radioaktív anyaggal kontaminált elhunytal kerüljünk szembe, nem elhanyagolható. A nemzetközi szakirodalomban mind súlyos katasztrófákhoz (*goiâni*ai incidens), mind egészségügyi beavatkozásokhoz kapcsolódó esetismertetések fellelhetők.²⁰ A radioaktív anyagok esetében is mielőbbi egyértelmű és pontos azonosításra kell törekedni; leginkább releváns tulajdonságaik

¹⁶ FALUDI 2012; Nemzeti Népegészségügyi Központ Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály [é. n.]

¹⁷ 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról; 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról; 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről.

¹⁸ HOFFMANN et al. 2015; TÓTH–MUHORAY–PELLÉRDY 2019.

¹⁹ HOFFMANN et al. 2015.

²⁰ International Atomic Energy Agency 2018; SCHRAML et al. 1997; SATOH et al. 2015.

a halottkezelés vonatkozásában az alábbiak: radioaktív bomlás típusa, aktivitás, fizikai és biológiai felezési idő. A vegyi anyagokhoz hasonlóan jelentőséggel bír az elhunyt szennyeződési mechanizmusa (külső, belső, kevert), illetve specifikus antidótumok megléte vagy hiánya.

4. táblázat: Radiológiai és nukleáris események lehetséges formái

Káresemény formája	Nukleáris		Radiológiai		
	baleset	nukleáris fegyver bevetése	baleset	terror-cselekmény (piszkos bomba)	öngyilkosság/emberölés
Jellemző radio-nuklidok	U-235, Pu-239, Cs-137, Sr-89, Sr-90, I-131		Tc-99m, F-18, I-131, Y-90, Sr-89, Co-60, Ir-192, Po-210		
Potenciális áldozatok száma	$1 \leq x \leq 1000$	$1000 \leq x \leq 1\,000\,000$	$1 \leq x \leq 100$	$1 \leq x \leq 100$	$1/1 \leq x \leq 10$

Forrás: a szerző szerkesztése

A post mortem eljárások jelentősége, kapcsolódási pontok a katonai műszaki ismeretekhez

Mint azt a bevezetőben már említettük, a CBRN-eseményekben a post mortem vizsgálati procedúráknak több fontos szerep is juthat, amelyek közül talán a leglényegesebbek: áldozatazonosítás, patomechanizmus-feltárás, halálloki meghatározás. Ezek önmagukban, egyenként is komplex, sokszor multidiszciplináris szemléletmódot, csapatmunkát igénylő folyamatsorok. A műveleteknek részét kell hogy képezze az elhunytak mentesítése, izolációja, szállítása, tárolása, valamint előkészítése a különböző procedúrák megkezdése előtt és azokat követően. Ezen lépésekkel biztosíthatjuk, hogy a halálozás helyétől a végső nyughelyre helyezéig minden részfolyamat résztvevője megkaphassa azt az elemi biztonsági szintet, amelyet magunknak is joggal várunk el.

Azt, hogy mit nyerhetünk a post mortem vizsgálati eredményekkel, jól szemléltetik a SARS-CoV-2-pandémia általános tapasztalatai. A vírus megjelenését követő időszakban még a jól felszerelt patológiai intézmények is óvakodtak nagyobb számú boncolás elvégzésétől. Néhány hónap alatt azonban megfordulni látszott a kezdeti trend, ugyanis számtalan tanulmány látott napvilágot, amely hozzájárult az új vírus kórokozó képességének feltárásához, a különböző szervekben okozott elváltozások megértéséhez, a rövid és hosszú távú szövödmények azonosításához, a preventív és terápiás erőfeszítések optimalizálásához.

Értelemszerű, hogy a CBRN-halottakkal kapcsolatos feladatok végrehajtásának előfeltételei vannak. A nyugati világban általánosságban csökken az elvégzett boncolások száma, ugyanakkor egyre több intézményben emelik ki a komplex biztonsági szemléletet tükröző, úgynevezett biológiai biztonsági szintű (*biosafety level*, BSL) kategóriák

bonctermekekre vetített alkalmazásának fontosságát.²¹ Több kórokozó (például a SARS-CoV-2) esetében ajánlja a szakirodalom BSL3 minősítésű boncterem használatát.²² A kisebb számú, de nagyobb biztonságban végrehajtott boncolás mindenképpen megfontolásra érdemes szemlélet CBRN-elhunytak vonatkozásában. Bár a Covid-19-pandémia, amely nevezhető aktívan velünk lévő biológiai veszélyforrásnak, több mint 45 000 halálos áldozatot követelt hazánkban, a halottakkal kapcsolatos szemléletmód formálódásához még több idő szükséges. A pandémia magyarországi megjelenésének korai fázisában az elsők között publikáltunk veszélyes biológiai ágensekkel a napi rutin szintjén dolgozó kollégák bevonásával részletes eljárásrendet, amelyben kitértünk az elhunytak előkészítésének, szállításának, tárolásának, a mentesítés formájának, a post mortem vizsgálati eljárások lehetséges módozatainak ismertetésére.²³ Megközelítőleg egy évvel később a gyakorlati tapasztalatokat, kiváltképp az elhunytkezelés során fellépő nehézségeket konferencia-előadás kereteiben mutattam be.²⁴ Első ránézésre a megfogalmazott ajánlásaink talán túlzottan szigorúnak tűnhetnek, fontos azonban hangsúlyozni, hogy most van lehetőségünk elsajátítani a veszélyes biológiai ágensek elleni óvintézkedések lépéseit. Annak ellenére, hogy egyes publikációk tanúsága szerint 17 nappal a halált követően is lehet izolálni élő vírust az elhunytakból, nem következett be jelentősebb „bonctermi járvány”.²⁵ Azt viszont, hogy valóban nem következett be, vagy csak nem publikálták ezen eseteket, nem tudhatjuk biztosan.

A CBRN-eseményekben megvalósítandó áldozatazonosítás és elhunytkezelés legfontosabb kapcsolódási pontja a katonai műszaki tudományághoz a szemléletmód szintetizálásában, az ismeretanyagok harmonizálásában keresendő. Hagyományosan a CBRN-események elleni védekezés alapvetéseit, műszaki és infrastrukturális követelményeit, környezetbiztonsági vonatkozásait ezen tudományág diszciplinái képviselik. Elméleti kérdésként több országban felmerült, hogy egy ilyen esemény felszámolásában miként érdemes eljárni: az egészségügyi állományt CBRN-ismeretekkel felruházni, avagy CBRN-szakembereket egészségügyi ismeretekre oktatni. Véleményem szerint az is-is az optimális megoldás, hiszen a tudásbázis egyesítésével, az együtt gondolkodással nyerhetünk legtöbbet.

Összegzés

Jelentősebb, a pandémia hazai hatásaihoz mérhető, halálos áldozatokkal járó vegyi, radiológiai és nukleáris katasztrófák, legalábbis az elmúlt néhány évben, nem történtek Magyarországon. A fentebb ismertetett rizikótényezők azonban talán mégis indokolják, hogy előre készüljünk az esetlegesen bekövetkező CBRN-incidensekre. Sporadikus esetek szintén bármikor felbukkanhatnak, amelyekben az adott helyzethez rögtönzött

²¹ NOLTE et al. 2021.

²² LOIBNER et al. 2021.

²³ FARKAS et al. 2020.

²⁴ FARKAS 2021.

²⁵ PLENZIG et al. 2021.

megoldások helyett szerencsésebb volna kiforrott, multidiszciplináris szemléletben alkotott eljárásrendekre támaszkodni.

Felhasznált irodalom

- 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról.
- 18/1998. (VI. 3.) NM rendelet a fertőző betegségek és a járványok megelőzése érdekében szükséges járványügyi intézkedésekről.
1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról.
1997. évi CLIV. törvény az egészségügyről.
1999. évi XLIII. törvény a temetőkről és a temetkezésről.
- 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről.
2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról.
- 351/2013. (X. 4.) Korm. rendelet a halottvizsgálatról és a halottakkal kapcsolatos eljárásról.
- Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg).
- Az Európai Parlament és a Tanács 1907/2006/EK rendelete (2006. december 18.) a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról (REACH), az Európai Vegyianyag-ügynökség létrehozásáról, az 1999/45/EK irányelv módosításáról, valamint a 793/93/EGK tanácsi rendelet, az 1488/94/EK bizottsági rendelet, a 76/769/EGK tanácsi irányelv, a 91/155/EGK, a 93/67/EGK, a 93/105/EK és a 2000/21/EK bizottsági irányelv hatályon kívül helyezéséről.
- Centers for Disease Control and Prevention (2020): Types of Anthrax. *CDC.gov*, 2020. november 20. Online: www.cdc.gov anthrax/basics/types/index.html
- Centers for Disease Control and Prevention (2022): Climate Change and Infectious Diseases. *CDC.gov*, 2022. augusztus 2. Online: www.cdc.gov/nceid/what-we-do/climate-change-and-infectious-diseases/index.html
- FALUDI Gábor (2012): *A biológiai fegyver és az ellene való védelem – biovédelem (orvosi) kérdései*. PhD-disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.
- FARKAS Csaba Bence (2021): Post mortem vizsgálati eljárások gyakorlati kihívásai biológiai vészhelyzetben. In GAÁL Gyula – HAUZINGER Zoltán (szerk.): *Rendészet a rendkívüli helyzetekben*. Pécs: Magyar Hadtudományi Társaság Határőr Szakosztály Pécsi Szakcsoport, 339–344.
- FARKAS Csaba Bence (2022): A vegyi, biológiai, radiológiai és nukleáris (CBRN-) balesetek és rendkívüli események közvetlen és közvetett, a környezetre, valamint az egészségügyre gyakorolt hatásai. *Hadmérnök*, 17(1), 67–82. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.1.5>
- FARKAS Csaba Bence et al. (2020): Elhunytakkal kapcsolatos teendők COVID–19-gyanús, valószínűsített és megerősített esetekben. *Orvosi Hetilap*, 161(17), 713–722. Online: <http://dx.doi.org/10.1556/650.2020.31818>
- HALÁSZ László – FÖLDI László (2019): Az éghajlatváltozás jelenlegi helyzete és legfrissebb tendenciái, magyarországi következmények. In FÖLDI László – HEGEDŰS Hajnalka (szerk.):

- Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén.* Budapest: Nemzeti Közszerzői Hivatal, 9–91.
- HOFFMANN Imre et al. (2015): Iparbiztonsági kockázatok Magyarországon. *Védelem Online. Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár*, 22(1), Paper: 546, 1–20.
- International Atomic Energy Agency (2018): *Medical Management of Persons Internally Contaminated with Radionuclides in a Nuclear or Radiological Emergency*. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- KNIGHT, Bernard (2004): The Establishment of Identity of Human Remains. In SAUKKO, Pekka – KNIGHT, Bernard (szerk.): *Knight's Forensic Pathology*. Boca Raton: CRC Press, 98–135.
- LOIBNER, Martina et al. (2021): Biosafety Requirements for Autopsies of Patients with COVID-19: Example of a BSL-3 Autopsy Facility Designed for Highly Pathogenic Agents. *Pathobiology*, 88(1), 37–45. Online: <https://doi.org/10.1159/000513438>
- Nemzeti Népegészségügyi Központ Járványügyi és Infekciókontroll Főosztály [é. n.]: *Bejelentett fertőző megbetegedések. Magyarország, 2016–2020*. Online: www.antsz.hu/data/cms100089/OSAP_Fertozo_2020_honlapra.pdf
- NOLTE, Kurt B. et al. (2021): Design and Construction of a Biosafety Level 3 Autopsy Laboratory. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 145(4), 407–414. Online: <https://doi.org/10.5858/arpa.2020-0644-sa>
- Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons [é. n.]: *What Is a Chemical Weapon?* Online: www.opcw.org/our-work/what-chemical-weapon
- PAUL Navin – JACOB, Mini E. (2006): An Outbreak of Cadaver-acquired Chickenpox in a Health Care Setting. *Clinical Infectious Diseases*, 43(5), 599–601.
- PLENZIG, Stefanie et al. (2021): Infectivity of Deceased COVID-19 Patients. *International Journal of Legal Medicine*, 135(5), 2055–2060. Online: <https://doi.org/10.1007%2Fs00414-021-02546-7>
- SATOH, Takefumi et al. (2015): Postmortem Radiation Safety and Issues Pertaining to Permanent Prostate Seed Implantation in Japan. *Brachytherapy*, 14(2), 136–141.
- SCHRAMM, Frank V. et al. (1997): Autopsy of a Cadaver Containing Strontium-89-chloride. *The Journal of Nuclear Medicine*, 38(3), 380–382.
- SEYIT, Murat et al. (2020): Inhaler Intoxications Developed During Autopsy of the Corpse Due to Cyanide Intake: Case Series. *The American Journal of Emergency Medicine*, 38(7), 1542.e5–1542.e8. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.03.053>
- TÓTH András – MUHORAY Árpád – PELLÉRDI Rezső (2019): Magyarország jelentősebb ipari katasztrófái a veszélyhelyzet-tervezés és -kezelés szempontjából. *Műszaki Katonai Közöny*, 29(2), 21–39. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/207/109>

Vákát

A fedélzeti menetrögzítő kamerák légi oldalon közlekedő gépjárművekben történő alkalmazásának vizsgálata

A különböző fedélzeti menetrögzítő kamerák (dash camek) már több mint egy évtizede teszik biztonság tudatosabbá az átlagos gépjárművezetőket, miközben olyan közlekedési szabálysértéseket és baleseteket dokumentálhatnak, amelyekben közvetetten vagy közvetlenül érintettek. A nevezett technológia komoly népszerűségnek örvend a nagyszámú gépjárműflottát üzemeltető cégek körében is, amelyek a biztonság tudatosság mellett hatékonyságnövelő és -támogató monitoringeszközként alkalmazzák a fedélzeti menetrögzítőket. Tekintettel arra, hogy a légi közlekedési iparág szinte minden ágazata biztonságcentrikus, egyben hatékonyságjavításra törekvő, jelen tanulmány keretében az előbbieken felvázolt felhasználási variációk tapasztalata alapján a fedélzeti menetrögzítő kamerák – katonai jellegzetességeket is figyelembe vevő – repülőtéri környezetben történő alkalmazhatóságának vizsgálatára kerül sor.

Kulcsszavak: menetrögzítő kamera, autós kamera, légi oldal, just culture

Applicability of the Dashboard Mounted Camera (Dash Cam) in Vehicles Moving on The Airside

For more than a decade, a series of dash cams have been making average drivers more aware of their safety, while they have the ability to record traffic violations and accidents in which they are directly or indirectly involved. Dash cams are also very popular with freight companies operating a large fleet, which, in addition to safety-conscious application, use this technology in order to improve efficiency and have a monitoring tool as well. Given that almost all sectors of the aviation industry are safety-centric and at the same time striving for efficiency improvements, in the framework of this study, based on the experience of the usage variations outlined above, the applicability of dash cams – with special regard to the nature of military aerodromes – in an airport environment is examined.

Keywords: dash cam, in-vehicle camera, airside, just culture

¹ Főtitzt, HM Állami Légügyi Főosztály; e-mail: Horvath.Gabor3@hm.gov.hu; ORCID: 0000-0002-2939-1426.

Bevezetés

A félvezetőipar az elmúlt ötven évben számos drámai átalakuláson ment keresztül, és ebben az időszakban, valamint várhatóan még az előttünk álló évtizedben a Moore-törvény – amely kimondja, hogy a számítógépek sebessége az egyetlen chipre helyezhető tranzisztorok számával mérve 18–24 havonta megduplázódik² – az egyetlen helyes irányt mutató iránytű. A Moore-törvényt hajtó exponenciális jelleg *alapja* a miniatürizálás folyamata, amely a számítástechnikával összefüggő területek, így a jelen tanulmány szempontjából kiemelten fontos digitális képalkotás vonatkozásában is meghatározó aspektus. További fontos tényező, hogy a miniatürizálásnak köszönhetően nemcsak az adott eszköz fizikai kiterjedése csökken, hanem azzal arányosan energiaszükséglete is redukálódik, miközben egyre költséghatékonyabbá válik előállítás. Ezek a kedvező folyamatok vezettek el odáig, hogy a kétezres évek második felétől kezdve a személygépjárművekben is megjelentek az úgynevezett fedélzeti menetrögzítő kamerák (*dash camek*).

Napjainkra megkérdőjelezhetetlenné vált a fedélzeti menetrögzítő kamerák létjogosultsága, hiszen ezen eszközök népszerűsége nemcsak a személygépjárművekben érhető tetten, de felhasználásuk a közlekedésrendészet területén is egyre számottevőbb,³ miközben a kereskedelmi célú alkalmazásról (például a flottamenedzsment) és a kutatás-fejlesztési tevékenységet támogató kísérleti eszközökről sem feledkezhetünk meg. Amennyiben az előbb említett alkalmazásmódokra – a Palik Mátyás által a pilóta nélküli légi járművekkel összefüggésben – kifejlesztett K4M felhasználási modellt (1. ábra) vetítjük rá, akkor egyértelművé válik, hogy mely szegmensből hiányoznak a fedélzeti menetrögzítő kamerák.



1. ábra: A K4M-modell és a fedélzeti menetrögzítő kamerák kapcsolata

Forrás: PALIK 2015 előadása alapján a szerző szerkesztése

² DEBENEDICTIS 2017.

³ CSORDÁS 2020.

Amennyiben Moore törvénye mint egyfajta önbeteljesítő prognózis, valamint a K4M-modell mint a különböző technológiák katonai célú alkalmazását előrejelző modell valamilyen kapcsolatot ápolnak egymással, akkor kijelenthető, hogy a fedélzeti menetrögzítő kamerák katonai felhasználására is sor fog kerülni. Ezt a folyamatot előkészítve, a katonai repülőterek sajátosságait különösképp figyelembe véve, a jelen tanulmány keretében a nevezett eszközök légi oldalon (*airside*) közlekedő gépjárművekben történő alkalmazásvizsgálatára került sor. Az alkalmazásvizsgálat az irodalomkutatás mellett statisztikai adatelemzésre és kérdőíves adatgyűjtésre⁴ épült.

A fedélzeti menetrögzítő kamerák ismertetése

A magyar szakirodalomban jelenleg nincs egységesen elfogadott fogalom a fedélzeti menetrögzítő kamerákra vonatkozóan, emiatt – és elterjedt alkalmazása okán – az Oxford–Lexico-féle egynyelvű (angol) online szótár definíciója,⁵ valamint a tématerülettel összefüggésben végzett irodalomkutatás alapján jelen tanulmány keretében a következő meghatározást használok: a menetrögzítő kamera egy olyan digitális mozgókép-rögzítő és -tároló eszköz, amely a szélvédőn keresztül a gépjármű előtti és – bizonyos konfigurációkban – mögötti területet tartja folyamatos megfigyelés alatt.

Ennek a fogalommeghatározásnak az előnye, hogy csak azokat a kulcsfontosságú alaptulajdonságokat (beltérben elhelyezett, digitális, szélvédő mögül folyamatosan felvesz és rögzít) tartalmazza, amelyek minden fedélzeti menetrögzítő kamerát jellemeznek, és figyelmen kívül hagyja azokat az attribútumokat (például: felbontás, látószög, globális navigációs műholdrendszer [*Global Navigation Satellite System*, GNSS] képesség, gyorsulásérzékelés stb.), amelyek az egyes termékek egyedi paramétereit írják le.

Gyakorlati alkalmazás

Az első fedélzeti menetrögzítő kamerát 1939-ben szerelték fel az Amerikai Egyesült Államokban (USA) egy kaliforniai rendőrautóra,⁶ de a technikai színvonal egészen – a viszonylag megfizethető és kompakt – VHS-videókamerák 1980-as évekbeni megjelenéséig nem tette lehetővé ezeknek az eszközöknek az elterjedését. Az alkalmazás ezt követően is az USA-ra és a közlekedésrendészet területére koncentrálódott, amelynek további lendületet adott, hogy a kétezres években megsokasodtak a rendőrséggel szembeni, faji előítéletekkel összefüggő vádak, valamint az igazoltatás során bekövetkező, rendőrök elleni támadások. Ezeknek az eseményeknek, valamint az egyre kisebb és egyre olcsóbb kamerák megjelenésének köszönhetően az USA először állami, majd szövetségi szinten egyre szélesebb körben javasolta az operatív közlekedésrendészeti feladatokat

⁴ HORVÁTH 2022b.

⁵ Oxford–Lexico Online 2022.

⁶ Movie Camera in Police Car Puts Evidence on Film 1939.

ellátó szervek⁷ részére a tevékenységük videodokumentálását. Ezeknek az intézkedéseknek az eredményeként 2000-ben már az érintett rendőrautók valamivel több mint 10%-a rendelkezett menetrögzítő kamerával.⁸ Ezt követően a rendőrség szolgálati tevékenységéről készített riportfilmek elengedhetetlen összetevőjévé váltak a menetrögzítő kamerák által készített felvételek, és ez nagymértékben hozzájárult a nevezett eszközök népszerűségének növekedéséhez.

A gyakorlati hasznosítás következő mérföldköveként tekinthetünk arra az eseményre, hogy – a közlekedési balesetek visszaszorítása és a bekövetkezett káresemények objektív dokumentálása érdekében – az Oroszországi Föderáció Belügyminisztériuma 2009-ben sokat enyhített a menetrögzítő kamerák magánszemélyek általi alkalmazására vonatkozó jogi korlátozásokon.⁹ Ezzel párhuzamosan kezdte meg diadalmenetét a YouTube néven ismert közösségi videómegosztó platform, amely korai sikereit annak is köszönheti, hogy teret engedett az orosz közutakon készült – sok esetben egészen extrém – felvételek közzétételének. Ezek közül a leghíresebb a 2013. február 15-én Cseljabinszk város felett látható, tucatnyi orosz gépjármű fedélzeti menetrögzítője által felvett bolida, vagyis a légkörben nagy fényhatás kíséretében felrobbanó meteor; ennek az eseménynek köszönhetően szinte minden akkori internetfelhasználó megismerhette ezeket az apró videófelvevő eszközöket,¹⁰ amelyek azóta is töretlen népszerűségnek örvendenek.

Elvi blokkvázlat

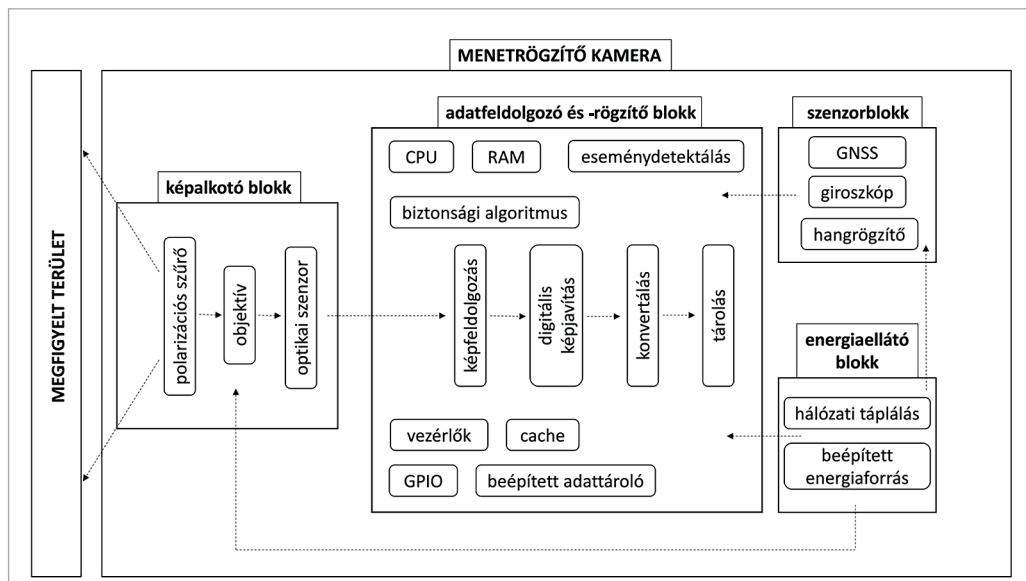
A fedélzeti menetrögzítő kamerák rendszerleírásának elkészítése érdekében mutatom be a 2. ábrán látható elméleti blokkvázlatot, amely visszatükrözi a piacon napjainkban megvásárolható eszközök generikus termékjellemzőit, valamint a kérdőíves adatgyűjtés – szakértői szűrést követő – következtetéseit. Az alábbi blokkvázlat tehát már magába foglalja a repülőtéri igényekhez igazított specifikus konfiguráció szükségesnek ítélt funkcióit.

⁷ Ezek leginkább az ún. *State Patrol* állományába tartozó rendőrségi gépjárművek.

⁸ ROSENBLATT 2005.

⁹ Az Oroszországi Föderáció Belügyminisztériumának a közúti közlekedésben résztvevőkre vonatkozó követelményeknek történő megfelelésről szóló 185/2009. évi rendelete.

¹⁰ AMOS 2013.



2. ábra: Egy fedélzeti menetrögzítő kamera elvi blokkvázlata

Forrás: a szerző szerkesztése

Képkalkító blokk

A digitális mozgóképkalkotásért, vagyis az objektíven – és ha van, akkor a polarizációs szűrőn – keresztül a megfigyelés alatt tartott terület felől érkező fény jelalakításáért alapvetően az optikai szenzor a felelős. Ennek kapcsán érdemes megjegyezni, hogy polarizációs szűrővel rendelkező fedélzeti menetrögzítő kamerák csak elenyésző mértékben találhatók kereskedelmi forgalomban, mivel az ezekben alkalmazott objektívek minden esetben – a látószög maximalizálása érdekében – 35 mm-nél rövidebb gyújtótávolsággal rendelkeznek, és ezekre általánosan jellemző, hogy egyenetlen polarizációs hatást biztosítanak.¹¹ Amennyiben az adott kamera – szoftveres képjavító algoritmus segítségével – képes ezt az egyenetlenséget korrigálni, akkor a polarizációs szűrő használatát érdemes megfontolni, hiszen ez az egyetlen hatékony eszköz a nem kívánt tükröződésekkel együtt járó becsillanások mértékének csökkentésére.

Azt szintén fontos kiemelni, hogy a fedélzeti menetrögzítő kamerák szenzorai hasonló konstrukciós elvek mentén épülnek fel, mint a biztonsági kamerák esetében alkalmazott variánsok, vagyis felbontásuk viszonylag alacsony (4 megapixel vagy kevesebb), és a fényérzékeny diódákkal ellátott felületük kicsi (~20 mm²). Ennek eredményeként az egyes pixelek mérete relatíve nagy, és mivel ez a tulajdonság döntő mértékben befo-

¹¹ JACOBS 2020.

lyásolja az adott képpont által felvehető fényértéket,¹² ezekről a szenzorokról kijelenthető, hogy jó dinamikatarománnyal rendelkeznek.

Adatfeldolgozó és -rögzítő blokk

Ebben a részegységben zajlik a digitális képfeldolgozás egyes részfolyamataitól kezdve az eseménydetektáláson keresztül a különböző algoritmusok háttérben történő futtatásáig minden számításigényes feladat. Ezek kezelésében kulcsszerepe van a központi feldolgozóegységnek (*central processing unit*, CPU), amely a legtöbb esetben egy olyan, 32 bites Acorn RISC Machine (ARM)¹³ architektúrával rendelkező processzor, amelyet már a tervezéskor a képalkotással összefüggő feladatok hatékony végrehajtása céljából alkottak meg (például az ARM Cortex-A9). Ezen célok közül ki kell emelni a képalkotó blokk által biztosított nyers mozgókép-információk konvertálását, amire az adatrögzítés érdekében rendelkezésre álló tárhely optimális felhasználása miatt van szükség. Jelenleg az egyik optimális felhasználást az úgynevezett *high efficiency video coding* (HEVC) videótömörítési eljárás szolgáltatja, amely megközelítőleg 50%-kal alacsonyabb bitráta mellett állít elő azonos minőségű mozgóképet, mint elődje.¹⁴

Egy dash cam esetében az elkészült felvételeket általában hordozható digitális tárolóeszközön (például SD-kártya) mentik el, de egy légi oldalon közlekedő gépjármű esetében – biztonsági másolat elkészítése céljából – javasolt a redundáns adattárolás biztosítása beépített adattárolón (*onboard storage*) vagy egy másodlagos hordozható digitális tárolóeszközön. Az adattárolással kapcsolatban további fontos kérdéskör a szükséges tárhely mértékének megállapítása, amely során figyelembe kell venni:

- a konfigurációban alkalmazott kamerák számát;
- a beállított képfrissítési rátát;
- a napi üzemidőt;
- a szenzor felbontását;
- az alkalmazott videótömörítési eljárást.

Szenzorblokk

A szenzorblokkban alapvetően olyan további, szükségesnek ítélt információkat szolgáltató részegységek találhatók, mint a pontos egyezményes koordinált világidőt, geolokációt és sebességadatokat szolgáltató GNSS-alrendszer, az audioinformáció rögzítéséhez szükséges mikrofon, valamint az eseménydetektálás miatt elengedhetetlen, hirtelen sebességváltozással összefüggő adatokat biztosító giroszkóp.

¹² BELENKY et al. 2004.

¹³ Az Acorn Computers Ltd. laboratóriumában fejlesztett processzor.

¹⁴ OHM et al. 2012.

Energiaellátó blokk

Egy fedélzeti menetrögzítő kamera energiaszükségletét alapvetően a gépjármű-akkumulátor által biztosított tápellátás garantálja, de – az adattároláshoz hasonlóan – ebben az esetben is javasolt gondoskodni a redundanciáról. Erre a célra a hosszú élettartamuk, a magas ciklusszámuk, a jó hatásfokuk és a kompakt kialakításuk miatt a szuperkondenzátorok jobb megoldásnak tűnnek, mint a széles körben alkalmazott lítiumion-akkumulátorok.

Gépjárművek légi oldalon történő közlekedése

A gépjárművek légi oldalon történő közlekedésének vizsgálata előtt fontos tisztázni, hogy pontosan milyen definíció tartozik ehhez a fogalomkörhöz. A 1788/544. számon nyilvántartott *Magyar Honvédség 59. Szentgyörgyi Dezső Repülóbázis (MH 59. SZDRB) Légi Oldali Repülésbiztonsági Eljárásrend* című dokumentum alapján a légi oldal „[a] repülőtér mozgásterülete, a szomszédos területek, valamint épületek vagy azok részei, ahová a belépés korlátozott. Forgalmi, műszaki előterek, cargo bázisok, fenntartási területek. A futópálya rendszer és a hozzátartozó kiszolgáló létesítmények, berendezések. Gurulópálya rendszer és a hozzátartozó kiszolgáló létesítmények.” A megadott fogalommeghatározásból következik, hogy a 3. ábrán látható légi oldal alapvetően jó közlekedési infrastruktúrával ellátott, viszonylag nagy kiterjedésű (~2,8 km²) területet foglal magába.



3. ábra: Magyar Honvédség 59. Szentgyörgyi Dezső Repülóbázis légi oldala (sárgával jelölt terület)

Forrás: Magyar Honvédség 59. Szentgyörgyi Dezső Repülóbázis Légi Oldali Repülésbiztonsági Eljárásrend

A légi oldalon történő közlekedés jellemzői

Egy repülőtéren közlekedő gépjármű vezetőjével szemben elvárt követelmény, hogy tisztában legyen a különböző előtereken, gurulóutakon és a futópályán látható felfestések jelentéstartalmával, jól ismerje az egyes tájékoztató és jelzőtáblákat, valamint készség szinten alkalmazza a rádióforgalmazás szabályait. Ennek alapján a légi oldalon történő közlekedésre vonatkozó eljárásrendek célja, hogy meghatározzák azt a – repülőtér-specifikus – keretrendszert, amelyben a gépjárművezető biztonságosan és hatékonyan el tudja látni a feladatát. Ezen feladatok magukba foglalják mindazokat a rendszeres és eseti jelleggel végrehajtott tevékenységeket, amelyek közvetve vagy közvetlenül kapcsolódnak az adott repülőtéren történő közlekedéshez, légijármű-kiszolgáláshoz, valamint a repülési feladat végrehajtásához. Ennek köszönhetően a légi oldalon számos gépjármű megfordul, amelyek közül a legjellemzőbbek:

- a tűzoltó gépjárművek;
- a vontató gépjárművek;
- a személyszállító kisbuszok;
- az utasszállító buszok;
- a légijármű-kiszolgáló gépjárművek;
- a repülőtér-karbantartó gépjárművek;
- az üzemanyag-szállító gépjárművek;
- a műszaki mentő gépjárművek és
- a mentő gépjárművek.

A repülőgépek közelében történő feladat-végrehajtásra való tekintettel a földi mozgás és kiszolgálás, vagyis összefoglalóan a repülőtéri közlekedés a repülési feladatok biztonságos végrehajtásának egyik legkritikusabb eleme. Ennél a bekezdésnél kell megjegyezni, hogy a repülési feladatok során bekövetkező balesetekhez, súlyos repülőeseményekhez vagy rendellenességekhez gyakran a légi oldalra vonatkozó közlekedési szabályok nem tudatos, rosszabb esetben szándékos megszegése is nagymértékben hozzájárul.¹⁵

Repülésbiztonsági összefüggések

Ahogy az a 3. ábrán is jól látható, egy viszonylag egyszerű alapokra építkező repülőtér esetében is egészen komplex egységet alkot a futópálya, a gurulóutak és a forgalmi előterek által alkotott hálózat, amit csak tovább bonyolíthatnak egyes időjárási körülmények, a repülőtérre érintő időszakos karbantartási és fejlesztési munkálatok, továbbá az esetlegesen bekövetkező meghibásodásokból és kényszerhelyzetekből fakadó azonnali beavatkozási feladatok. Ebben a dinamikusan változó környezetben az előbb leírt hálózat csak abban az esetben érheti el a kívánt repülésbiztonsági szintet, ha a légijármű-vezetőktől kezdve a légi forgalmi irányítókon át az összes légi oldalon

¹⁵ MARZUOLI et al. 2016.

közlekedő személyrel bezárólag mindenki tisztában van a rá vonatkozó szabályokkal, felelősségi jogkörökkel és az adott körülmények között alkalmazandó eljárásrenddel. A mindenkitől magas szinten megkövetelt szakmaiság ellenére a légi közlekedésre általánosan jellemző jól működő biztonságkultúra sem teszi az egyént immunissá a saját hibáira, így célszerű minden olyan eszköz alkalmazását megvizsgálni, amellyel kapcsolatban feltételezhető, hogy hatékonyan járulhat hozzá a repülésbiztonsághoz. Ebben az összefüggésben a menetrögzítő kamerák légi oldalon közlekedő gépjárművekben történő alkalmazásának vizsgálata ígéretes eredményeket tartogat, mivel az elmúlt két évtized tapasztalatai alapján kijelenthető, hogy ezek a technikai megoldások jótékony hatást gyakoroltak a közlekedéskultúrára.

A just culture megközelítés

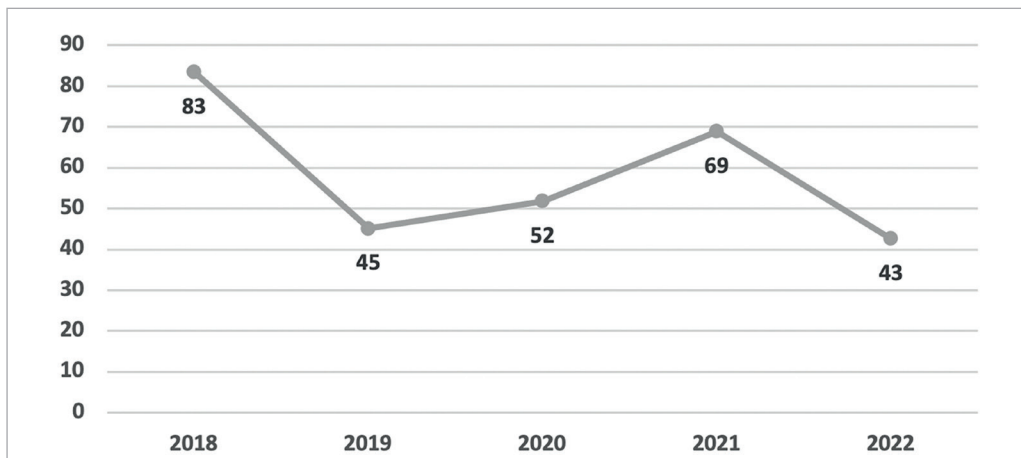
A polgári légi közlekedési balesetek és repülőesemények vizsgálatáról és megelőzéséről és a 94/56/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről szóló 996/2010/EU rendelet¹⁶ volt az első jogszabály, amely a *just culture* megközelítés széles körű elterjedését támogatta. Ennek lényege, hogy a légi közlekedési események kialakulásának megelőzése érdekében olyan munkalégkört kell teremteni és fenntartani, amely ösztönzi a már bekövetkezett események önkéntes jelentését és az ok-okozati összefüggések feltárásához szükséges információk átadását. A hivatkozott rendelet a *just culture* elvét méltányossági alapon működő repülésbiztonsági kultúraként határozza meg, amely alapvető különbséget tesz az elszámoltathatóság és a felelősség között. Ez a különbségtétel azzal magyarázható, hogy ha egy légi közlekedési esemény kivizsgálása során csak az elszámoltathatóságra helyezünk a hangsúlyt, akkor rendszerszinten rettentjük el a vétkes személyeket a jóhiszemű hibák (*honest mistake*) önbevallásától, így számos probléma maradhat a felszín alatt. Jóhiszemű hibák alatt olyan hibákat kell értenünk, amelyeket az adott szakember nem szándékos károkozás céljából követ el. Jelen tanulmány keretében példaként említhetjük azt a repülőtér-karbantartó szolgálati gépjárművet vezető katonát, akinek a feladatai közé tartozik az is, hogy naponta többször ellenőrizze a futópálya épségét és idegen tárgyakról (*foreign object debris/damage, FOD*)¹⁷ való mentességét. Ebben az esetben jóhiszemű hibaként könyvelhetjük el, ha figyelemmegosztás vagy fáradtság miatt elkerüli a katona figyelmét a futópályán található valamilyen idegen tárgy vagy strukturális sérülés. Amennyiben ezt a jóhiszemű hibát egy fedélzeti kamera rögzíti, akkor a felvételek kiértékelése lehetőséget biztosít a *just culture* elvet követő objektív vizsgálatra és a hasonló esetek elkerülése érdekében szükséges preventív eljárások bevezetésére.

¹⁶ Az Európai Parlament és a Tanács 996/2010/EU rendelete (2010. október 20.) a polgári légiközlekedési balesetek és repülőesemények vizsgálatáról és megelőzéséről és a 94/56/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg).

¹⁷ Idegen tárgy vagy az által okozott sérülés; minden idegen tárgy által légi járművekben okozott sérülés ideértendő. A FOD rövidítés használatos továbbá minden, a munkaterületen talált idegen tárgyra is.

Statisztikai következtetések

Az MH 59. SZDRB Repülésbiztonsági Főnöksége által rendelkezésemre bocsátott statisztikai adatok alapján elkészítettem az egy bekövetkezett légi közlekedési eseményre eső műveletszámot prezentáló 4. ábrát.



4. ábra: Az egy bekövetkezett légi közlekedési eseményre eső műveletszám

Forrás: az MH 59. SZDRB Repülésbiztonsági Főnökség statisztikai adataira alapján a szerző szerkesztése

A 4. ábrával összefüggésben fontos hangsúlyozni, hogy a 2018–2022 közötti időszakban az MH 59. SZDRB tekintetében összesen 21 légi közlekedési baleset vagy súlyos repülő-esemény történt, vagyis a légi közlekedési események döntő többsége a kevésbé súlyos kategóriába tartozik. Ez a tény jól visszatükrözi, hogy az MH 59. SZDRB repülésbiztonsági kultúrájában már gyökeret eresztett a *just culture*, mivel a statisztika viszonylag nagy számban tartalmaz olyan adatokat, amelyek csak abban az esetben vannak jelen, ha a hibát vétők maguk jelentik azokat. Ezt a feltételezést támasztja alá, hogy a légi közlekedési események becsült átlagos számtani átlagtól mért eltérése mindössze 17,38 – ez a mutatószám pedig ebben a környezetben alapvetően alacsonynak tekinthető. Ettől függetlenül a fedélzeti menet rögzítő kamerák még tovább ösztönözhetik a jóhiszemű hibák gyakoribb jelentését, aminek eredményeként vélhetően megszorodhatnak a repülő-események, de az ezek kiértékelését követően bevezetett preventív intézkedések tovább csökkenthetik a balesetek és a súlyos repülő-események számát.

A fedélzeti menet rögzítő kamerák légi oldalon közlekedő gépjárművekben történő alkalmazására vonatkozó további fontos következtetést vonhatunk le az 1. táblázatban szereplő adatok alapján, ugyanis a vizsgált időszakban számos olyan földi üzemmel összefüggő légi közlekedési esemény történt, amelynek kiértékelését és a későbbi előfordulási valószínűséget csökkentő intézkedések meghozatalát a menet rögzítő eszközök által készített felvételek elősegíthették volna.

1. táblázat: Részletes légi közlekedési eseménykimutatás (MH 59. SZDRB)

Esemény jellege	Év					Összesen
	2018	2019	2020	2021	2022	
<i>Pályasértés</i>	0	0	1	1	3	5
<i>Munkavégzés pályán rádiókapcsolat nélkül</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Engedély nélküli közlekedés a légi oldalon</i>	1	0	1	10	2	14
<i>Pályán feltárt hiba</i>	4	1	5	8	4	22
<i>Tűz vagy egyéb esemény miatti beavatkozás a légi oldalon</i> ¹⁸	1	2	2	2	1	8
<i>FOD</i>	3	0	4	11	3	21
<i>Vad- és madárkár</i>	5	1	7	26	17	56
<i>Összes regisztrált esemény, amely során a fedélzeti kamerák segítséget nyújthattak volna a kiértékeléshez, a repülésbiztonság növeléséhez</i>	14	4	20	59	30	

Forrás: MH 59. SZDRB Repülésbiztonsági Főnökség statisztikai adataira

A kérdőíves adatgyűjtés következtetései

Az irodalomkutatáson és statisztikai adatok tanulmányozásán túlmutató hatékony adatgyűjtés érdekében elkészítettem egy kérdőívet, amelynek segítségével kifejezetten azokat a személyeket szólítottam meg, akiktől a beosztásuk ellátása megköveteli, hogy a légi oldalon gépjárművet vezessenek. A kérdőív kitöltése önbevalláson alapult, ezért az egyén szubjektív nézőpontját tükrözi vissza, de a méltányossági alapon működő repülésbiztonsági kultúra szintjére való tekintettel ezeket az adatokat ebben a formában is hasznos információforrásnak ítélem, mert nagymértékben hozzájárulnak a tanulmány gyakorlati alkalmazhatósággal összefüggő értékéhez.

Az adatgyűjtés eredményeinek részletes ismertetése

A kérdőív segítségével – alapvetően – a gépjárművezetői tapasztalatot és előítéletet, a dash cam alkalmazásának vélt hatását a repülésbiztonságra, valamint a fedélzeti menetrögzítő kamerával szemben operatív szinten elvárt funkciókat térképeztem fel.

¹⁸ A légi meghibásodások vagy más különleges események miatt elrendelt kényszerhelyzeti riasztások számát nem tartalmazza. 2021 júliusától kezdve gyakorlatilag minden vélt vagy valós vészhelyzet esetén riasztják a kényszerhelyzeti szolgálatokat (repülésbiztonsági ajánlás bázisparancsnoki intézkedésbe való bevezetését követően).

Tapasztalat és előítélet

A kitöltésben részt vevők nagyobb részben több mint tíz éve rendelkeznek gépjárművezetői engedéllyel, és kétharmaduk legalább öt éve olyan beosztásban dolgozik, amely megköveteli tőle a légi oldalon történő feladatellátást. Ebben az időszakban a többség legalább egyszer tapasztalt már a repülőtéren olyan, repülésbiztonságot veszélyeztető eseményt, amely gépjárművezetői hibához volt köthető. A számottevő gépjárművezetői tapasztalat ellenére a kitöltők csupán 31%-a használ a saját gépjárművében menetregisztráló kamerát, de ebben a csoportban mindenki egyetértett azzal az állítással, hogy a kamera mögött biztonság tudatosabbá vált a saját vezetési stílusa.

Az alkalmazás vélt hatása

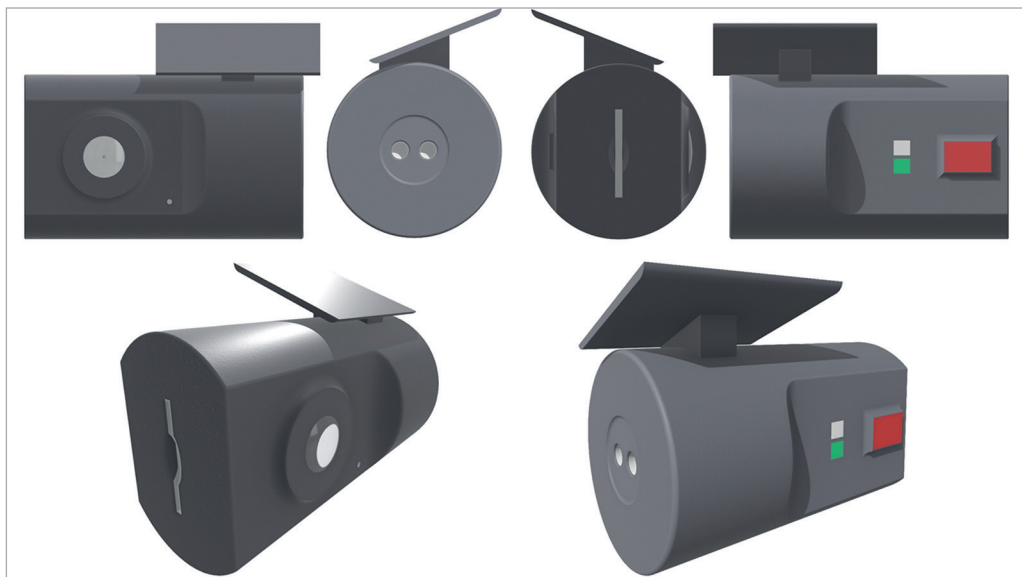
A válaszadók 91%-a szerint pozitív hatást gyakorolna a repülésbiztonságra, ha a repülőter munkaterületén üzemszerűen közlekedő gépjárműveket menetregisztráló kamerával szerelnék fel. Ezt elsősorban azzal indokolják, hogy ezek az eszközök lehetővé teszik a légi közlekedési események utólagos objektív értékelését és az ezekkel összefüggő repülésbiztonsági esettanulmányok összeállítását, de viszonylag sokan osztották azt a véleményt is, amely szerint a kamerák jelenléte biztonság tudatosabbá teszi a gépjárművezetőt. Néhány meglepetést okozott, hogy a repülésüzemre optimalizált szoftveres megoldásokban (például FOD-érzékelés, szegélyelhagyás- vagy sebességtúllépés-figyelmeztetés) már jóval kevesebben láttak potenciált.

Elvárt funkciók

A vizsgálat ezen pontjánál megkülönböztettem a képrögzítő, a biztonsági és az egyéb funkciókat. Az így kialakuló halmazok egyenként kilenc lehetőséget kínáltak a válaszadóknak, akik halmazonként három funkciót emelhettek ki. A képrögzítéssel összefüggésben a legnagyobb kereslet az éjszakai módra mutatkozott, de sokan foglalmazták meg elvárásként a széles látószög meglétét és a 4K-felvételkészítés lehetőségét is. A megadott biztonsági funkciók közül kiemelkedett az egyedi kezelőszoftver igénye, amely csak meghatározott felhasználók számára biztosítja a hozzáférést az elkészített felvételekhez. Emellett szintén fontos elvárásként fogalmazódott meg a katonai szabványoknak (például MIL-STD-810) megfelelő környezeti ellenállóság, valamint a redundáns áramforrás rendelkezésre állása is. Az egyéb funkciók vonatkozásában nagyon könnyű nyertest hirdetem, mivel a válaszadók kétharmada az egyik voksát a GNSS-adatrögzítés mellett tette le. Ezen kívül meg kell még említenem a hangrögzítéssel, valamint a holttér-minimalizálás érdekében szükséges optimális mérettel összefüggő felhasználói követelményeket.

A kutatás alapján elkészített 3D-modell

Az irodalomkutatás, a statisztikaiadat-feldolgozás és a kérdőíves adatgyűjtés során összegyűjtött információk alapján elkészítettem az 5. ábrán látható, repülőtér-specifikus felhasználásra tervezett dash cam 3D-modelljét.¹⁹ A tervezés során nagy hangsúlyt fektettem arra, hogy a forma kövesse a funkciót, és ennek köszönhetően a kamera visszatükrözi az alaprendeltetését, vagyis nem összekeverhető más célra szánt eszközökkel.



5. ábra: Egy repülőtér-specifikus felhasználásra tervezett dash cam 3D-modellje

Forrás: a szerző szerkesztése

A kompakt kivitelnek köszönhetően ez az eszköz elfér a legtöbb visszapillantó tükör mögött, miközben a rögzítés a szélvédő dőlésszögéhez igazított panel segítségével oldható meg. Saját kijelzővel nem rendelkezik, de működőképességéről egyértelmű információt szolgáltat a gépjárművezetőnek LED-státuszjelek formájában. A kamera jobb oldalán egy SD-kártya-hely látható, és a bal oldalon kaptak helyet az adatkapcsolatot és a hálózati tápcsatlakozást biztosító portok. Az előlapon található a kamera optikai rendszerének felépítménye, valamint a mikrofonfurat.

Összegzés

A fedélzeti menetrögzítő kamerák légi oldalon közlekedő gépjárművekben való alkalmazásával összefüggésben megfogalmazott legfontosabb hipotézisem szerint ezek

¹⁹ HORVÁTH 2022a.

az eszközök jótékony hatást gyakorolhatnak a repülőterek földi üzemének repülésbiztonsági szintjére. Ezt a feltételezést támasztja alá a fedélzeti képalkotók szakirodalom alapján ismertetett általános közlekedéskultúrára gyakorolt hatása, a feldolgozott statisztikai adathalmaz, valamint a kérdőíves kutatás eredménye. Ezek közül érdemes hangsúlyozni, hogy a kérdőívet kitöltő és saját gépjárműben már fedélzeti menetrögzítő kamerát használó személyek egyöntetű (100%-os) véleménye alapján biztonság tudatosabbá tette őket a nevezett eszközök alkalmazása, amit a saját tapasztalataim alapján is meg tudok erősíteni. A FOD-érzékelés, a sebességtúllépésre és a pályaszegély-elhagyásra történő figyelmeztetés kapcsán a szakirodalom, továbbá a kérdőíves kutatás eredményei azonban ellentmondásban állnak egymással. Amíg az előbbi alapján kijelenthető, hogy az említett – vagy azokhoz nagyon hasonló – megoldások bizonyos termékekben már most is rendelkezésre állnak, addig az utóbbi esetében csupán a felhasználók harmada látott ezekben potenciált. Ezt az ellentmondást vélhetően csak akkor oldhatjuk fel, miután sor került az okosfunkciókkal kiegészített fedélzeti menetrögzítő kamerák repülőtéri környezetben történő tesztjére.

Az alapkövetelmények meghatározását követően már a jelenleg megvásárolható eszközök között is találunk a légi oldali üzemre alkalmas menetrögzítő eszközt, de a valódi kompromisszummentes megoldást egy repülőtér-specifikus felhasználásra tervezett dash cam jelenti. Ennek a tervezési folyamatnak a támogatása céljából elkészítettem és közzétettem a nevezett eszköz első 3D-modelljét, amely megfelelő alapot biztosíthat a további fejlesztésekhez.

Meggyőződésem, hogy a repülésbiztonság terén végzett munka jó befektetés, hiszen ez a tevékenység humán erőforrás vonatkozásában és anyagi-technikai értelemben is jól kamatozik. Mivel ezzel a megállapítással párhuzamban a jelen tanulmány keretében vizsgált eszköz tekintetében bizonyítottam, hogy – katonai és polgári repülőtereken egyaránt – javíthatja a repülésbiztonság szintjét, nemcsak anyagi, de morális értelemben is megtérülhet egy ilyen céleszköz fejlesztése.

Felhasznált irodalom

- AMOS, Howard (2013): Meteorite Footage Captured Thanks to Russian Love of Dashcams. *The Guardian*, 2013. február 15. Online: www.theguardian.com/world/2013/feb/15/meteorite-footage-russia-dashcams
- Az Európai Parlament és a Tanács 996/2010/EU rendelete (2010. október 20.) a polgári légiközlekedési balesetek és repülőesemények vizsgálatáról és megelőzéséről és a 94/56/EK irányelv hatályaon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg). Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32010R0996>
- Az Oroszországi Föderáció Belügyminisztériuma által kiadott, a közúti közlekedésben résztvevőkre vonatkozó követelményeknek történő megfelelésről szóló 185/2009. évi rendelet. Online: www.stopca.ru/zakony/prikaz_mvd_185_ob_utverzhenii_administrativnogo_reglamenta_mvd/
- BELENKY, Alexander et al. (2004): *Wide Dynamic Range Imaging*. [H. n.]: Institute of Neuromorphic Engineering. Online: www.researchgate.net/publication/265064912_Wide_dynamic_range_imaging

- CSORDÁS Gábor (2020): Száz autójába szerelt fedélzeti kamerát a magyar rendőrség. *Player.hu*, 2020. június 17. Online: <https://player.hu/tech-3/szaz-autojaba-szerelt-fedelzeti-kamerat-a-magyar-rendorseg>
- DEBENEDICTIS, Erik P. (2017): It's Time to Redefine Moore's Law Again. *Computer*, 50(2), 72–75. Online: <https://doi.org/10.1109/MC.2017.34>
- GULYÁS Péter – FÖLDESI Anikó (szerk.) (2022): *MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülóbázis légi oldali repülésbiztonsági eljárásrend*. Kecskemét: MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülóbázi.
- HORVÁTH Gábor (2022a): *Egy repülőtér-specifikus felhasználásra tervezett dash-cam 3D modellje*. Online: https://uninkehu-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/horvath_gabor_uni-nke_hu/ESueDYoYMH5GsSqFR2WljuEBpp0oPQ4d4vEQMEETOEOaPw?e=zhn6Xm
- HORVÁTH Gábor (2022b): *Kérdőíves adatgyűjtés*. Online: https://uninkehu-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/horvath_gabor_uni-nke_hu/EWHBQOF4tLtGgx8ofP2nroQBNr8E-DfSDiDHXjm6YdQNIQ?e=2kRUVF
- JACOBS, Adam (2020): *Understanding and Using Filters in Photography* [ePub] [H. n.]: Manfrotto. Guide. Online: https://static.videndummediasolutions.com/media/wysiwyg/collections/filters/Manfrotto_Guide_Filters_E-Book.pdf
- MARZUOLI, Aude et al. (2016): Multimodal Impact Analysis of an Airside Catastrophic Event: A Case Study of the Asiana Crash. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(2), 587–604. Online: <https://doi.org/10.1109/TITS.2015.2483743>
- Movie Camera in Police Car Puts Evidence on Film (1939). *Popular Science Magazine*. Online: www.eyewitnessdashcams.com/wp-content/uploads/2020/07/dash-cam-cop-history.jpg
- OHM, Jens-Rainer et al. (2012): Comparison of the Coding Efficiency of Video Coding Standards—Including High Efficiency Video Coding (HEVC). *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 22(12), 1669–1684. Online: https://iphome.hhi.de/wiegand/assets/pdfs/2012_12_IEEE-HEVC-Performance.pdf
- Oxford–Lexico Online: *Dashcam*. Online: www.dictionary.com/browse/dashcam
- PALIK Mátyás (2015): *A pilóta nélküli repülés fejlődése*. Budapest: Nemzeti Közszerológálati Egyetem, 2015. október 20. Online: www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/7-palik-matyas-eloadas.original.pptx
- ROSENBLATT, Daniel (2005): *The Impact of Video Evidence on Modern Policing*. [H. n.]: International Association of Chiefs of Police. Online: <https://cops.usdoj.gov/RIC/Publications/cops-w0404-pub.pdf>

Vákát

A tűzoltó egyéni védőeszközök fejlesztési lehetőségei ergonómiai szempontok alapján

A hosszan tartó, ismétlődő jellegű fizikai munka az ízületek, izmok túlterheléséhez vezet, aminek következtében megnövekszik a sérülések és így a balesetek valószínűsége. A tűzoltás során viselt egyéni védőeszközök, szakfelszerelések tömege és kialakítása nagymértékben befolyásolja az emberi szervezetet ért hatást, így lényeges az ergonómiai és pszichikai tényezők figyelembevétele és hangsúlyozása ezen a területen is. A szerző a tanulmányban külföldi és hazai példákon keresztül mutat be innovatív megoldásokat, továbbá a felhasználói visszajelzések (interjúk, kérdőívek) alapján összegzi a tapasztalatokat, majd javaslatokat tesz a fejlesztési irányokra vonatkozóan. A kapott eredmények függvényében az egyéni védőeszközökre vonatkozó számos kiegészítést, módosítást állapít meg.

Kulcsszavak: tűzoltó, megbetegedés, egyéni védőeszköz, teherbírás, fejlesztés

Development Possibilities of Firefighting Personal Protective Equipment Based on Ergonomic Aspects

Long-lasting, repetitive physical work damages the joints, and leads to muscle overload, which results in an increase in injuries and the probability of accidents. The mass and design of personal protective and professional equipment have a great influence on the impact on human body during firefighting. Therefore, considering and emphasizing ergonomic and psychological factors are important in this area as well. The author of this study presents innovative solutions through international and domestic examples, summarizes the experiences based on the user feedback (interviews, questionnaires) and makes recommendations for development directions. Depending on the results obtained, she establishes several additions and amendments related to personal protective equipment.

Keywords: firefighter, illness, personal protective equipment, load capacity, development

¹ Munkabiztonsági főfelügyelő, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság; e-mail: lilla.horvath@katved.gov.hu; ORCID: 0000-0001-6198-7345.

Bevezetés

Az emberi szervezet teherbíró képességét több tényező is befolyásolja, de leginkább az öregedés elkerülhetetlen folyamata gyakorolja rá a legnagyobb hatást. A mai kor adta technikai és szociális keretek számos lehetőséget biztosíthatnak a fizikai és mentális egészség fenntartására vagy javítására. A különböző sportok rendszeres gyakorlásával az állóképesség, a fizikum rendkívüli mértékben fejleszthető, így a mindennapi tevékenységek (például anyagmozgatás, takarítás stb.) során hirtelen mozdulatok által bekövetkező sérülések esélye csökkenthető. Emellett napjainkban már sokak számára elérhetőek a különböző pszichológiai, kineziológiai szolgáltatások is, amelyek egy trauma feldolgozása vagy kríziskezelés esetén megkönnyítik a szakembert felkereső személy gyógyulását.

Az öregedés természetes folyamata megállíthatatlan, és adott ponton túl ha az egészségügyi problémák kezelésére nem helyeznek hangsúlyt, akkor könnyen maradandó megbetegedések következhetnek be. Az ergonómiának a munkavégzés szempontjából pontosan a megelőzés a fő feladata, hogy a dolgozó személy minél tovább megőrizhesse a munkára képes állapotát. Szerencsére napjainkban már számos vállalat fektet hangsúlyt az ergonómiai szempontoknak való megfelelésre, így hozzájárulva dolgozói egészségének fenntartásához. A szervezetet hosszú távon igénybe vevő, nehéz fizikai munka során természetesen kihívást jelent ezen szempontok kielégítése, hiszen nem elég egy jól megtervezett irodát berendezni a megfelelő székekkel és asztalokkal. A beavatkozó tűzoltók esetén sincs ez másképp: az ergonómia fogalma ebben a munkakörben is megjelenik, akár az általuk használt egyéni védőeszközök és szakfelszerelések tekintetében. Az életkor előrehaladtával nagyobb megterhelést jelenthet számukra egy többemeletes épület felső szintjére felfutni vagy éppen egy elhúzódó erdőtűznél az óriási hőterhelést elviselni. Ezek alapján a cikkben a tűzoltó egyéni védőeszközök ergonómiai szempontú fejlesztési lehetőségeit mutatom be, annak céljából, hogy a tűzoltók a beavatkozások során nagyobb biztonságban lehessenek, és az éveken át (akár 20–30 évig) tartó megterhelés miatt kialakuló, a munkavégzésükből adódó megbetegedések és balesetek száma csökkenhessen.

A beavatkozó tűzoltói munka

A tűz elleni védekezés komplex tevékenység, mivel nemcsak magát a keletkezett tűz eloltását foglalja magában, hanem a tüzmegeelőzést, a tüzvizsgálatot és ezek feltételeinek biztosítását is.² A megelőzés jelen van a mindennapjainkban, akár a különböző tájékoztatók, figyelemfelhívások (például elektronikus sajtó, közösségi média stb.) vagy technikai megoldások (például sprinkler rendszer, tűzgátló lezárások stb.) formájában. A tüzvizsgálat megállapításai mind a megelőzés, mind pedig a tűzoltás területét támogatják, hiszen a tapasztalatok által lehetőség nyílik a folyamatos adaptálódásra és innovációra.

² 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról, 4. § b).

A beavatkozó tűzoltók a mindennapjaik során számos veszélynek vannak kitéve (hőterhelés, mechanikai és vegyi/biológiai behatások stb.), így az előzetes és ismétlődő jellegű képzések alapján, továbbá a megszerzett tapasztalatok birtokában, az általuk viselt egyéni védőfelszerelések biztosítják a megfelelő védelmet.

Az egyéni védőeszközök funkciójának részletezése előtt érdemes szót ejteni a tűzoltói feladatok végrehajtása során fellépő fizikai és mentális megterhelésről. A fokozott igénybevételnek köszönhetően jellemző, hogy az állomány körében idővel megjelennek a különböző mozgásszervi eredetű panaszok.³ A beavatkozó tűzoltók esetén magas kockázati tényezővel bír a nehéz tárgyak emelése, áthelyezése (anyagmozgatás), a szélsőséges időjárás és hőmérséklet, a zaj és rezgés, amelyek a váz- és izom-, keringési és idegrendszerüket meghatározó mértékben igénybe veszik.⁴ A lehetséges mozgásszervi megbetegedések elkerülése és/vagy megjelenésének minimalizálása végett fontos az állóképesség magas szinten tartása, amit rendszeres testmozgással lehet elérni. Ez esetben a különféle sportok integrálása a mindennapokba prevenció hatású, mivel az edzett szervezet ellenálló és teherbíró képessége is megnő.

A beavatkozó tűzoltói állomány tagjainak sorában a váz- és izomrendszeri – azaz hát, nyak és felső végtagi – megbetegedések vezető szerepet töltenek be, a nagyrészt a műszaki mentés és tűzoltói munkavégzés jelentette speciális, máshol nem jelentkező igénybevétel következtében. Ez különösen igaz a kézi anyagmozgatással vagy az ismétlődő kéz- és karmozdulatokkal járó tevékenységekkel kapcsolatban, amely lehet például egy sérült személy kivágása fészítő-vágó alkalmazásával az erősen roncsolt személygépjárműből. Ez folyamatos, egysíkú terhelést jelent a váz és izomrendszerre, amelyet a szolgálati feladatok ellátása közben fellépő stressz jelentősen felnagyíthat. Ugyanakkor a túlzott erőkifejtés, illetve az ismétlődő mozdulatok miatt megnőhet a baleset-, valamint a sérülésveszély esélye is.

Véleményem szerint korunk legnagyobb ergonómiai kihívását az egyre előregedő társadalom és a vele együtt előregedő tűzoltói állomány egészségvédelmének megteremtése jelenti a jövőben. A munka speciális jellegéből adódóan nem lehet meghatározni egy természetes – vagy legalább ahhoz közelítő – testtartás elérését célzó testhelyzetet, hiszen egyenletes ütemű munkavégzés sem garantálható, ezért optimális terhelésről sem lehet beszélni. Tűzoltási feladatok végrehajtása közben számtalan nehezítő körülmény akadhat. A látást és magát a munkavégzést is akadályozó tényezők, mint például a füst, az égés során felszabaduló mérgező gázok, ködök, jelentősen növelik a baleset bekövetkeztének eshetőségét.⁵ További, a munkavégzést károsan befolyásoló elemek lehetnek még a tűzben megsérült épületek, épületrészek, a balesetben roncsolódott gépjárművek éles, kiálló felületei. Ezek kombinációja is előfordulhat, amikor egy gépjármű csapódik épületbe. Ebből a néhány példából is láthatjuk, hogy a vonuló tűzoltói személyi állomány ergonómiai szempontból is számtalan veszélynek lehet kitéve, amelyet kellő szakmai alaposág, kockázatbecslés, értékelés során is nehéz felmérni és egyéni védőeszközök

³ SANDRA et al. 2017.

⁴ SZABÓ 2012.

⁵ PÁNTYA 2018.

biztosítása mellett hatásait is csak tompítani lehet, teljesen kiküszöbölni nem. A tűzoltói munkavégzéssel kapcsolatban az elmúlt években bekövetkezett baleseteket áttekintve látni lehet, hogy mindig akadnak újabb és újabb baleseti források, egy ledőlő kémény, leszakadó mennyezet, amely esetek kivizsgálása során a fent említett nehezítő tényezők mindig kiemelkedő szerepet játszanak, ergonómiailag mindenképp figyelemreméltók.

A tűzoltói munkavégzés során legfőképp kézi anyagmozgatásról beszélhetünk, mint fő ergonómiai megterhelésről, amely főként a váz- és izomrendszerre fejt ki károsító hatását. A műszaki mentés során, tűzoltói beavatkozás esetén a sérült személyek mentése sok esetben magatehetetlen, sérült emberek kiemelését, szállítását jelenti, akik mozgásképtelenségük miatt jelentenek pluszterhelést. Mind tűzoltás, mind pedig műszaki mentés során előfordulhat nagyobb súlyok mozgatása, amely preventív jelleggel történik a nagyobb kár megelőzése és az életmentés érdekében, de mint ilyen nem megfelelően előkészített, nincs idő és hely a megfelelő emelési testhelyzet felvételére. Ez az extrém terhelés miatt ergonómiailag is kiegyensúlyozatlan, így fokozott sérülés- és balesetveszélyt rejt magában.

Ergonómiai szempontból a tűzoltói munkavégzést is végigkíséri a különféle szakfelszerelések használata, a gépek, eszközök kezelése, illetve a kézi anyagmozgatás. Valamennyi esetében a kifejtett erő az igénybevétel fő meghatározója. Ez sok szempontból nem mérhető objektíven, hiszen más-más terhelés éri a tűzoltót a műszaki mentés, a tűzoltás, esetleg a szolgálatképesség fenntartása érdekében kifejtett sporttevékenység közben. Természetesen pihenőidőben vagy irodai munka, híradó szolgálat teljesítése során is más-más fizikai megterhelés éri a dolgozókat. Az optimális munkavégzési mód megválasztása eszközhasználat esetén még nehezebb, hiszen a nyomás alatt lévő sugárcső kezelése az egész testre hat, egyfajta kényszerhelyzet, amely jelentős erő kifejtést is igényel a tűzoltóktól.

A tűzoltói tevékenység során ergonómiai szempontból nem lehet figyelmen kívül hagyni a kézre és karra, valamint az egész testre ható rezgést mint fizikai kóroki tényezőt. A behatás irányát tekintve ezeket nem lehet élesen elválasztani, hiszen a beavatkozások, műszaki mentések során alkalmazott gépek, berendezések a legtöbb esetben kézi működtetést igényelnek, azonban az egész testre is hatnak. Kárelhárítási munkák során, például faágak, gallyak vihar utáni eltávolítása esetén a láncfűrész elsősorban a kézre, karra fejt ki a vibrációs hatást, de az alkalmazott eszköz, gép ereje, nyomatéka folytán ez az egész testre áttérül. Ergonómiai szempontból ezt súlyosítja a kényszerhelyzetben, esetenként görnyedt, lehajolt testhelyzetben végzett munka, amely a rezgéssel kiegészülve már más, sokkal komplexebb behatást eredményez.⁶ A jövőre nézve mindenképp nagyobb szerephez kell jutnia az ergonómiának mint önálló szakágnak a tűzoltósági szakterületen belül, hiszen sok károsító hatás csökkenthető lenne preventív módszerekkel, amelyek anyagi ráfordítást nem, csupán szakértelmet és más módszertani megközelítést igényelnének.

A pszichikai megterhelés hosszú távon képes legyengíteni az emberi szervezetet, ezzel számos megbetegedést okozva. A tűzoltók esetében egy beavatkozás során gyors hormonális stresszreakció megy végbe, amely során olyan hormonok szintje emelkedik

⁶ KURUTZNÉ KOVÁCS 2014: 10.

meg, mint a glükokortikoidok vagy a glukagon. Ez a gyors hormonális válasz az emberiség történelmében mindig is fontos volt a túléléshez, viszont hosszú távon, azaz krónikus stresszállapot esetén megjelenhetnek a szív-, illetve érrendszeri, idegrendszeri és anyagcserezavart okozó megbetegedések.⁷

Tűzoltás közben a magas hőmérséklet fokozza a beavatkozó tűzoltó pszichikai megterhelését, hiszen az egyéni védőruházatban és a viselt szakfelszerelésekkel együtt nehezebbé válik a mozgás, annak ellenére, hogy ezen eszközök biztosítják számára a védelmet. A lassabb mozgás, a beszűkült látótér és a kedvezőtlen hallási viszonyok miatt ha a tűzoltó nem megfelelően felkészített vagy az adott időszakban mentálisan sebezhetőbb (például magánéleti problémák), akkor könnyen alakulhat ki pánikhelyzet, ami a saját és mások életét is veszélyeztetheti.⁸ Az egyéni védőruházat tömege és anyagának összetétele ezen okból kifolyólag is számottevő fontosságú. A ruházatnak kívülről ellen kell állnia az extrém magas hőmérsékletnek (meghatározott ideig) és bizonyos vegyszereknek, vízlepergetőnek kell lennie, továbbá a test mozgása miatt képződött verejték elpárolgását biztosítania kell.⁹ Az ergonómiai megfelelés mellett ezen funkciók fejlesztése kiemelkedő jelentőségű, ezeket a következő fejezetben mutatom be.

Egyéni védőeszköz

Az egyéni védőeszköz fogalmát a 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet is definiálja a 2. § (1) a) pontjában az alábbiak szerint:

„aa) minden olyan eszköz, amelyet a munkavállaló azért visel vagy tart magánál, hogy az a munkavégzésből, a munkafolyamatból, illetve a technológiából eredő kockázatokat az egészséget nem veszélyeztető mértékűre csökkentse, továbbá

ab) az eszköz bármely kiegészítése vagy egyéb segédesszköz, amelynek a feladata az aa) pont szerinti cél elérése (a továbbiakban aa) és ab) pontok együtt: védőeszköz)...”¹⁰

A tűzoltó-bevetésivédőruházat a különböző veszélyekkel szembeni, védelmi jellegű tulajdonságai mellett akár nehézséget is okozhat viselője számára, ha nem megfelelő a kialakítása vagy a tömege. A nehéz fizikai munkavégzés már eleve fokozottabban igénybe veszi az emberi szervezetet, viszont egy ergonómiai szempontból kevésbé megtervezett védőruházatban megnő a baleset bekövetkezésének esélye. Ha beavatkozás közben a tűzoltó védőruházatának az anyaga, szabása miatt folyamatosan beakad a kárhelyszínen a tárgyakba, vagy a ruházat nem megfelelő mértékben vezeti el a hőterhelésből adódó párárt, izzadságot, az nagyobb mértékben megnehezíti az adott munkafolyamatot, ami rövid és hosszú távon is negatív következményekkel jár.¹¹

⁷ MAKARA 2014: 6–10.

⁸ RESTÁS 2016.

⁹ HAVENITH 1999.

¹⁰ 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről, 2. § (1) a).

¹¹ PÁNTYA 2013.

Az egyéni védőeszközök kiválasztása előtt a munkáltató kockázatértékelést készít, amelyben feltárja az adott munkakör esetében megjelenő veszélyforrásokat, majd a veszély jellege alapján felbecsüli a fenyegetettség mértékét.¹² Ezek alapján lehet meghatározni azokat az egyéni védőfelszereléseket, amelyek a várható veszélyek ellen védelmet nyújthatnak. Ezt követően már számos cég kínálatából lehet kiválasztani az adott védőruházatot, amelynek beszerzése során mindenképp előnyös, ha ergonómiai szempontok is szerepet játszanak.

De miért is lényeges, hogy a viselt védőeszköz ne csak pusztán ellássa az adott funkcióját, hanem viselője számára komfortos érzést is biztosítson? Hosszú ideig tartó munkavégzés során az eleinte kényelmesnek tűnő védőruha – ha ergonómiailag nem megfelelően tervezett – a későbbiek folyamán problémákat okozhat. Egy tűzoltó-védősisak tömege, tömegeloszlása számottevő jelentőségű, ugyanis ha a kialakítása nem megfelelő, akkor rövid távon elvonhatja a figyelmet a munkavégzéstől, hosszú távon pedig maradandó egészségkárosodáshoz vezethet.

Kérdőív és interjú nemzetközi viszonylatban

Huiju Park, Juyeon Park, Shu Lin és Lynn Boorady az Amerikai Egyesült Államok több különböző területén elhelyezkedő tűzoltólaktanyákban készített félig strukturált, fókuszcsoporthoz tartozó interjút. Összesen hat laktanya állománya vett részt ebben a felmérésben. Az interjú megkezdése előtt egy kérdőív segítségével néhány személyes és munkavégzéssel összefüggő adatra voltak kíváncsiak a felmérést készítők. Ezek a kérdések kiterjedtek demográfiai adatokra, a szolgálatban eltöltött évekre és sérülésekre (balesetekre). Mindemellett az egyéni védőruházattal (tűzoltó-védőcsizma, tűzoltó-védőkesztyű) kapcsolatos kérdéseket is tartalmazott a kérdőív, amelyben a személyes megítélésük alapján értékelték az eszközöket a tűzoltók. Egy ötpontos skálán alkottak véleményt a tűzoltó-bevetésivédőcsizmák kapcsán a tűz- és lángállóságról, a vízhatlanságról, a gőz, ütés és vegyszerek elleni védelemről, a tartósságról, a hőkomfortról, a párnázottságról, a szakítószilárdságról, a talpvédelemről, a mozgás alatti stabilitásról és a rugalmasságról. Emellett a tűzoltó-bevetésivédőkesztyűk kapcsán is választ kellett adniuk néhány kérdésre az elégedettségük alapján (tűz- és lángvédelem, vízhatlanság, hőkomfort, fogás, valamint tapadás). Összesen 54 tűzoltót vontak be a felmérésbe, 48 férfit és 6 nőt. A kérdőívek kiértékelése alapján a védőkesztyűk esetében a vízhatlansággal, a fogással, a tapadással és a hőkomforttal kevésbé voltak elégedettek. A védőcsizmák tulajdonságai közül a párnázottság, a talpvédelem és a mozgás alatti rugalmasság kapott alacsonyabb pontszámot. A fókuszcsoporthoz tartozó interjúk alapján a védőkesztyűk esetében a legnagyobb gondot a munkavégzés közbeni fogás nehézsége jelenti, ami a nagyobb méretnek és a több rétegből álló vastag anyagnak tulajdonítható. Az egyik női tűzoltó véleménye szerint leginkább a kis méretű tárgyak megfogása okoz problémát, főleg, hogy a kisebb keze miatt kevésbé tud megfelelő méretű kesztyűt beszerezni magának.

¹² 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről, 54. § (2).

További észrevételként jelent meg az állomány többi tagjától, hogy a kesztyű anyagából adódóan, a merevsége és vastagsága miatt a telefonon/rádión keresztül történő kommunikáció, a tömlő megtartása nehézségekbe ütközik. A tűzoltó bevetési védőcsizma tulajdonságaival kapcsolatban is végeztek fókuszcsoporthoz tartozó interjút, amelynek összegzése alapján felmerült, hogy a gumí anyagú csizmák a hideg, téli időszakban még tűzoltás közben – nagy hőterhelés mellett – sem nyújtanak a lábnak megfelelő hővédelmet, mivel a tűzoltók lába hosszabb munkavégzés után már fázott. A bőr tűzoltó-védőcsizmákat előnyben részesítették, mivel létrára mászás során sokkal jobban érezték a létrafokokat, ami biztosabb mozgást tett lehetővé.¹³

A nemzetközi kitekintésben bemutatott kérdőíves és fókuszcsoporthoz tartozó tapasztalatai alapján megerősítést nyert, hogy a védelmi képesség biztosítása mellett a kényelem is lényeges szerephez jut az egyéni védőeszközök kiválasztása során. Bár a nemzetközi példán keresztül csak a – márkát fel nem tüntető – tűzoltó-bevetésivédőkesztyűt és -védőcsizmát emelték ki, a többi szükséges védőeszköz (tűzoltó-védősisak, -védőkáma, -védőkabát és -nadrág) esetében is érdemes nagyobb figyelmet fordítani az ergonómiai szempontokra és azok esetleges fejlesztésére.

Megoldások

A beavatkozó tűzoltói munka nagy fizikai és pszichés megterheléssel jár, ennek megfelelően a tűzoltók által viselt védőruházat neuralgikus pontja a helyes és hatékony munkavégzésnek. Számos kísérlet történt már a múltban arra vonatkozóan, hogy kedvezőbb feltételek mellett fékezzék meg a keletkezett tüzet a tűzoltók. Egyes tanulmányok ismertették a kiegészítő testhűtő felszerelést, amelynek használata esetén viszont a viselt tömegnövelő ronthatja az ellenálló képességet a hőterheléssel szemben. Az egyik tanulmány arról számol be, hogy egy kg tömegű jéggel töltött mellényt használtak a kísérlet elvégzése során, aminek hatására összességében csupán 10%-kal kaptak kedvezőbb adatokat a mért értékek alapján (pulzusszám, testhőmérséklet, izzadás stb.).¹⁴ Egy másik esetben egy speciális mellényt mutattak be, amelyben az emberi szervezetre ártalmatlan folyadékot áramoltattak vékony, szilikon anyagú csövekben, és így érték el a kívánt hőmérsékletet.¹⁵ Álláspontom alapján ezen termékek beszerzése, alkalmazása és karbantartása a tűzoltókat foglalkoztató szervezetekre mind gazdasági, mind pedig logisztikai szempontból kedvezőtlen hatással bírna.

Edward Tom Ashworth, James David Cotter és Andrew Edward Kilding tanulmányában katonákon végeztek el egy kísérletet: a hőterhelésre adott válaszreakciójukat vizsgálták, majd elemezték, és nem a ruházat, hanem az emberi test ellenálló képességének javítása vált a fő céllá. A kapott eredmény nem volt biztató, mivel az egyének a külön-

¹³ PARK et al. 2014.

¹⁴ SMOLANDER et al. 2004.

¹⁵ URBÁN-RESTÁS 2017.

bőző metódusokra (például szauna) eltérően reagáltak.¹⁶ Természetesen mindenképpen szükségesnek tartom a tűzoltók állóképességének folyamatos fejlesztését, hiszen így nagyobb eséllyel kerülhetők el a balesetek vagy megbetegedések, de az elsődleges külső védelmet az általuk viselt védőeszközök adják. A védőruházatok gyártási folyamatában, az anyagösszetétel fejlesztésében van meg véleményem szerint az a potenciál, amely képessé teheti a tűzoltókat a hosszabb idejű és biztonságosabb beavatkozásra.

Összegzés

A beavatkozó tűzoltói munka fizikailag és mentálisan is megterhelő, így lényeges, hogy preventív céllal és a szolgálati idő alatt folyamatosan szükséges monitorozni az állomány egészségi állapotát, továbbá karbantartani és fejleszteni az egyéni védőeszközöket, valamint – természetesen – a szakfelszereléseiket is. Amennyiben ez a két feltétel együttesen teljesül, akkor nagy valószínűséggel elkerülhetők vagy minimalizálhatók mindazon megbetegedések, amelyek ezen munkakör végzése során jelennek meg az idő előrehaladtával. Az elhúzódó tűzoltás alatti hőterhelés következtében nemcsak az emberi szervezet, hanem a szakfelszerelések, egyéni védőeszközök ellenálló képessége is csökkenhet. Utóbbi esetén érdemes elindulni egy olyan kutatási vonalon, amely a tömeg csökkentése mellett fokozza a védelmi képességet a beavatkozás során fellépő behatásokkal szemben, továbbá ergonómiai szempontból is kedvezőbb paraméterekkel rendelkezik. A jobb védelmi képesség műszeres vizsgálatok által, konkrét adatokkal alátámasztható, az ergonómiai megfelelés pedig a felhasználói visszajelzések alapján érhető el. A kapott eredmények segítségével lehetőség nyílna a beavatkozó tűzoltók élet- és egészségmegőrzésére, a balesetek számának csökkentésére, továbbá a megbetegedések minimalizálására.

Felhasznált irodalom

1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről.
1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról.
- 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről.
- ASHWORTH, Edward Tom – COTTER, James David – KILDING, Andrew Edward (2020): Methods for Improving Thermal Tolerance in Military Personnel Prior to Deployment. *Military Medical Research*, 7(58), 1–11. Online: <https://mmrjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40779-020-00287-z>
- HAVENITH, George (1999): Heat Balance When Wearing Protective Clothing. *The Annals of Occupational Hygiene*, 43(5), 289–296.
- KURUTZNÉ KOVÁCS Márta (2014): *Az emberi gerinc biomechanikai modellezése – mérnöki kalandozások a derékfájás körül*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.
- MAKARA B. Gábor (2014): *Stressz és betegségek*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.

¹⁶ ASHWORTH–COTTER–KILDING 2020.

- PÁNTYA Péter (2013): Füsttel telített, zárt terekben történő tűzoltói beavatkozások vizsgálata a biztonság szempontjából. *Bolyai Szemle*, 22(3), 47–58.
- PÁNTYA Péter (2018): A katasztrófavédelem beavatkozó hatékonyságának fejlesztése a tűzoltósági területen. *Hadmérnök*, 13, KÖFOP-szám. 109–144.
- PARK, Huiju et al. (2014): Assessment of Firefighters' Needs for Personal Protective Equipment. *Fashion and Textiles*, 1(8), 2–8.
- RESTÁS Ágoston (2016): Pszichológia a tűz frontvonalában. *Védelem Tudomány*, 1(3), 46–56.
- SÁNDOR Sándor et al. (2017): A speciális bevetési területen szolgálatot teljesítők fizikai megterhelése kapcsán esetlegesen kialakuló szövődmények megelőzése, illetve terápiája. *Honvédségi Szemle*, 145(5), 90–99.
- SMOLANDER, Juhani et al. (2004): Effectiveness of a Light-Weight Ice-Vest for Body Cooling While Wearing Fire Fighter's Protective Clothing in the Heat. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 10(2), 111–117.
- SZABÓ Gyula (2012): A váz-izomrendszeri megbetegedések kockázatkezelése két ország fegyveres erőinél. *Hadmérnök*, 7(2), 184–194.
- URBÁN Anett – RESTÁS Ágoston (2017): Making Body Temperature Lower to Raise the Safety Level of Firefighters' Intervention. *ECOTERRA – Journal of Environmental Research and Protection*, 14(1), 47–51.

Vákát

Áttekintő emberi aktivitás felismerés (PAR)

A tömegben zajló tevékenységek átfogóbb megértéséhez szükség van egy, a panoramikus, áttekintő emberi tevékenységet felismerő rendszer (panoramic human activity recognition, PAR) kidolgozására, amelynek célja, hogy egyidejűleg detektálni tudja az egyéni cselekvéseket, a társadalmi csoportaktivitásokat, illetve felismerje az univerzálisan is mintázható emberi tevékenységeket. Egy ilyen felismerő rendszer ugyan nagy kihívást jelent, de gyakorlati problémákra tud választ adni a valós alkalmazás, vagyis tüntetéseken, gyűléseken kialakuló tömegjelenet, a határ menti migrációs csoportosulással járó veszélyhelyzetek vagy egy közterületen, megfigyelt környezetben hirtelen keletkező tömegjelenet esetén. A tanulmány ismerteti a koncepciókat és egy új, hierarchikus gráfneurális hálózati megközelítést elemez, hogy az emberi tevékenység fokozatos ábrázolása és modellezése és a kölcsönös társadalmi kapcsolatok egy tömegben miként néznek ki egy résztvevő számára, a gépi látás szemszögéből.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, gépi látás, panoramikus emberi tevékenység

Panoramic Human Activity Recognition

For a more comprehensive understanding of group activities and human behaviour in crowds, it is necessary to develop a panoramic human activity recognition system (Panoramic Human Activity Recognition – PAR). Its purpose is to understand and simultaneously detect individual actions and social group activities, and also to recognize human activities in groups that can be modelled universally.

Although such a recognition and detection system is a great scientific challenge, it can provide answers to practical problems in the case of real application of the technology. Such a problem can be a mass scene in the case of riots, demonstrations or gatherings, dangerous situations associated with borderland migration groups along the borders, or a group scene that suddenly arises in an observed environment in a public area. The paper describes the concepts and analyzes a new hierarchical graph neural network approach to progressively represent and model human activity and how mutual social relations in a crowd look from a machine vision perspective.

Keywords: artificial intelligence, machine vision, panoramic human activity recognition

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; e-mail: huszar.viktor.denes@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0001-5402-0208.

Bevezetés

A 21. század a digitális technológiai forradalmat hozta el a katonai műszaki tudományok és az informatikai tudományok kutatási témáiban. A digitális paradigmaváltás a decentralizáció mellett az automatizált folyamatokban teljeseedik ki, amit legfőképpen a gépi tanulás és a mesterséges intelligencia határoz meg. A gépi látásnak köszönhetően az emberi arc és az emberi tevékenység felismerése (*human activity recognition*, HAR) mára mindennaposává vált világszerte, azonban a felismerési pontosság az emberi tevékenységek, valamint az abnormális emberi tevékenységek esetében még messze van a tökéletestől. Az egyének felismerésén túl további kutatási kihívás a tömegek viselkedésének felismerése, mert az egyén a tömegben sokszor elveszti az „arcát”, s a kollektív tudat felülírja az egyéni viselkedési mintázatot.

A tömegben zajló tevékenységek átfogóbb megértéséhez ezért szükség van egy panoramikus, áttekintő emberi tevékenységet felismerő rendszer kidolgozására, amelynek célja, hogy egyidejűleg detektálni tudja az egyéni cselekvéseket, a társadalmi csoportaktivitásokat, illetve felismerje az univerzálisan is mintázható emberi tevékenységeket. Egy ilyen felismerő rendszer ugyan nagy kihívást jelent, de gyakorlati problémákra tud választ adni a valós alkalmazás esetén. Ilyen probléma lehet a tüntetéseken, gyűléseken kialakuló tömegjelenet, a határ menti migrációs csoportosulással járó veszélyhelyzetek vagy egy közterületen megfigyelt környezetben hirtelen keletkező tömegjelenet. A kutatás célja egy új, hierarchikus gráf neurális hálózati megközelítési javaslat kidolgozása, hogy megértsük, miként működhet az emberi tevékenységek fokozatos ábrázolása és modellezése, illetve hogy miként néznek ki a kölcsönös társadalmi kapcsolatok egy tömegben részt vevő ember számára a gépi látás szemszögéből, valamint hogy az emberi viselkedésnek vannak-e felismerhető mintái a tömegben.

A gépi látás olyan „felforgató” (diszruptív) technológia, amely forradalmasítja az automatizált felismerési rendszereknél alkalmazott technológiákat.² Nemzetközi kitekintésben már elindult több kutatás-fejlesztési program a témában. A *NATO Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance & Reconnaissance* (C4ISR)³ ügynöksége (*NATO Communications & Information Agency*, NCI) és az Amerikai Védelmi Minisztérium (*U.S. Ministry of Defense*, DoD) már saját automatizált, decentralizált fejlesztési programokat indított,⁴ mert felismerték, hogy emberi mértékkel nem képesek a rengeteg beérkező adat kizárólag emberek általi elemzésére és feldolgozására.

Jelen kutatás célja, hogy az emberi tevékenység átfogóbb megértésére összpontosítsunk a zsúfolt tömegjelenetekben. A gyakorlati haszna egy ilyen kutatásnak a prevenció, a bűnmegelőzési automatizált videómegfigyelések fejlesztése és a figyelmeztető rendszerek hatékonyságának növelése, mert egy ilyen rendszer időben előre jelezheti a veszélyes tömegjeleneteket. Továbbá a tömegben az egyes személyek megmozdulásait

² BOWER–CHRISTENSEN 1995.

³ Command – irányítás, vezetés; control – ellenőrzés; communications – kommunikáció (távközlés); computers – számítógépek; intelligence – hírszerzés; surveillance – megfigyelés; reconnaissance – felderítés.

⁴ THATCHER 2015.

is lehet értelmezni, egyéneket vagy kis csoportokat is lehet elemezni, hogy a tömegre miként hat az ő tevékenységük. A videóalapú emberi tevékenység megértése fontos számítógépes látási feladat, de egyben nagy kihívás is a pontos felismerési teljesítmény.

A gépilátás-alapú tevékenységfelismerés

Egy tömegben rengeteg egyén van, ezért a gépi látásnak célirányosan kell megértenie, hogy mi az az emberi tevékenység, amelynek a mintázatait keresnie kell adott képkockán. A PAR-elmélet ezért abból indul ki, hogy egyidejűleg kell elemezni az egyéni cselekvést, a társadalmi csoportaktivitást és az úgynevezett globális tevékenységek felismerését, a már korábban ismert emberi tevékenységeket. „A PAR felismerés ezért egy embercsoport átfogó tevékenységének felismerése”,⁵ amelyben javasolt az ember-ember interakciók azonosítása.⁶

A csoportos tevékenység felismerése több kategóriába sorolható:

- Az *első kategóriában* az emberi cselekvés felismerésének a célja, hogy felismerje a tevékenységi kör kategóriáját egy gépi látással elemezhető videóban.⁷
- A *második kategória* az emberi interakció, valamint az emberi tevékenység felismerése a tömegben. Az emberi tevékenység ilyen átfogó és sokrétű megértése érdekében új megközelítést kutatunk, a panorámás emberi tevékenység felismerését.⁸
- A *harmadik kategória* az, amikor a társadalmi aktivitás az alanyok egy részében egyéb társadalmi tevékenység részeként jelenik meg.

Az automatizált felismerési technológiák magyar felhasználási lehetőségei

Magyarországon az automatizált felismerő technológiák szinte kizárólag külföldről megvásárolt megoldások, saját fejlesztés korlátozottan történt az elmúlt időszakban. Ugyan a *Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program* közzétételével Magyarország is felismerte, hogy az új típusú kihívások kiemelt figyelmet igényelnek az ország kibervédelmi képességeinek megteremtése, fenntartása és fejlesztése érdekében.⁹ Ennek ellenére a fókusz nem az automatizáláson volt. 2019 júniusában átadták ugyan a Magyar Honvédség Kiber Képzési Központját¹⁰ (a továbbiakban: Központ), amely hibrid haderőfejlesztési stratégiánk egyik legfontosabb alappilléreként szolgál, de ez a Központ a gépilátás-alapú detekcióval nem foglalkozik, azaz maga a gépilátás-alapú védekezés kategorizálása is kérdéses. Melyik haderőnem alá tartozna egy olyan forradalmian új

⁵ IBRAHIM–MORI 2018.

⁶ STERGIOU–POPPE 2019.

⁷ FAN et al. 2003.

⁸ ZHAO et al. 2020.

⁹ Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program 2016: 14.

¹⁰ Átadták a Magyar Honvédség Kiber Képzési Központját.

technológia, amely nemcsak katonai, hanem belügyi célokra is alkalmazható, a rendőrség, a határőrség és a titkosszolgálatok mellett a honvédség számára is hasznos lehet? Hova tartozhatnak a magyar haderő kutatás-fejlesztési programjai?¹¹

Magyarországnak olyan informatikai területekre érdemes specializálnia, mint az elektronika és a szoftverfejlesztés, mert a Magyar Honvédségnek (MH) ebben van esélye különleges szerepet betölteni, ami NATO-tagként nemzetközileg is értelmezhető.¹² Ilyen kitörési pont lehet az új típusú kihívásokkal kapcsolatos K+F, az automatizált, gépilátás-alapú felismerő képesség. Értékarányosan is technológiai befektetés lehet, amelyben, a globális helyzetet elemezve – katonai dimenzióban –, versenyképes lehet Magyarország, továbbá kormányzati-polgári-katonai interoperabilitást, oktatási, gazdasági és társadalmi hozzáadott értéket eredményez. A forradalmi technológiák K+F-támogatása, illetve a hibrid hadviselés biztonságos harmonizációja ezért magyar nemzeti érdek.¹³

A haderőnemi műveleti tartományok meghatározzák a négy lehetséges fizikai tartományt (földi, légi, tengeri és űr),¹⁴ de a gépi látás általánosan inkább az ötödik dimenzióba, a kibertérttartományba illeszthető, amely technológia – természetesen – univerzálisan is alkalmazható. A fő stratégiai kérdés az, hogy a magyar innovációkat képes-e erőforrás-optimalizáltan hasznosítani az MH, s a mesterséges intelligencia és a gépi látás kombinációja költséghatékonyan fejleszthető-e Magyarországon, vagy jobban megéri külföldi megoldásokat vásárolni, azok szoftveres kockázataival együtt. A mély neurális hálózati tanulási képességek potenciális felhasználása számos katonai tudományos kihívást jelent, következésképpen új platformokat hoz létre a haderőnemekben.

PAR – áttekintő emberi aktivitás felismerés és az új típusú kihívások

Az emberi interakció gép általi pontos felismerése mindig kihívás lesz. Az emberi cselekvés felismeréséhez képest az ember-ember interakció felismerésének vizsgálata kevésbé tanulmányozott tudományos téma. A meglévő emberiinterakció-felismerés elsősorban a két alany bevonásával zajló interaktív tevékenységre fókuszál (például ölelés), ami inkább a filmekben és a videómegfigyelésben fordul elő.¹⁵ Az emberi cselekvés felismeréséhez hasonlóan a legtöbb interakció-felismeréssel kapcsolatos munka a filmekből és tévéműsorokból gyűjtött videókra összpontosít, mert kézenfekvő, hogy innen érhetők el adatminták. Ezek azonban többnyire mesterségesen előidézett mintázatok, színészi mestermunkák, még ha viszonyítási alapnak elfogadhatóak is. Tudományos cikkekben tanulmányozták már az emberi interakciót a többszemélyes¹⁶ jelenetekben, azaz

¹¹ CSÁK 2019.

¹² STICZ 2009.

¹³ PÁLINKÁS 2015: 93.

¹⁴ MUNK 2018.

¹⁵ KIWON et al. 2012.

¹⁶ PATRON-PEREZ et al. 2012.

a tömegjelenetekben,¹⁷ mert a tömegben az ember-ember interakció észlelésének téridőbeli új problémáját tanulmányozni kell, hiszen más a felismerés egy zsúfolt jelenetben, mint két alany esetén. Léteznek hagyományos, klasszikus emberi interakciók, amelyek világszerte ugyanolyan minta alapján történnek? Ugyanúgy ölelkeznek a koreaiak, mint a brazilok?

A *panoramic human activity recognition* – PAR – áttekintő emberi tevékenység felismerési technológia, amely hatékonyan és kollektíven képes reprezentálni és modellezni az emberi tevékenységeket egy adott „tömegjelenetben”, több embert vizsgálva a különböző részletességi és kölcsönös kapcsolatok szintjén. Kutatók (Zhao Jiewen és társai) már próbálkoztak az ilyen gépi látású feldolgozással. Egy lehetséges megoldás, hogy a jelenetben érintett személyeket (akik korábban ismeretlenek voltak egymásnak) először felosztjuk egyénekre, de ez valódi élethelyzetekben nem praktikus, és nagy lehet a hibaarány. Kutatni szükséges, hogy egy hierarchikus gráfhálózat pontosabban működik-e, amely kombinálja a meglévő egyén-, páros- és tömegfelismerési technológiákat.

A PAR három lehetséges elemzési módszere ezért kiegészíti egymást:

1. feladat: felismerni minden egyes egyént és egyéni tevékenységét, amely hasznos információkkal szolgál:
 - *eseti egyéni tevékenység felismerése;*
2. feladat: felismerni a társadalmi és szociális interakciókat, például amikor egy személy beszél, egy másik hallgat, a beszélgetés társas aktivitását jelezheti, ha egymással szemben állnak:
 - *szociális, társadalmi tevékenység felismerése;*
3. feladat: hasonlóképpen a csoportban a tevékenység általános felismerése jobban elérhető, ha mindent tudunk az egyéni cselekvésekről és a társadalmi csoporttevékenységekről egy tömegjelenetben:
 - *globális felismerés vagy csoportos felismerés (global activity recognition/ group activity recognition, GAR).*

Csoportos tevékenység felismerése

A csoportaktivitás-felismerés (GAR) az emberi tevékenység megértésének egy másik feladata, amelynek célja a tevékenység felismerése egy embercsoport tekintetében. A kezdetleges kutatások közvetlenül azt vizsgálták, hogy egy rögzített videó egy csoportról és a csoport tevékenységéről – amelyben a tevékenységeket kategóriákra bontották, azok kimenetére való tekintettel – mit tartalmaz, de ezek a kutatások inkább egy rögzített videóképkocka osztályozására irányuló feldolgozásaként értelmezhetők.¹⁸ A legújabb munkák arra a következtetésre jutottak, hogy az egyéni emberi cselekvések és az ember-ember interakciók segíthetik a GAR-t. Több felismerési módszertan műveletcímkeket jelölt meg,

¹⁷ ZHAO et al. 2020.

¹⁸ TIANMIN–TODOROVIC–SONG–CHUN 2017.

hogy a GAR hatékonyságát növelje a címkézésnek köszönhető osztályozással.¹⁹ Létezik számos más módszer is,²⁰ amely szerint a több szereplő közötti kapcsolatok modelljét kell megalkotni a GAR-ban való jobb megjelenítés érdekében. A globális tevékenység felismerése ezért szerves része a javasolt technológiának, a PAR-nak. A GAR abban különbözik a másik két eljárástól, hogy annak keretében az egyéni és a társadalmi csoport tevékenységfelismerésének két feladatát párhuzamosan, egyszerre látjuk el.

Az átfogó tevékenységfelismerés hasznos előzményeket nyújt a társadalmi csoportok megértéséhez, az állam szociális érettségéhez. Egy közös keretrendszer e három feladat egyidejű kezelésére alkalmas lehet, ezt nevezzük PAR-nak, amely természetesen nagyobb kihívást jelent. Kulcskérdés, hogy miként lehet egy olyan egységes keretet kialakítani, amelyben nem külön-külön vagy egymás után, hanem az alfeladatokkal együtt minden párhuzamosan futhat.

A gépi látás és a mesterséges intelligencia használata a PAR-ban

A PAR-ban használható mesterséges intelligencia (a továbbiakban: MI) (*artificial intelligence*, AI) és a gépi látás lehetséges felhasználása rengeteg szociális, katonai, műszaki tudományos és jogi kérdést vet fel. A felismerések során az adatok mindig egy gépilátás-alapú szoftverből származnak, függetlenül a légi, szárazföldi, tengeri és űradatok műveleti forrásától. Tegyük fel, hogy egy mesterséges intelligencia által vezérelt kamera központi döntés nélkül, a gépi látás bemeneti adatainak feldolgozásával önmaga eldönti, hogy melyik utcai csoportot fogja elemezni, az MI eldönti, hogy milyen felismert adatokat továbbít egy titkosított rendszeren keresztül, mindezt valós időben. A kamera feldolgoz olyan adatot, amelyet felhasznál a tanulási folyamatához, azonban nem továbbítja és nem tárolja azt (például egy tömegverekedés képkockái). Az így feldolgozott adat egy mély neurális hálózati tanulási folyamat részévé válik, amelyből nem feltétlen lehet következtetni a bemeneti adat – a példa esetében egy tömegverekedés – teljes körű információira.

Az MI a tanuláson alapul, ezért ezeknek a rendszereknek folyamatosan elérhető adatokra és adatsatornákra van szükségük a gyorsabb tanulási görbék eléréséhez. Mivel a katonai információk minősítettek és titkosak, ezért az adatok beszerzése az MI-rendszerek katonai alkalmazhatóságához egyre nehezebb, jogi szempontból aggályos és összességében nagyon költséges folyamat. Intelligens megoldások léteznek, ahol titkosított adatok ellenőrizetlen vagy nyílt formában elérhető²¹ forrásokból szerezhetők be (például a University of Central Florida publikus bűnelkövetői videó-adatbázisa), de az adatok általában továbbra is emberi hibáknak lehetnek kitéve, és másodlagos értékelést, illetve megerősítést igényelnek. A katonai alkalmazásokra vonatkozó információk még érdekesebbek, mivel az adatbiztonságnak prioritást kell élveznie a védelmi adminisztrációban és a hatóságok napi kommunikációjában. A manuálisan beszerzett adatok

¹⁹ EHSANPOUR et al. 2020.

²⁰ IBRAHIM–MORI 2018; WU et al. 2019.

²¹ KOVÁCS–KRASZNAY 2017: 4.

felhasználása ütközhet a feldolgozott személyes adatok felhasználásával és a kapcsolódó adatfeldolgozási műveletekkel.²² Az európai általános adatvédelmi rendelet (*General Data Protection Regulation*, GDPR)²³ és más szabályozási politikák ezért korlátozzák az adatfelhasználás forrását.²⁴ A kutatás-fejlesztéseket a közeljövőben javasolt akár szintetikus adatokkal is megsegíteni, mert adott helyzetben alkalmazható, közvetlen más méréssel ki nem nyerhető adatokra lesz szükség a hatékonyabb mesterségesintelligencia-algoritmusok fejlesztéséhez, a pontos gépilátás-alapú tevékenységfelismeréshez.

A nemzetközi alkalmazhatóság technológiai és jogi kihívásai

A gépi látás és a mesterséges intelligencia használata a polgári és katonai alkalmazásokban sok kérdést vet fel.²⁵ A PAR esetén ugyan nem szükséges feltétlen a valós idejű elemzés, de hasznosságát tekintve az lenne az ideális prevenciós tevékenység. A valós idejű eredmények számítási műveletei komoly erőforrást igényelnek, mert a szűkös kapacitások költségessé tehetik a számítási műveleteket. A hardverlehetőségek viszont rohamosan fejlődtek az utóbbi időben, a PAR esetén ezért a szoftveres megoldás inkább a K+F-eredményeken múlik majd a jövőben. A tudományos kihívás kiterjed az ilyen rendszer mesterséges elszigeteltségére és a gépi tanulás vagy a programozott mesterséges intelligencia öntudatra ébredésének katonai kockázataira.

A nemzetközi gyakorlati példák iránymutatók Magyarország számára is, akár a *Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program* szempontjából is. Az Egyesült Államok élen jár az automatizált fejlesztésekben, ilyen példa – többek között – a Maven projekt.²⁶ Ez az úgynevezett *Algorithmic Warfare Cross-Functional Team* (AWCFT) program alprogramja, célja az amerikai haderő versenyelőnyének megtartása az automatizált gépi tanulás és gépi látás használatával. Az Amerikai Védelmi Minisztérium Fejlett Védelmi Kutatási Projektek Ügynöksége (*Defense Advanced Research Projects Agency*, DARPA) már évekkel ezelőtt felismerte, hogy nem képesek emberi kapacitással feldolgozni a szolgálatok és a haderő által begyűjtött vagy beszerzett gigantikus adatmennyiséget, ezért a gépi tanulás segítségével tudják csak azokat értelmezni. A folyamatot a feldolgoz-hasznosít-eloszt (*process-exploit-disseminate*)²⁷ művelettel definiálták, s a gépi látás által készített bármilyen digitális fotókat és videókat (*mid-altitude full motion video*) így kezdik feldolgozni. A mesterséges intelligencia alkalmazásával adatkímkezés, algoritmikus szelektálás érhető el, ami felgyorsítja a katonai döntési mechanizmust. A HAR, a PAR és minden egyéb emberi aktivitást előrejelző, felismerő rendszer ezekre az adatokra

²² PÉTERFALVI 2017.

²³ Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/679 rendelete (2016. április 27.) a természetes személyeknek a személyes adatok kezelése tekintetében történő védelméről és az ilyen adatok szabad áramlásáról, valamint a 95/46/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (általános adatvédelmi rendelet) (EGT-vonatkozási szöveg)

²⁴ CUEN 2019.

²⁵ PORKOLÁB–NÉGYESI 2019: 6.

²⁶ BERTA 2018.

²⁷ Establishment of an Algorithmic Warfare Cross-Functional Team (Project Maven) 2017.

alkalmazható, s a felismerés hatékonysága a gépi tanulásnak köszönhetően egyre nő, nemcsak az egyéni eseti tevékenységek, a csoportos tevékenységek, hanem az objektumok, tárgyak felismerésében és osztályozásában (címkézésében) is. A mesterséges intelligenciának köszönhetően e technológia már évek óta hatékonyabb az embereknél. Magyarországon rengeteg esetben tudott volna segíteni egy ilyen felismerő rendszer: eltűnt emberek keresésénél, a XIII. kerületi Béke téri robbantás elkövetőjének keresésekor, vagy az Oktogonnál történt, rendőrök elleni támadás elkövetőjének felkutatásakor.

Az orosz–ukrán konfliktus szintén felgyorsította a pilóta nélküli légi járművek (*unmanned aerial vehicle*, UAV) pilóta nélküli repülőrendszerek (*unmanned aircraft system*, UAS) általi felderítésének fejlesztését. Jelenlegi becslések alapján több mint száz ország rendelkezik katonai drónokkal, ebből húsz ország fegyveres drónokat is használt már (nem feltétlen államhoz köthető szervezetek által). A drónok sokszor a robotika szempontjából nem túl kifinomultak még, de szinte mind távolról vezéreltek. Az autonómia egyre inkább szerepet kap a különböző járművek kezelésében. Ilyen például a G-NIUS által kifejlesztett Guradium, egy izraeli, pilóta nélküli földi jármű (*unmanned ground vehicle*, UGV), amelyet a gázai határ mentén zajló küzdelemben és védelemben használnak. A jármű önvezető, de a rajta található fegyvereket távolról emberek kezelik még. A gépilátás-alapú MI-alkalmazásokat a katonai feladatok esetén egyszerűen be lehet építeni fegyverrendszerekbe,²⁸ de akár civil alkalmazásokba is.²⁹ (Az egészségügyben számos példát láthatunk már erre, például: pontosabb EKG-eredmények előrejelzése, elemzése.)³⁰

Összegzés

A felderítés, a megelőzés most már szinte minden esetben valamilyen kamerarendszerhez köthető. A gépi látásra támaszkodó mesterséges intelligencia bevonásával az egyének, csoportok viselkedésének elemzése újabb lehetőséget adhat a konfliktushelyzetek megelőzéséhez, a gyorsabb reagáláshoz. Ehhez a kutatás-fejlesztésben a gépi látás fejlesztéseit szükséges felhasználni a képfelismerés és képelemzés alkalmazásával, amelyek egyaránt nagy számítási teljesítményt igényelnek,³¹ ám a jelenlegi képanalízis-módszertanok gyakran lassúak és nem működnek valós időben. A PAR esetén a gyanús események, gyanús tevékenységek okai könnyen csoportosíthatók (tömeges verekedés, terrorista cselekmény előkészítése, füst, fegyver stb.), így a határsértések terrorcselekmények vagy más bűncselekmények megelőzése és egyéb nemzetbiztonsági feladatok ellátása is hatékonyabbá válhat. A bűncselekmények és körözött személyek azonosítása pedig nem igényelne annyi időt és erőforrást, de az eltűnt személyek felkutatása is sokkal eredményesebb lenne.

²⁸ SCHARRE 2018.

²⁹ NÉGYESI 2008.

³⁰ LU 2019.

³¹ COHEN 2013.

A magyar haderőfejlesztés kutatás-fejlesztési iránya a *Zrínyi Program*mal részben a hagyományos irányban halad. A *Zrínyi 2026 Haderőfejlesztés Kutatás-Fejlesztési Program*jait érdemes speciális képességek kifejlesztésére is fókuszálni, mert Magyarország abban nemzetközileg is versenyképes lehet. A haderőfejlesztés elengedhetetlen és egyik legjobb befektetése lehet az új típusú kibervédelmi kihívások K+F általi támogatása. A magyar intézményi háttér képes (lehet) biztosítani azt az infrastruktúrát és eszközrendszert, amely az automatizált rendszerek létrehozását, a szellemi képesség fejlesztését, fenntartását és a képzést magas szinten lehetővé teszi. A feladat inkább a pénz és az anyagi erőforrások elosztásának stratégiai kérdése lesz. Annak ellenben kevés az esélye, hogy Magyarország a fegyver- vagy katonaijármű-gyártás terén világviszonylatban az élvonalba jusson, ugyanis ehhez rengeteg pénzre és szakértelemre, továbbá zárt adatokhoz való hozzáférésre lenne szükség. Magyarországon a hagyományos fegyverkezés a fejlesztési irány (a drón- és egyéb beszerzések külsős vállalkozóktól való vásárlások), mert a meglévő eszközállomány sem minőségben, sem mennyiségben nem elegendő a jelenlegi helyzetben. A NATO-elvárásoknak a ráfordítás alapján Magyarország majdnem teljesen megfelel, de az kérdéses, hogy a megterhelés, amit a hagyományos irány jelent a haderőfejlesztési reformokra nézve, arányban áll-e az elérhető eredményekkel. Magyarország kutatási iránya a különleges specializálódási lehetőségek katonai alkalmazhatósága lehet, s az egyik legegységesebb specializálódási terület a gépi látás és a mesterséges intelligencia.

Ezt alátámasztja, hogy a jövő egyik fontos katonai feladata az automatizálást, a szoftveres megoldásokat és a kiberbiztonsági kihívásokat meghatározó, új típusú kihívások kezelése lesz. A következő generációs harci rendszerek az automatizált, decentralizált döntési mechanizmusokon alapulhatnak, amelyek szinte minden esetben a gépi látásból és a mesterséges intelligenciából indulnak majd ki, ezért a következő évtizedekben ezek lesznek a döntés-előkészítésben alkalmazott technológiák. Lehet, hogy a hozzáadott emberi érték megmarad a végső döntéshozatalban, de a döntési képességre való tanítás mélysége tudományos kérdés. Egy automatizált rendszer gyorsabban tud dönteni krízishelyzetben, javítva a túlélési esélyt, de dönthet a gép emberek életéről az ő jóváhagyásuk nélkül? A hibázási lehetőség kiszűrhető, ha a különféle fegyverrendszerekbe betöltött, mesterséges intelligenciával dolgozó processzorok összehangolhatják tevékenységüket, és ellenőrizhetik az adatok hitelességét. A 20. századi haderő még drága számítási teljesítménnyel, de olcsón beszerezhető adatokkal dolgozott. A központosított döntéshozatal indokolt volt. Az új kihívások azért jelentek meg, mert a feldolgozási teljesítmény költséghatékony lett, de maga az adat sokkal drágább. A 21. század végére a haderőnemek a gépi látáson, mesterséges intelligencián alapuló, decentralizált technológiákat használnak majd, de egy sor szakmai kockázati kérdést felvet, hogy mekkora problémát fog jelenteni az, ha az ember kimarad a döntési ciklusból.³²

³² Arleigh Burke-Class (Aegis) Destroyer. The first Arleigh Burke-class Aegis destroyer was commissioned in 1991. 2018.

Felhasznált irodalom

- Arleigh Burke-Class (Aegis) Destroyer, USA. The First Arleigh Burke-class Aegis Destroyer Was Commissioned in 1991 (2018). *Naval Technology*, 2018. október 5. Online: www.naval-technology.com/projects/burke/
- Áadták a Magyar Honvédség Kiber Képzési Központját (2019). *Honvédelem.hu*, 2019. június 13. Online: <https://honvedelem.hu/media/aktualis-videok/atadtak-a-magyar-honvedseg-kiber-kepzesi-kozpontjat.html>
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/679 rendelete (2016. április 27.) a természetes személyeknek a személyes adatok kezelése tekintetében történő védelméről és az ilyen adatok szabad áramlásáról, valamint a 95/46/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (általános adatvédelmi rendelet) (EGT-vonatkozású szöveg) Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0679&from=HU>
- BERTA Sándor (2018): Maven projekt – a Google könnyen pótolható. *Sg.hu*, 2018. június 6. Online: <https://sg.hu/cikkek/it-tech/131574/maven-projekt-a-google-konnyen-potolhato>
- BOWER, Joseph L. – CHRISTENSEN, Clayton M. (1995): Disruptive Technologies: Catching the Wave. *Harvard Business Review*, január–február, 43–53.
- COHEN, Reuven (2013): *Global Bitcoin Computing Power Now 256 Times Faster Than Top 500 Supercomputers, Combined!* (H. n.): Forbes.
- CUEN, Leigh (2019): Most Crypto Exchanges Still Don't Have Clear KYC Policies: Report. *CoinDesk*, 2019. március 27. Online: www.coindesk.com/most-crypto-exchanges-still-dont-have-clear-kyc-policies-report
- CSÁK Tamás Károly (2019): A haditechnikai kutatás-fejlesztés múltja, jelene, helye, szerepe a magyar haderő fejlesztésében, jövőbeli kihívásai a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program tükrében. *Honvédségi Szemle*, 147(3), 125–139. Online: http://real.mtak.hu/125211/1/HSZ_2019_147_3_Csak_Tamas_Karoly.pdf
- EHSANPOUR, Mahsa et al. (2020): *Joint Learning of Social Groups, Individuals Action and Sub-Group Activities in Videos*. (H. n.): ECCV.
- Establishment of an Algorithmic Warfare Cross-Functional Team (Project Maven)* (2017). Washington, D.C.: Deputy Secretary of Defense. Online: www.govexec.com/media/gbc/docs/pdfs_edit/establishment_of_the_awcft_project_maven.pdf
- FAN, Ma et al. (2003): *Sf-Net: Single-Frame Supervision for Temporal Action Localization*. Sidney: University of Technology Sidney. Online: <https://arxiv.org/pdf/2003.06845.pdf>
- IBRAHIM, Mostafa S. – MORI, Greg (2018): *Hierarchical Relational Networks for Group Activity Recognition and Retrieval*. Burnaby: Simon Fraser University, ECCV. Online: https://openaccess.thecvf.com/content_ECCV_2018/papers/Mostafa_Ibrahim_Hierarchical_Relational_Networks_ECCV_2018_paper.pdf
- KOVÁCS László – KRASZNAY Csaba: Digitális Mohács 2.0: kibertámadások és kibervédelem a szakértők szerint. *Nemzet és Biztonság*, 10(1), 3–16. Online: <https://bit.ly/3meE8EJ>
- LU, Donna (2019): AI Can Predict if You'll Die Soon – But We've No Idea How It Works. *New Scientist*, 2019. november 11. Online: <https://www.newscientist.com/article/2222907-ai-can-predict-if-youll-die-soon-but-weve-no-idea-how-it-works>
- MUNK Sándor: A kibertér fogalmának egyes, az egységes értelmezést biztosító kérdései. *Hadtudomány*, 28(1), 113–131. Online: http://real.mtak.hu/77921/1/HT2018_115_133_u.pdf
- NÉGYESI Imre (2008): Die Vision der tragbaren Informationstechnologiegereate. *Hadmérnök*, 3(4), 173–179. Online: http://hadmernok.hu/archivum/2008/4/2008_4_negyesi.html

- PÁLINKÁS József (2015): Nemzeti érdek a globális kihívások korában. *Nemzeti Érdek*, Új folyam (11–12), 93.
- PATRON-PEREZ, Alonso et al. (2012): Structured Learning of Human Interactions in Tv Shows. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 34(12), 2441–2453.
- PÉTERFALVI Attila (2017): *A Nemzeti Adatvédelmi és Információszabadság Hatóság állásfoglalása a blokklánc („blockchain”) technológia adatvédelmi összefüggéseivel kapcsolatban*. Budapest: Nemzeti Adatvédelmi és Információszabadság Hatóság. Online: <https://docplayer.hu/68689343-A-nemzeti-adatvedelmi-es-informacioszabadsag-hatosag-allasfoglalasa-a-blokk-lanc-blockchain-technologia-adatvedelmi-osszefuggeseivel-kapcsolatban.html>
- PORKOLÁB Imre – NÉGYESI Imre (2019): A mesterséges Intelligencia alkalmazási lehetőségeinek kutatása a haderőben. *Honvédségi Szemle*, 147(5), 3–20. Online: <https://kiadvany.magyar-honvedseg.hu/index.php/honvszemle/article/view/208/213>
- SCHARRE, Paul (2018): Killer Robots and Autonomous Weapons With Paul Scharre. *Council on Foreign Relations*, 2018. június 1. Online: www.cfr.org/podcasts/killer-robots-and-autonomous-weapons-paul-scharre
- STERGIOU, Alexandros – POPPE, Ronald (2019): Analyzing Human-human Interactions: A Survey. *Computer Vision and Image Understanding*, 188 102799.1–102799.12. Online: <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2019.102799>
- STICZ László (2009): A védelmi ipar helye szerepe a katonai képességfejlesztés folyamatában a HM Rt-k és azok privatizációja bemutatása tükrében. *Hadmérnök*, 4(3), 375–388. Online: http://hadmernok.hu/2009_3_sticz.pdf
- THATCHER, Chris (2015): *Technology’s Dilemmas: Are We Wired to Respond?* Vanguard, 2015. május 11. Online: <http://vanguardcanada.com/technologys-dilemmas-are-we-wired-to-respond/>
- TIANMIN, Shu – TODOROVIC, Sinisa – SONG-CHUN, Zhu: *Cern: Confidence-Energy Recurrent Network for Group Activity Recognition*. Los Angeles: CVPR. Online: https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017/papers/Shu_CERN_Confidence-Energy_Recurrent_CVPR_2017_paper.pdf
- WU, Jianchao et al. (2019): *Learning Actor Relation Graphs for Group Activity Recognition*. Nanking: Nanjing University. Online: <https://arxiv.org/pdf/1904.10117.pdf>
- YUN, KIWON et al. (2012): *Two-Person Interaction Detection Using Body-Pose Features and Multiple Instance Learning*. New York: CVPRW. Online: www.tamaraberg.com/papers/kiwon_hau3d12.pdf
- ZHAO, Jiewen et al. (2020): *Human Identification and Interaction Detection in Cross-View Multi-Person Videos With Wearable Cameras*. Seattle: ACM MM. Online: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3394171.3413903>
- Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (2016). Budapest: Honvédelmi Minisztérium. Online: <https://hm.hatosagihivatal.kormany.hu/download/6/57/32000/Hat%C3%B3s%C3%A1g%20Konf%20Z2026%20Infra.pdf>

Vákát

„A szükség a legjobb tanító” – Az ABV (CBRN)- képességek fejlesztésének szükségessége a bűnügyi technikai területen

Napjainkban nem kuriózum a radioaktív anyagok jelenléte a bűnügyi helyszíneken. Ilyenek lehetnek a mérgező, biológiai vagy radioaktív/nukleáris (chemical, biological, radiological and nuclear, CBRN) anyagot szétszórni képes robbanószerkezetek, illetve mérgezésre/sugárbehatásra használt anyagok. Emellett jelen vannak a kémiai veszélyek is, amelyek száma a szintetikus droglaborok elterjedésével nő (például: fentanillaborok). Ilyen esetekben a felismerés is kihívás. Pontos azonosításuk, begyűjtésük és szakszerű vizsgálatuk speciális szakértelmet, továbbá képzést kíván. Ha a helyszíni tevékenység során a szakszemélyzet nem ismeri fel a CBRN-anyagot, úgy a jelenlévők egészségügyi károsodást szenvedhetnek, és/vagy nagy területet, tárgyakat szennyezhetnek el, így akumulálva az alapproblémát. Ez nem csupán a rendvédelmet érinti, mivel a helyszínelés alapvetően az atom-, biológiai és vegyi (ABV-) mintavételi műveleteket alkalmazza, azaz a radiológiai helyszínelés mintavételi elméleti és műveleti alapjait, amelyeket a NATO STANAG AEP-66 rögzít. Ez a NATO-szabvány nemcsak a katonai műveleti helyszínelésben alkalmazott alapvető mintavételi szabvány, hanem a rendőrségi bűnügyi helyszínelésben is az egyik vezérlő dokumentum. Ezenkívül amennyiben a helyszínelésbe bevonják az MH HAVÁRIA Laboratóriumot is (amit biztosra vehetünk), az említett szabvány az egyik alapvető szabályzója a laboratóriumnak. Jelen cikkben rávilágítok arra, hogy milyen okok vezettek a CBRN-képességek fejlesztésének szükségességéhez, és arra, hogy hogyan lehet a kockázatokat csökkenteni, amíg ezen képességek nem épülnek ki maradéktalanul. A témát érdemes körüljárni környezetterhelési, környezetvédelmi szempontból is, különös tekintettel a keletkező veszélyes anyagok kezelésére.

Kulcsszavak: radioaktív, bűnügyi helyszín, sugárveszély, radioaktív bűnjel, radioaktívan szennyezett bűnjel, rendőrségi és katonai helyszínelés, CBRN (ABV)-munkakörnyezet, veszélyes anyagok kezelése

¹ Kiemelt főelőadó, Készenléti Rendőrség Nemzeti Nyomozó Iroda Bűnügyi Technikai Főosztály; doktori hallgató, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; e-mail: csigus27@gmail.com; ORCID: 0000-0003-1324-033X.

“Necessity Is the Greatest Teacher” – The Necessity to Increase ABV (CBRN) Capabilities in the Field of Forensic Technology

Today, the presence of radioactive materials at crime scenes is not a curiosity. These may include explosive devices capable of dispersing CBRN material or materials used for poisoning/radiation. There are also chemical threats, which are increasing with the proliferation of synthetic drug labs, for example: fentanyl laboratories. In such cases, detection is also a challenge. Their accurate identification, collection and professional testing require specialized expertise and training. If CBRN material is not detected by specialist personnel during the on-site activity, those present may suffer health damage and/or contaminate large areas and objects, thus accumulating the underlying problem. This is not only a law enforcement concern as forensics is based on ABV sampling operations, i.e., the sampling theory and operational basis for radiological crime scene investigation, as laid down in NATO STANAG AEP–66. It is not only the basic sampling standard used in military operational forensics but also one of the guiding documents in police crime scene investigation. In addition, if the MH HAVARIA laboratory is involved in the investigation (which can be taken for granted), this standard is one of its basic guiding principles. In this article I would like to report on the reasons that led to the need to increase CBRN capabilities and, until they are fully developed, how risks can be mitigated. It is also worth exploring the environmental aspects of the subject, with particular reference to the management of the hazardous materials generated.

Keywords: radioactive, crime scene, radiation hazard, radioactive evidence, radioactively contaminated evidence, police and military crime scene, CBRN (ABV) working environment, hazardous materials management

Bevezetés

Felmerül(het) a kérdés, hogy miért van szüksége CBRN-kapacitásra egy bűnügyi technikai egységnek. Röviden azért, mert ezek valós veszélyek.

A terrorfenyegetettség és a migráció egyre inkább növeli a CBRN-veszélyhelyzetek kialakulásának esélyét is. A helyszínelőket általánosságban érintő biológiai veszély nem sorolható a CBRN alá, hiszen ők a helyszíneken elsősorban a holttestek bomlása során keletkező veszélyekkel, valamint a fertőző betegségben elhunyt személyek kapcsán találkoznak vele. A másik biológiai jellegű veszély, amely érintheti a helyszínelőket, a nyilvántartásba vétel, ahol közvetlen kontaktusba kerülnek például illegálisan hazánkba érkezőkkel. Az a tapasztalat, hogy a személyi védőfelszerelések, a személyi higiénia termékek, valamint az esetleges kontamináció utáni fertőtlenítések, mentesítések az ilyen jellegű biológiai veszélyt minimalizálni tudják.

A helyszínen a kémiai veszélyek a szintetikus droglaborok megjelenésével és elterjedésével együtt váltak egyre jelentősebbé (például a fentanilt, carfentanilt vagy a szintetikus kábítószereket előállító laborok esetén az előállításához szükséges kémiai anyagok). Nem felejtkezhetünk meg azonban a környezetkárosító cselekményeknél használt mérgező vegyi anyagokról sem. Összességében a kémiai veszélyre azért kell kapacitást építeni, mert számos anyag belégzéssel vagy bőrön keresztüli felszívódással is képes komoly egészségkárosodást okozni. Ezekhez az évek során a bűnügyi technikusok mind képzés, mind védőeszköz tekintetében hozzáedződtek.

Saját tapasztalatom, hogy újabban hazánkban is egyre több bűnügyi helyszínen kerülnek szembe a helyszínelők CBRN-veszélyekkel. Ezen anyagok közül véleményem szerint a legnagyobb kihívást a radioaktív/nukleáris anyagokkal kapcsolatos eljárások jelentik. Ennek oka, hogy ezekből egyre több van, ráadásul a felismerés is nehézségekbe ütközik – ellentétben például a kémiai anyagokkal –, ha nincs megfelelő detektáló eszköz. Másik veszélye, hogy míg a biológiai, illetve kémiai anyagok esetében azonnal jelentkezik a hatás, addig a radioaktív/nukleáris anyagoknál ez akár több évig is rejtve maradhat, függően a sugárterhelés mértékétől.

A bűnözés átalakulása és a technikai fejlődés hatására ezekkel az új veszélyekkel számolni kell a bűnügyi helyszíneken. Ilyen veszély például a radioaktív anyagok megjelenése, amelyek egyre inkább célpontjává váltak a szervezett bűnözői és terrorszervezeteknek. További súlyos probléma a sugárzó anyagok csempészete, feketekereskedelme is. Ugyanakkor az úgynevezett atomtemetők állapota, azaz a tárolási követelményeknek való megfelelés is rendkívül fontos. Utóbbit számos nemzetközi szervezet kiemelten nyomon követi (mint például a Globális Kezdeményezés a Nukleáris Terrorizmus Elleni Küzdelemre [*Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism*, GCINT]; *The Nuclear Forensics International Technical Working Group* [NF-ITWG];² a Bűnügyi Rendőrség Nemzetközi Szervezete [*International Criminal Police Organization*, INTERPOL]; az Európai Rendőrségi Hivatal [*European Police Office*, EUROPOL]; az Európai Atomenergia Közösség [*European Atomic Energy Community*, EURATOM]), komoly hangsúlyt fektetve ezen terület rendszeres elemzésére.³ Az Egyesült Nemzetek Szervezete Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (ENSZ NAÜ) Esemény- és Tiltott Kereskedelmi Adatbázis (Incident and Trafficking Database, ITDB-UN IAEA) világszinten gyűjti össze a radioaktív anyagokhoz kapcsolódó szokatlan eseményeket, incidenseket, legyen szó csempészetéről, lopásról, elvesztésről vagy sugárzó anyaggal történő visszaélésről stb.⁴ Emellett több esetben alkalmaztak radioaktív anyagot olyan bűncselekmények elkövetésére is, mint mérgezés vagy sugárbehatás potenciális célszemélyek esetén.⁵ Példaként a nagy nyilvánosságot kapott *Litvinyenko-ügy* említhető 2006-ból.⁶ Sokan azt gondolhatják, hogy Magyarországon nincsenek ilyen ügyek. Hibás elképzelés; elég

² Szabad fordításban: Nemzetközi Nukleáris Törvényszéki Technikai Munkacsoport.

³ GARRETT et al. 2014.

⁴ KOVÁCS-SZÉLES et al. 2020.

⁵ IAEA [é. n.].

⁶ A polónium sötét története 2013; OWEN 2016.

csak a kaposvári vegyész esetére⁷ vagy a Fejér megyei ásványgyűjtő esetére gondolni.⁸ De itt említhetjük a Püspökszilágyon található Radioaktív hulladék-feldolgozó és -Tárolót (itt tárolják a hazánkban keletkező kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat), illetve az ott 2014-ben bekövetkezett balesetet is.⁹

Joggal merülhet fel: hogyan kerül egy üzemzavar vagy baleset helyszínére bűnügyi helyszínelő? A válasz a felelősség megállapításában keresendő, hiszen azt ilyen esetekben mindig meg kell tenni. Vagyis ha a baleset bekövetkeztéért emberi tevékenység vagy mulasztás felel, például ha a baleset munkaidőben, munkahelyen történik, mindig vizsgálni kell a Büntető Törvénykönyv (Btk.) 165. §-a (Foglalkozás körében elkövetett veszélyeztetés) szerinti felelősséget. Ilyen esetekben a helyszín bűnügyi helyszínné válik.

Radioaktív/nukleáris anyagok kezelése és annak veszélyei

Radioaktív anyagok esetében, akár a fent említett helyszín tekintetében is, kihívás az ilyen anyagok pontos azonosítása, begyűjtése, szakszerű vizsgálata. Egyaránt speciális szakértelmet és a helyszínelő szakszemélyzet részéről speciális képzési ismereteket kíván. Amennyiben a helyszíni tevékenység során a szemlét lefolytató szakszemélyzet nem észleli időben vagy nem is ismeri fel a CBRN-anyagot, úgy az ott jelenlévők komoly egészségügyi károsodást szenvedhetnek. A ruházatukon – például cipőn, bakancson, egyéni védőeszközön (EVE) – kihurcolva a helyszínről az ilyen anyagokat elszennyezhetnek nagy területeket, tárgyakat, gépjárműveket, így súlyosbítva a helyzetet. Azaz a helyszín határai kitolódnak, és újabb, másodlagos helyszíneket hoznak létre. Egy-egy helyszín, gépjármű- vagy eszközpark radioaktív anyagtól való mentesítése rendkívül magas költséggel jár. Ezek mellett a környezetterhelés is nagymértékben nő. Elég azt áttekintenünk, hogy a mentesítés során keletkezett dekontamináló oldatok vagy száraz mentesítés esetén az ahhoz felhasznált eszközök mekkora mennyiségű újabb radioaktív, vagyis veszélyes hulladékot hoznak létre. A mentesítés, a szállítás, a tárolás és a megsemmisítés pedig rendkívül nehéz és költséges.

Mielőtt azt gondolnánk, hogy ez csupán a rendvédelmet érinti: ugyanezek a katonai helyszínelést is jellemzik, mert a katonai helyszínelők is a rendvédelemben dolgozó bűnügyi technikai alapképzésen vesznek részt és szereznek tanúsítványt. Fontos már ott az alapokat elsajátítani.¹⁰ Ezekre a speciális helyszínelői feladatokra a Magyar Honvédségen belül is érdemes lenne kapacitást kiépíteni, mivel ott is, ahogy a radiológiai helyszínelésben alapvetően, az ABV-mintavételi műveleteket alkalmazzák, amelyeket a NATO STANAG AEP-66 dokumentum rögzít.¹¹

⁷ Radioaktív anyagot tartott otthonában egy kaposvári férfi 2019.

⁸ Radioaktív anyag miatt nyomoznak Pázmándon 2021.

⁹ Radioaktív anyagot tartott otthonában egy kaposvári férfi 2019.

¹⁰ *ORFK Tájékoztató (OT)*. 2015/17. szám, 1.3 pont. Az Országos Rendőr-főkapitányság és a Honvédelmi Minisztérium között kötött együttműködési megállapodás (2015. szeptember 14.).

¹¹ *AEP-66(A)(1) NATO Handbook for Sampling and Identification of Biological, Chemical and Radiological Agents*. (SIBCRA).

A kapacitások kiépítését érdemes a létszámhoz és a szervezeti elem feladatához igazítani. Alapvető CBRN-kapacitáson a védőeszközök, valamint a személyi védőfelszerelések meglétét és folyamatos utánpótlásának biztosítását értjük. Ennek alkalmasnak kell lennie a mindennapi munkavégzés biztosítására, vagyis a biztonságos munkakörnyezet megteremtésére és fenntartására. Ahhoz azonban, hogy a megfelelő védőruházatot, illetve a helyszínelést segítő technikai eszközöket gondosan válasszuk ki, szükséges az eljárásnak az ismerete. Véleményem és tapasztalatom szerint napjainkban megrendelhető bármilyen technikai eszköz, azonban a hatékony használat csak abban az esetben tud érvényesülni, ha az eszköz egy jól működő eljárás megkönnyítésére szolgál. Ezért is gondolom azt, hogy ahol a szükség megmutatkozik, ott mindig erősebben érvényesül a kreativitás és a fejlesztés, hiszen a hiányzó eszközt, felszerelést stb. valamilyen módon pótolni vagy helyettesíteni kell.

A fentiekre tekintettel alapított közös kutatócsoportot a Magyar Tudományos Akadémia, a mára már Eötvös Loránd Kutatási Hálózat (ELKH) az Energiatudományi Kutatóközpont (EK) és a Készenléti Rendőrség Nemzeti Nyomozó Iroda Bűnügyi Technikai Főosztály a sugárzó/nukleáris anyaggal szennyezett bűnügyi helyszínek kezelésére 2018-ban.



1. ábra: Helyszínel a közös csapat a bécsi ENSZ-székházban – bemutató

Forrás: Dean Calma, az ENSZ NAÜ munkatársa felvétele

Az együttműködés azóta is töretlen, és ennek a kis csapatnak sikerült nemzetközi szinten is a világ élvonalába kerülnie azáltal, hogy az eljárás kialakításakor figyelembe vette mindkét szakterület igényeit, a régóta bevált és használt módszerek előnyeit és hátrányait, majd ezeket igyekezett optimálisan ötvözni. Az eljárás kialakítása során meglévő jogszabályi kereten belül a szakmai szabályoknak megfelelően és a nemzetközi szabványokkal összhangban kellett meghatározni a helyszínelés lépéseit. (Magyarország

az atomenergia alkalmazásának kezdeteitől annak felhasználója volt, ezért a szabályozás ezen a területen megfelelő.¹² Ami új, az a radiológiai helyszínelés, erre nincs konkrét, egybefoglalt szabályozás, azonban a szabályok különböző jogszabályi helyeken ugyan, de léteznek). Ennek érdekében több szcenárió gyakorlati megoldásán keresztül végül egy jól működő képességet sikerült kialakítani, amelyhez a leginkább alkalmas technikai eszközök beszerzését hozzá lehetett társítani. Ezt az eljárásrendet először 2019-ben validálta az ENSZ NAÜ, és azóta többször volt lehetőség bemutatni az ügynökség rendezvényein. Ilyen alkalom volt 2020-ban az *International Conference on Nuclear Security: Sustaining and Strengthening Efforts (ICONS 2020)* konferencia, 2021-ben a *66th IAEA General Conference (GC)* és 2022-ben a *Technical Meeting on Nuclear Forensics: From National Foundations to Global Impact*.¹³ Ugyancsak 2022 tavaszán zajlott Bécsben a *First International Conference on Nuclear Law: The Global Debate* elnevezésű rendezvény is.



2. ábra: Bűnjelbegyűjtés a Technical Meetingen tartott demonstráción

Forrás: Dean Calma, az ENSZ NAÜ munkatársa felvétele

A cikk írásakor már felkérte a csoportot az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontja (*European Commission [EC] Joint Research Centre [JRC]*), hogy a tagok oktatóként vegyenek részt a témában szervezett nemzetközi képzéseken. Ez mind azt mutatja, hogy a nukleáris biztonság megsértése, illetve radioaktív anyaggal kapcsolatos bűncselekmények bekövetkezése esetén a radiológiai helyszínelők és a nukleáris törvényszéki szakértők ismeretei rendkívül fontosak, hogy az ilyen anyagok, a bűnelkövetők, áldozatok, helyszínek és események közötti kapcsolatokat feltárják. Ezek a szakterületek egyre inkább elismertek, az évek során a nemzetközi nukleáris biztonság egyik központi

¹² CSURGAI–SEBESTYÉN 2016.

¹³ Technical Meeting on Nuclear Forensics: From National Foundations to Global Impact 2022.

témájává váltak.¹⁴ A fentieket a legtöbb ország hasonlóan látja, és egyre több energiát fektet abba, hogy a radiológiai helyszínelési és a nukleáris törvényszéki szakértői képességeit kiépítse, és ha már rendelkezik ilyennel, akkor továbbfejlessze azt.

Ahogy a világban, úgy Magyarországon is a hatékony eljárásrendek kidolgozása nehezíti, hogy a bűnügyi helyszínelést és a bűnjelek vizsgálatát hagyományosan végző szakszemélyzet nincs felkészülve radioaktív anyagok kezelésére és vizsgálatára, vagyis hiányzik a szakértelem, valamint az eszközpark. Ugyanígy a radiológiai szakemberek (nukleáris fizikusok, radiokémikusok) és az őket foglalkoztató intézetek, kutatóintézetek sem állnak készen bűnjelek begyűjtésére és vizsgálatára, mivel sem szaktudásuk, sem felhatalmazásuk nincs rá.

A helyszíni munkát tovább bonyolíthatja, ha a radioaktív anyag nem zárt konténerben található, hanem szennyezésként van jelen a különféle felületeken, mint például a padlón, a használati tárgyakon. Az ilyen helyeken akár kis mennyiségű, de jelentős sugárdózissal járó kiszóródott anyag is speciális mérőműszerek híján nem vagy nem könnyen észlelhető. Ami azt is jelenti, hogy a helyzet bonyolódni fog, hiszen a radioaktív anyag a begyűjtendő bűnjeleket és a helyszínelő személyzetet is elszennyezheti. Mindezekből az következik, hogy a radioaktív/nukleáris anyaggal érintett helyszínek feldolgozása speciális felkészültséget, szigorúbb szabályokat igényel.

A szabályokat érdemes eljárásrendbe rendezni, amely a sugárzó anyagok begyűjtésének módszereit és a tradicionális bűnjelbegyűjtési eljárásokat, közismertebb nevén a helyszínelést egy metodikává formálja. Esetünkben ennek az eljárásrendnek két fő törekvése volt: a szakszemélyzet egészségügyi védelme és a bűnjelek szakszerű begyűjtése.

Szakszemélyzet védelme

Egyik oldalról kiemelten fontos kérdés volt a helyszínelők személyi, egészségügyi biztonsága (sugárvédelme). Példaként az alábbiakban elemzek egy feltételezett eseményt, amelynek során radioaktív készítmény, konkrétan mesterséges alfaindukált neutronforrás ($^{241}\text{AmBe}$ és $^{239/241}\text{PuBe}$) kiszóródása okozott neutrontózsisteret. A szimuláció MCNP 4C típusú Monte-Carlo-metódussal történt, 1 m²-es felületi forrás esetére, valamint rá merőleges, az emberi test törzsének (a belső szervek tartalmazta) régióját szimuláló 20 cm sugarú és 50 cm magas hengergeometria esetére. Az elemösszetétel az ICRU-fantom analógiájára lett meghatározva.

A feltételezett $^{239/241}\text{PuBe}$ forrás ^{241}Pu frakciója önkényesen 0,15% tömegarányban volt megadva, ami mintegy 7%-kal megnöveli a „tisza” ^{239}Pu forrásra számított értéket, valamint ez gyakorlatilag ugyanilyen arányban jelentkezik a számított forráserősségben és származtatott effektív dózisban is.¹⁵

¹⁴ *Radiological Crime Scene Management. Nuclear Security Series, Implementing Guide 2014.*

¹⁵ A neutrontózs-számításokat Csurgai József végezte.

Az effektív dózisegyenérték számítása az alábbi összefüggéssel történik:

$$H = \int_{t_0}^t \left(\int_{E_{\min}}^{E_{\max}} \Phi(E) \sigma(E) dE \right) dt \quad (1)$$

ahol:

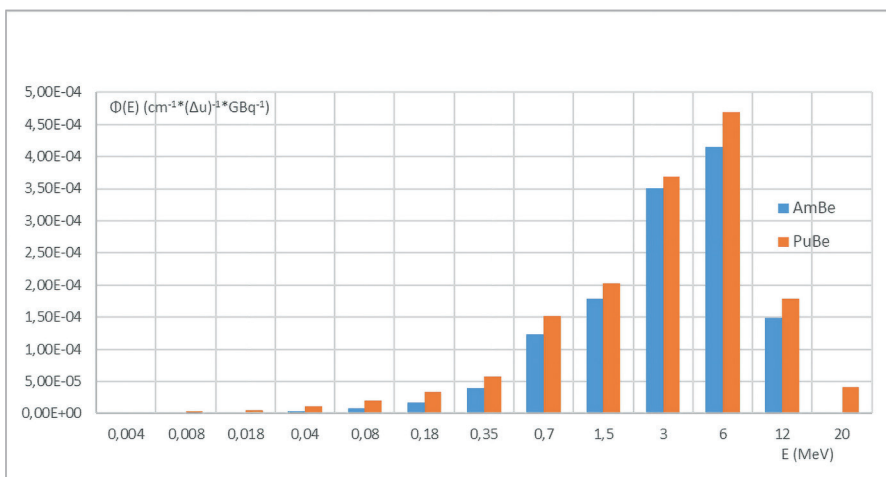
$\Phi(E)$ energiafüggő neutronfluens,

$\sigma(E)$ energiafüggő neutronbefogási hatáskeresztmetszet az ICRP103 kritérium szerint,

t_0, t az expozíciós idő intervalluma.

1. táblázat: Szimulált neutronenergia-spektrum

Neutron- energia (MeV)	²⁴¹ AmBe	^{239/241} PuBe
	$\Phi(E)(\text{cm}^{-1} \cdot (\Delta u)^{-1})$	
0,004	2,56E-08	2,32E-06
0,008	1,16E-06	3,48E-06
0,018	1,74E-06	5,81E-06
0,04	4,07E-06	1,10E-05
0,08	8,13E-06	2,09E-05
0,18	1,74E-05	3,31E-05
0,35	4,01E-05	5,75E-05
0,7	1,23E-04	1,52E-04
1,5	1,79E-04	2,03E-04
3	3,50E-04	3,69E-04
6	4,15E-04	4,69E-04
12	1,48E-04	1,78E-04
20	0,00	4,18E-05



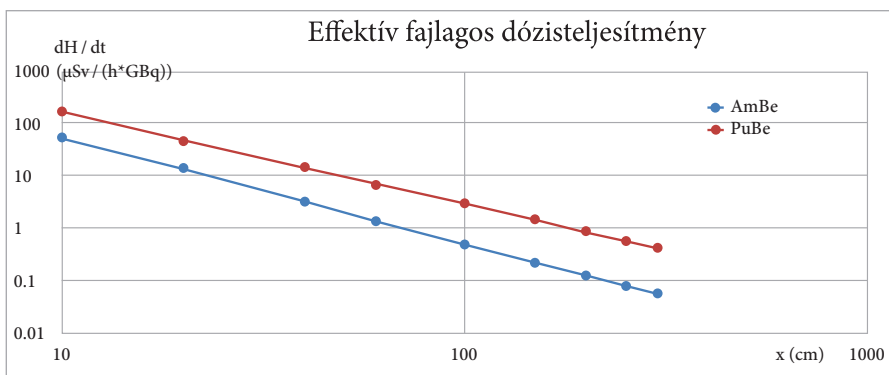
3. ábra: A neutronenergia-spektrum

Forrás: a szerző számítása alapján

2. táblázat: Számított neutrondózis-egyenértékek időderiváltja

x (cm)	²⁴¹ AmBe	^{239/241} PuBe
	dH/dt (μSv/(h*GBq))	dH/dt (μSv/(h*GBq))
10	50,77478	164,6665
20	12,7025	48,78626
40	3,177826	14,45406
60	1,41294	7,094956
100	0,508918	2,894711
150	0,226278	1,420905
200	0,127318	0,857625
250	0,081502	0,579723
300	0,056609	0,420976

Forrás: a szerző számítása



4. ábra: Számított fajlagos dózisteljesítmény a két neutronforrásra

Forrás: a szerző számítása

Feltételezett 0,185 TBq (5 Ci) forrásaktivitás esetén a forrásoktól kapott dózis kissé konzervatív becsléssel 1 h expozíciós idővel számítható:

$$H = A \int_{t_0}^t \dot{H}_t dt \quad (2)$$

ahol:

A forrásaktivitás (Bq),
 $\dot{H}_t$ neutrondózis-teljesítmény (μSv/[h*GBq]),
 t_0, t az expozíciós idő intervalluma.

A neutrondózis-teljesítmény számításánál a modell figyelembe veszi a testszöveti súlytényezővel súlyozott egyenértékdózisok hatását, tehát ily módon lehetőség van egy, a sugárzási térben adott expozíciós idővel történő munkavégzés során elszenvedett effektív dózis számítására, amely az alábbi táblázatban látható. A feltételezett alapadatokat

a fentiek szerint határoztam meg, adott aktivitású összetett neutronforrás sugárzási terének becslésével.

3. táblázat: A vizsgált $^{241}\text{AmBe}$ és $^{239/241}\text{PuBe}$ forrásokra becsült effektív dózisértékek

x (cm)	AmBe	PuBe
	H (μSv)	
100	94,1	535,5
200	23,6	158,7
300	10,5	77,9

Forrás: a szerző számítása

Összefoglalva tehát ha az expozíció alá eső állomány a lakossági dóziskorláttal rendelkezik, ebben az esetben egyórás, átlagosan 1 m távolságban történő tevékenység a szennyezett felület mellett kimerítheti az éves dóziskorlát mintegy 10%-át AmBe, illetve több mint 50%-át PuBe forrás esetén. Márpedig a helyszínelő állomány dóziskorlátja a lakossági dóziskorlát. Vagyis ezt a dózist egy helyszínen is elérhetik, ebből viszont az következik, hogy mindig biztosítani kell a személyzet váltását.

A fentiek miatt a fejlesztés legfőbb iránya az elsődleges reagáló egységek személyi és egészségvédelme (sugárvédelem), számukra a biztonságos munkavégzés követelményeinek megteremtése (ideértve a radioaktív anyagok, valamint a szennyezett bűnjelek begyűjtése, szállítása, vizsgálata szakaszokat). Vannak azonban olyan esetek, ahol a biztonságos munkakörülmények megteremtése nem lehetséges. Ilyen esetekben elsődleges annak vizsgálata, hogy hogyan lehet a szennyezett környezetben az egészségkárosító tényezőket kiküszöbölni és a szakszemélyzet egészségvédelmét biztosítani, mindezt természetesen úgy, hogy a legtöbb bűnjelet tudják begyűjteni. Ezzel meg is érkeztünk a második fő szemponthoz, a lehető legtöbb bizonyíték, bűnjel begyűjtéséhez és vizsgálatához.

Bűnjelek begyűjtése és vizsgálata

Nem minden bűnjel vizsgálható a helyszínen: vannak olyanok, amelyek csak laborkörülmények közt, speciális berendezéssel elemezhetők. Azonban a radioaktívan szennyezett bűnjelek vizsgálata Magyarországon – sok más országhoz hasonlóan – nem megoldható, mert a Nemzeti Szakértői és Kutató Intézet nem vállalja azt, tekintve hogy a műszerek elszennyezésével jár, és azok dekontaminálása nem megoldott.

Azaz ha szükséges a bűnjelek laboratóriumi körülmények közti analizálása, akkor meg kell tisztítanunk őket a szennyezéstől. Ez az akadály szintén, nemzetközi szinten is, gátat szab a vizsgálatok lefolytatásának. Tény, hogy vannak törekvések a probléma megoldására. Éppen ezért kutatócsoportunk is rendszeresen végez kísérleteket. Például különféle szennyezett felületeket alakítottunk ki, kismértékben radioaktív oldat alkalmazásával, amelyekre olyan bűnjeleket telepítettünk, mint például ujjnyom, mikroanyagmaradványok, illetve DNS-anyagmaradvány. Ezután szakszerűen begyűjtöttük ezeket,

majd azt vizsgáltuk, hogy mikortól mondhatók radioaktívnak, vagyis hol van az az aktívítási pont, amelynél már a helyszínelő személyzet, illetve a Nemzeti Szakértő és Kutató Központ nem kezelheti azokat. A fent leírtak miatt át kellett gondolni, hogy ezek helyszíni vizsgálata mennyiben lehetséges, ha jelen van a radiológiai szakértő, és őt bevonjuk, illetve hogy milyen speciális szabályokra van szükség helyszíni vizsgálatkor. Az egyik eredmény, hogy az egységünk képessé vált a helyszínről kiadott bűnjelek kesztyűzsákban, úgynevezett *glovebagben* történő párhuzamos vizsgálatára, például a DNS-anyagmaradvány-törlet rögzítésével egyidejűleg mobiltelefonból való adatkinyerésre *universal forensics extraction device* (UFED-) technológia alkalmazásával.



5. ábra: Mintavétel-bemutató radioaktív anyagból

Forrás: Dean Calma, az ENSZ NAÜ munkatársa felvétele

Ezzel egy időben a bűnjeleknél a bűnjeltasak felületéről vett dörzsmintákkal és radioaktív anyag esetén gamma-spektrometriával az izotópok pontosabb azonosításához, illetve nukleáris anyagok esetén az azok kategorizálásához (például dúsított urán, fegyver minőségű vagy természetes, esetleg szegényített urán, plutónium stb.) szükséges mérést is meg lehet ismételni. Így időt is lehet spórolni.

A helyszíni munka kialakítása előtt kísérletsorozatban tanulmányoztuk a „radioaktivitás átterülését” is, azaz a kontamináció menetét gyűjtött bűnjeleken, illetve begyűjtéshez használt eszközökön (például helyszínelő ecsetek, mintavevő eszközök). Ennek során folyékony radioaktív anyagot szárítottunk különböző felületekre, amelyekre előzetesen nyomokat telepítettünk. Az eredetileg a felületekre felhordott aktivitásból a nyomrögzítő eszközre körülbelül 3–10% került át. Ez meglepően sok ahhoz képest, hogy a szennyezés rászáradt állapotban volt a felületen. Ez azt is jelenti, hogy por állagú szennyezés esetén ettől jóval nagyobb kontaminációval kell számolnunk, különösen, ha légmozgásra is számítunk. A DNS-anyagmaradvány-törlet esetében a felületről a DNS-pálcára való áthordás nagyjából megfelel a pálcával letörölt elszennyezett terület arányának.



6. ábra: Helyszíni vizsgálat kesztyűszsákban

Forrás: Dean Calma, az ENSZ NAÜ munkatársa felvétele

Ennek eredményeként megállapítható, hogy nagyon kis mennyiségű radioaktív anyag is kimutatható a mintákon, de a sugárvédelmi szabályokat figyelembe véve ezek nem minősülnek radioaktívnak, azaz kezelhetők. Mégis célszerűnek tartjuk speciális szabályok alkalmazását és előzetes egyeztetések lefolytatását a vizsgálatra való megküldés előtt. Mindenképpen levonható az a konzekvencia, hogy az az általános szabály, miszerint a minták radioaktívnak tekintendők, ha a felületi aktivitás koncentrációja meghaladja a $0,5 \text{ Bq/cm}^2$ -t alfa-sugárzó, illetve az 5 Bq/cm^2 -t béta-sugárzó anyagok esetében, továbbá ha a felülettől 10 cm-re mért, nem letisztítható (rögzült) szennyezés gamma-dózisteljesítménye több mint $0,7 \mu\text{Sv/h}$. Ilyen minták feldolgozása csak C-szintű izotóplaboratóriumban, lehetőség szerint kesztyűszűlkében megengedett. Tehát ezek nem vizsgálhatóak a helyszínen.



7. ábra: Dózismérés a helyszínen

Forrás: Dean Calma, az ENSZ NAÜ munkatársa felvétele

A védőfelszerelések megválasztása, fel-, illetve levételének mechanizmusa

Először is meg kell vizsgálnunk, hogy mit nevezhetünk személyi védőfelszerelésnek vagy más néven egyéni védőeszköznek.¹⁶ A személyi védőfelszerelések megfelelő felvétele, viselése és levétele nem tűnik nagy vagy nehéz dolognak, ugyanakkor ezen emberi életek múlhatnak. A nem megfelelően felvett védőfelszerelés egyáltalán nem vagy csak korlátozottan véd. Ez pedig növeli az egészségkárosodás kockázatát, hiszen a káros anyagok be tudnak jutni a védőruházat alá, ahol már közvetlenül érintkezhetnek az emberrel.

Vagyis a védőfelszerelések optimális alkalmazásának kidolgozása és ennek oktatása azt a célt szolgálja, hogy a gyakorló szakembereket megfelelően felkészítsük a radioaktív munkakörnyezetben való munkavégzésre, ezzel is minimalizálva a szaktudás hiányából adódó biztonsági és egészségügyi kockázatokat. Tehát az EVE-k megfelelő viselése az egész eljárási cselekmény alatt létfontosságú, azonban annak végeztével szükséges a helyszínelő/eljáró szakszemélyzetről eltávolítani a védőfelszerelést. Ennek egyik elfogadott módszere a dekontaminálás. Ez a művelet azonban jelentősen környezetterhelő, hiszen úgynevezett nedves dekontaminálásnál nagy mennyiségű vizet szennyezzük el. Véleményem szerint ezzel a problémát nem megoldjuk, hanem még több környezetkárosító anyagot keletkeztetünk, azaz a szennyezett EVE-ről lemosással szennyezett vizet, vagyis veszélyes hulladékot hozunk létre. Röviden: a ruházatról áthelyezzük a szennyezést a lemosóoldatba. Ha ezt a szennyezett oldatot van lehetőségünk összegyűjteni, akkor azt kezelni kell. Ez azonban igen költséges és körülményes, mivel a lemosott folyadéknak jól záródó badellák kellenek, ráadásul ezeknek lesz szállítási és tisztítási költsége is. Ha ezt a szennyezett folyadékot nem tudjuk összegyűjteni, akkor ez komoly hatással lesz az ökoszisztémára. A nedves dekontaminálásnál környezetterhelési szempontból talán jobb az úgynevezett száraz dekontaminálás (például letörlés), amely esetén a törlésre használt anyagra kerül a szennyezés, és így valójában ugyanúgy egyik helyről a másikra helyezzük át azt, mint a nedves dekontaminálásnál, csak kevesebb veszélyes hulladékot keletkeztetünk.

A csapat igyekezett kidolgozni egy olyan módszert, amely a dekontamináció kihagyásával, de a szakszemélyzet biztonságának maximális garantálása mellett végzi ezt a tevékenységet, így csökkentve a környezetterhelést. Vagyis olyan dekontamináció nélküli vetkőzési metodika készült, ahol nem termelünk extra szemetet a szennyezett környezetben viselt EVE-ken kívül. A módszer kidolgozásának célja a környezet védelme, a veszélyes hulladékok keletkezésének csökkentése, a költséghatékonyság elősegítése volt, a szakszemélyzet maximális sugárvédelme mellett. A módszer jelenleg publikálás előtt áll.

¹⁶ Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/425 rendelete (2016. március 9.) az egyéni védőeszközökről és a 89/686/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről.



8. ábra: Vetkőztetési folyamat egyik mozzanata

Forrás: a szerző felvétele

A következő nagyobb kísérletsorozat a szennyezett bűnjelek szakértői vizsgálatra alkalmassá tétele lesz, hogy majd ezen képesség birtokában a radioaktívan szennyezett, de helyszíni vizsgálatra nem alkalmas bűnjelek ne vesszenek el a büntetőeljárás szempontjából.

Hipotézisünk szerint ha ezen begyűjtött bűnjeleket meg tudjuk tisztítani, mentesíteni tudjuk, és ezek mellett még szakértői vizsgálatra is alkalmasak maradnak, úgy lehetőség nyílna a hatékonyabb bűnüldözésre, ugyanis ezen minták elemzésével azonosíthatók a bűnözői minták, vagy adott esetben kizárhatók az ártatlan, illetve az érintett személyek. Így a felderítés és nyomüldözés felgyorsulna, hiszen több nyom-, illetve anyagmaradványt lehetne elemezni, amelyből több információ lenne kinyerhető az elkövetőkre nézve. Ez azonban csak az első lépés lenne, hiszen ha mindezt helyszíni, úgynevezett mozgólaborban végzi a helyszínelő személyzet, akkor ez még hatékonyabbá, gyorsabbá és költségkímélővé tudna válni. Ehhez azonban a metodika kialakítása, majd az ehhez elengedhetetlen speciális technikai felszerelésű mozgólabor szükséges. Ezzel az adatbázisba feltöltési, továbbá adattovábbítási lehetőséggel a felderítés rendkívül lerövidülhetne, mivel nem kellene a laboreredményekre napokat várni, és a laborba szállítási idő is kiesne mint hátráltató tényező, amely egy terrortámadás esetén rendkívül fontos, mert az idő emberi élet.

Összegzés

A képességek megalapozásának és folyamatos fejlesztésének a célkitűzése olyan új módszerek és eljárásrendek megteremtése, amelyek biztonságossá és hatékonyá teszik

a sugárzó anyaggal szennyezett helyszínek kezelését, ugyanakkor biztosítják a bűnjelek integritását a büntetőeljárás számára. A bűnjelek integritását az *MSZ EN ISO 21043/2018 Forenzikus tudományok* jelölésű szabványsorozat folyamatos alkalmazásával lehet elérni. A fenti számú szabvány alapján a kutatás alatt a kísérletek előkészítésétől azok befejezéséig alkalmazva célszerű kialakítani eljárásokat azért, hogy a bűnügyi technikai munkába zökkenőmentesen be lehessen illeszteni azokat.¹⁷ Hiszen ezen szabványsorozat bevezetése Magyarországon már elkezdődött. Az eredményeknek mindenképp gyakorlatban alkalmazhatónak kell lenniük, hogy mindenki számára elérhetőek és használhatóak legyenek. Véleményem szerint egy kialakított eljárásrendet folyamatosan felül kell vizsgálni és hozzáigazítani a mindennapi technikai fejlődéshez. Ezzel az is elérhető, hogy egyre magasabb minőségű képességgel rendelkezünk, mert egyik fejlesztés hozza a másikat. Mindig újabb és újabb problémákat kell megoldani, áthidalni. Teljes mértékben egyetértek azzal a – szakmai berkekben sűrűn hangoztatott – nézettel, hogy a fejlesztés mindig kifizetődik. Az ELKH EK-val folytatott közös munka egyik legnagyobb tapasztalata, hogy a radiológus szakértelem ötvözve a bűnügyi helyszínelői szakértelemmel unikális, világszínvonalú eredményt, eljárást tudott létrehozni. Vagyis a különböző kompetenciák párhuzamos beépítése egy eljárásba rendkívül eredményes.

Igaz ez a katonai gyakorlatra is, hiszen a szennyezés ebből a szempontból sem válogat. A had- és katonai műszaki tudományi kutatások és kutatók a bemutatott tapasztalatokra ugyanúgy támaszkodhatnak, ami megint csak rámutat a tudományágak együttműködésének szinergiájára.¹⁸

Felhasznált irodalom

- 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99900065.eum>
- AEP–66(A)(1) NATO Handbook for Sampling and Identification of Biological, Chemical and Radiological Agents. (SIBCRA)
- A polónium sötét története (2013). *Múlt-Kor*, 2013. október 17. Online: https://mult-kor.hu/20131017_a_polonium_sotet_tortenete
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/425 rendelete (2016. március 9.) az egyéni védőeszközökről és a 89/686/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0425>
- CSURGAI József – SEBESTYÉN Zsolt (2016): Nukleáris létesítmények telephelyvizsgálatának és radiológiai értékelésének módszertana korszerűsítési lehetőségének kutatása fejlesztése. *Hadmérnök*, 11(3), 44–56.
- GARRETT, Benjamin et al. (2014): *Advances in Nuclear Forensics: Countering the Evolving Threat of Nuclear and Other Radioactive Material out of Regulatory Control*. Vienna: International Atomic Energy Agency. Online: <https://bit.ly/3YXjwzg>

¹⁷ MSZ EN ISO 21043: *Forensics Sciences szabványsorozat*. 1, 2. rész.

¹⁸ HALÁSZ–FÖLDI–PADÁNYI 2012; PADÁNYI–HALÁSZ–FÖLDI 2013.

- HALÁSZ László – FÖLDI László – PADÁNYI József (2012): Climate Change and CBRN Defense. *Hadmérnök*, 7(3), 42–49.
- IAEA, [é. n.]: *Incident and Trafficking Database*. Online: www.iaea.org/resources/databases/itdb
- KOVÁCS-SZÉLES Éva et al. (2020): Hogyan kezeljük egy radioaktív anyaggal szennyezett bűnügyi helyszínt? *Belügyi Szemle*, 68(12), 43–62. Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ.2020.12.2>
- MSZ EN ISO 21043: *Forensics Sciences szabványsorozat*. 1., 2. rész.
- ORFK *Tájékoztató (OT)*. 2015/17. szám, 1.3 pont. Az Országos Rendőr-főkapitányság és a Honvédelmi Minisztérium között kötött együttműködési megállapodás (2015. szeptember 14.).
- OWEN, Robert (2016): *The Litvinenko Inquiry*. [H. n.]: Williams Lea Group on behalf of the Controller of Her Majesty's Stationery Office.
- PADÁNYI József – HALÁSZ László – FÖLDI László (2013): Improving the CBRN Defence of Combat Vehicles as a Response to the Challenges of Climate Change. *Economics and Management*, 3, 31–38. Online: <https://bit.ly/3I7XWkv>
- Radioaktív anyag miatt nyomoznak Pázmádon (2021). *Origo.hu*, 2021. március 25. Online: www.origo.hu/itthon/20210325-radioaktiv-anyaggal-visszaeles-gyanuja-miatt-nyomoznak-paz-mandon.html
- Radioaktív anyagot tartott otthonában egy kaposvári férfi (2019). *Kaposvarmost.hu*, 2019. május 14. Online: <https://kaposvarmost.hu/hirek/kaposvari-hirek/2019/05/14/radioaktiv-kaposvar.html>
- Tríciumszivárgás és nejlonba csomagolt hulladék: kérdések a püspökszilágyi atomtemető körül (2019). *Atlatszo.hu*, 2019. február 18. Online: <https://bit.ly/3SyrVqO>

Autonómia a mesterséges intelligenciával

A mesterséges intelligencia (MI) az évek múlásával egyre komplexebb feladatok ellátására lett alkalmas. A távoli jövőben elképzelhető, hogy képes lesz az emberi gondolkodást utánozni, azaz helyettesíteni az embert, a katonát. A mesterséges intelligencia a civil és a katonai felhasználás számos területén megjelenik, köszönhetően a számítógépek számítási sebességének és ugrás-szerűen fejlődő adatfeldolgozó képességének. Tanulmányomban megvizsgálom a téma történeti fejlődését, majd ismertetem az autonómia fogalmát és a mesterséges intelligencia képességét az autonómia elérésében. A téma feldolgozása során nyílt, mindenki által elérhető forrásokból dolgoztam.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, robot, katona, interakció, hatás

Autonomy with Artificial Intelligence

Over the years, artificial intelligence has become capable of performing more and more complex tasks, and in the distant future, it is conceivable that it will be able to imitate human thinking, i.e., replace the soldier. Artificial intelligence appears in many areas of civilian and military use, thanks to the computing speed and the leaps and bounds of data processing capabilities of computers. In my study I examine the historical development of the topic, and then explain the concept of autonomy and the ability of artificial intelligence to achieve autonomy. During the processing of the topic I worked from open sources available to everyone.

Keywords: artificial intelligence, robot, soldier, interaction, effect

Bevezetés

Az emberiség történelme tele van küzdelemmel. Küzdöttünk a természeti erők ellen, a környezetünkben élő ragadozó állatokkal az élelemért, sőt a faj- és fajtatársainkkal is, így jutottunk a csúcsra, de a harc folytatódott. Harcolunk a nyersanyagokért, a gazdasági előnyökért, a politikai hatalomért. Ebben nagy hasznunkra van a kreativitás, amely újabbnál újabb eszközök kitalálásában segített a célok elérése során. Ezek az eszközök felgyorsítják a folyamatokat, a fejlődést a civil, illetve a katonai területen egyaránt.

¹ Infokommunikációs vezető, BriCS Szoftverfejlesztő és Tanácsadó Kft.; e-mail: kiss.csaba@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0002-7265-8704.

A történelem már többször bizonyította, hogy a sikeres harc egyik fontos kritériuma a gyorsaság. Az emberi kreativitás eredményezett már számos katonai stratégiát, valamint harceszközt, amellyel gyorsabban és hatékonyabban lehetett a győzelmet elérni. Az emberiség eddigi történelmében megszoktuk, hogy a harceszközök az ember kezében válnak igazán fegyverré, és a fegyver eredményessége az embertől függ. Emberi irányítás nélkül ezek a szerkezetek csak tárgyak, azaz nem mozognak, nem lőnek, nem végeznek semmi „emberit”. Az elektronika fejlődése magával hozta a számítógépek, továbbá a kibernetika megjelenését, amely a mesterséges intelligencia alapjait fektette le.² Az MI egy következő eszköz, amelyet az ember a harc megvívása érdekében felhasznál a saját céljainak elérésére. A cél pedig az ellenség védekezési képességének a lerombolása (az űrben, a szárazföldön, légtérben, vízben, víz alatt és a kibertérben) a lehető legkevesebb saját élő erő elvesztésével.³ Az MI segítségével elképzelhető, hogy képesek leszünk a harctéren részben vagy teljesen kiváltani a katona jelenlétét, azaz pótolni az embert. Az MI megváltoztathatja az eddig megszokott klasszikus harc megvívási formát: az ember-ember ellenit az ember-gép vagy gép-gép ellenire.⁴ A fő probléma, hogy egy összetett MI működését csak egy másik összetett MI-vel lehet ellenőrizni, ez különösen azokra a mély neurális hálózatokra érvényes, amelyeket MI-vel szerkesztettek. A mélytanuló rendszerek több milliányi rejtett összeköttetéssel rendelkezhetnek, aminek a kontrollálása vagy csak egyszerűen a megértése ember feletti erőt igényel.⁵ Az MI folyamatos fejlődése előrevetíti a következő intelligens nemzedék az általános mesterséges intelligencia (*artificial general intelligence*, AGI) létrejöttét. Az AGI képes lesz úgy gondolkodni és problémát megoldani, mint egy ember, és úgy harcolni, mint egy katona. Az AGI képes tanulni, emlékezni, építeni és rombolni.⁶ Viszont ahogy megjelenik az AGI, tanúi lehetünk egy szuperintelligens MI megszületésének.⁷ Bár még messze vagyunk a szuperintelligens MI-től, az biztos, hogy az autonóm és félautonóm katonai fegyverrobotok gyártása folyamatban van világszerte.⁸ Nemcsak egyéni fegyvereket, hanem fegyverrendszereket is irányíthat az MI. Izrael rakétavédelmi rendszere MI révén működik.⁹ Kutatásom célja megvizsgálni az MI kialakulásán keresztül az MI hatását a katonák aktivitására a nemzetközi és a magyar nyílt szakanyagok segítségével.

² CAWSEY 2002.

³ CSEPELI 2020.

⁴ KOLLÁR 2017.

⁵ TILESCH–HATAMLEH 2021.

⁶ REESE 2020.

⁷ FAN 2020.

⁸ SCHARRE 2019.

⁹ PRAKASH 2020.

Technikatörténeti vázlat

1943-ban Warren McCulloch és Walter Pitts kiadják *Az idegi működés logikai alapjai* (*A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*) című művüket, amellyel létrehozzák a neuronhálózatok elméletét, megalapozva a mesterséges intelligencia későbbi megszületését.¹⁰

A mesterséges intelligencia kutatása az 1950-es évek elején kezdődik, amikor a kor számítógépei már automatizáltak néhány munkaigényes feladatot. A mesterséges intelligencia megszületése után azt feltételezték, hogy az képes lesz olyan funkciók végrehajtására, amire eddig csak az emberi értelem volt képes. Alan Turing megalkotja a Turing-teszt koncepcióját – egy adott gépezet képes-e olyan válaszokat adni, mint egy ember.¹¹ Joseph Weizenbaum létrehozza az Elizát, a „beszélgető” (chatelő) robotot.¹²

Az 1960-as és 1970-es évek alatt Joel Moses bemutatja a szimbolikus érvelés hatékonyságát az első sikeres tudásrendszer-alapú programjában.¹³ Marvin Minsky és Seymour Papert kiadják *Perceptrons* című művüket, amelyben az egyszerű neuronhálózatok lehetőségeinek határait mutatják be.¹⁴ Alain Colmerauer kifejleszti a Prolog programozási nyelvet, Ted Shortliffe az első szakértői rendszerként is emlegetett munkájában bemutatja a szabályalapú rendszerek jelentőségét a tudásábrázolásban és az orvosi diagnózisban, valamint terápiában alkalmazott következtetésekben. Hans Moravec kifejleszti az első számítógép-vezérelt járművet, amely önállóan navigál elszórt akadályokkal berendezett pályákon.¹⁵

Az 1980-as években általánosan elterjedtté válik a neuronhálózatok és a visszaterjesztés algoritmusok együttes alkalmazása.¹⁶ A mesterséges intelligencia fejlesztési céljai között szerepel többek között az emberi kognitív tevékenység utánzása. A terület kutatói és fejlesztői meglepően gyors eredményeket érnek el a tanulás, az érvelés és az észlelés területén.

Az 1990-es években több jelentős eredményt ér el a mesterségesintelligencia-kutatás, és több fontos MI-alkalmazást mutatnak be. 1997-ben a *Deep Blue* nevű sakkszámtógép hat játszmában legyőzi a történelem legerősebbnek tartott sakknagymesterét, Garri Kaszparovot.¹⁷ Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériumának Kutatási és Fejlesztési Ügynöksége/Fejlett Védelmi Kutatási Projektek Ügynöksége (*Defense Advanced Research Projects Agency*, DARPA) kijelenti, hogy az első öbölháborúban végrehajtott logisztikai műveleteket mesterséges intelligenciái módszerekkel végezték.

Minden ország fegyveres ereje egyre több és több eszközt használ mesterséges intelligenciával felszerelve. Már MI-vel működő eszköz például az Amerikai Légierő

¹⁰ MCCULLOCH–PITTS 1943.

¹¹ CSEPELI 2020.

¹² SAUTOY 2022.

¹³ SAUTOY 2022: 11.

¹⁴ FAN 2020.

¹⁵ FAN 2020: 14.

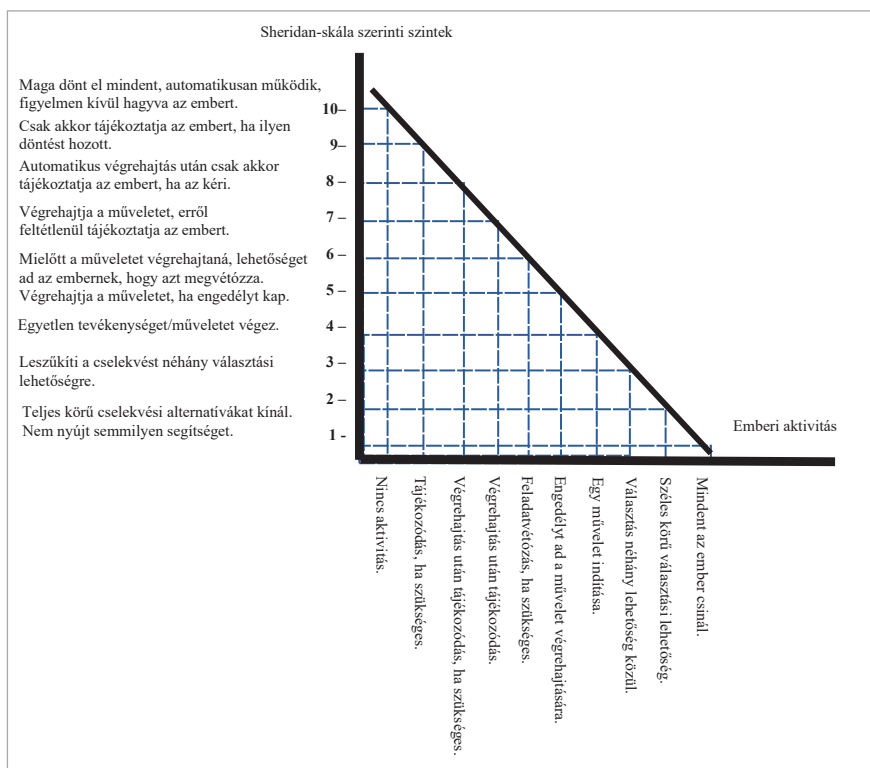
¹⁶ FAN 2020: 3.

¹⁷ FAN 2020: 12.

MQ-9 Reaper drónja.¹⁸ Ezek az eszközök feladataik ellátása során a mesterséges intelligenciának köszönhetően sokszor önálló döntéshozatalra is képesek. Az önálló döntéshozatal mellett az ember szeretné kezében tartani az irányítást, ezért többféle működési módot talált ki a technika irányítására a távvezérléstől az autonóm működésig.

Az autonómia szintjei

Az autonómia szintje leírja, hogy az autonóm működésű rendszer milyen mértékben működik magától (önjáró). A Sheridan-féle skála¹⁹ egyik végpontján az ember által teljesen kontrollált (vezérelt) szerkezetek vannak, míg a másikon a teljesen autonómok, amelyek tevékenységébe és működésébe gyakorlatilag semmilyen beavatkozás vagy jóváhagyás nem szükséges.²⁰ Az 1. ábra bemutatja az emberi aktivitás és a Sheridan-féle skála közötti kapcsolatot.



1. ábra: Az emberi aktivitás értelmezése a Sheridan-féle skála szerint

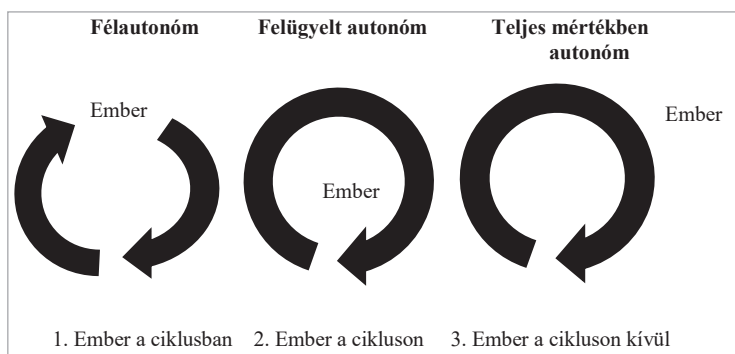
Forrás: KOLLÁR-VÁNYA 2017 alapján a szerző szerkesztése

¹⁸ JONES 2021.

¹⁹ KOLLÁR-VÁNYA 2017.

²⁰ KOLLÁR-VÁNYA 2017: 18.

Egy gép (fegyver) képes lehet feladatának végrehajtására félautonóm, felügyelt autonóm és teljes mértékben autonóm módon. Félautonóm, amikor a gép végrehajt egy feladatot, majd megvárja az ember beavatkozását, s csak utána folytatja a tevékenységet. A felügyelt autonóm rendszer esetén az ember felügyeli a gépet, s szükség esetén beavatkozik, a gép önműködően dolgozik. A teljes mértékben autonóm rendszerek emberi beavatkozás nélkül képesek működni, azaz önállóan hajtják végre az érzékelési-döntési-cselekvési ciklust. A 2. ábra szemlélteti az ember elhelyezkedését a ciklushoz képest.



2. ábra: Ember a gép által végzett ciklushoz képest

Forrás: a szerző szerkesztése

Elképzelhető olyan harci helyzet, ahol a gépek jobban teljesítenek, mint az ember. Gépekre van szükség a rakéták és lövedékek elleni védelemhez, amikor a harci cselekmény sebessége túlhaladja az ember reagálási képességét. Ezért a defenzív felügyelt autonóm fegyverek még fontosabbak lesznek, a katona szerepvállalása egyre kisebb lesz.²¹ A teljes mértékű autonómia szükséges olyan helyzetekben, amikor az ember és a gép között nincs kommunikáció. Ilyen autonóm rendszereket használnak például a mozgó célpontok önálló módon való felkutatására, kiválasztására és megtámadására. Működésük miatt vándorló lövedéknek hívják őket. Az autonóm fegyverek használata nagyon hasznos, de számolni kell azzal a lehetőséggel, hogy ha meghibásodnak, ha feltörik a rendszerüket, nem lehet visszahívni vagy megfékezés révén helytelen célpont ellen irányíthatják őket.²²

Autonóm üzemmódban képes repülni a *Taranis*, amelyet az Egyesült Királyság interkontinentális küldetések végrehajtására tervezett. Először 2013-ban repült, célja légi és szárazföldi célpontok támadása, amelyet különféle fedélzeti fegyvereivel ér el.²³ A beépített MI biztosít teljes autonómiát, amely lehetővé teszi számára, hogy küldetésének nagy részében emberi ellenőrzés nélkül működjön, sőt képessé teszi a földi irányító parancsainak felülbírálására.

²¹ KOLLÁR-VÁNYA 2017: 8.

²² KOLLÁR-VÁNYA 2017: 8.

²³ KOLLÁR-VÁNYA 2017: 8.

Felvetődik a kérdés, hogy mi teszi képessé a mesterséges intelligenciát arra, hogy felülbírálja az ember parancsát.

Az emberi parancsot felülbíró mesterséges intelligencia

A mesterséges intelligencia napjaink digitális forradalmának meghatározó eleme, azon belül is leginkább a gépi tanulás (*machine learning*) áll azon megoldások mögött, amelyek elsöprő erővel változtatnak meg iparágakat az önvezető autóktól a gépi fordításig vagy az internetes hirdetések piacáig.²⁴

A mély tanulás (*deep learning*) a gépi tanulás egy része, amely mesterséges neurális hálózatokon alapul.²⁵ A tanulási folyamat azért mély, mert a mesterséges neurális hálózatok struktúrája több bemeneti, kimeneti és rejtett rétegből áll. Mindegyik réteg egységekből épül fel, amelyek a bemenetet olyan információvá alakítják át, amelyet a következő réteg egy adott prediktív feladat elvégzéséhez fel tud használni. Ennek a struktúrának köszönhetően a gép saját adatfeldolgozással tanulhat. A neurális hálózatok szerkezete miatt az első réteg általában alacsonyabb szintű jellemzőket, míg az utolsó réteg olyan magasabb szintű szolgáltatásokat tartalmaz, amelyek közelebb vannak az adott tartományhoz. A végső rétegek új tartományban vagy problémában való felhasználásával jelentősen csökkentheti az adatokat és számítási erőforrásokat. Ha például a mesterséges intelligencia már rendelkezik olyan modellel, amely felismeri a harcokocsikat, ezt a modellt átmozgatási tanulással is felhasználhatja önjáró tűzérségi eszközök felismerésére. A mesterséges neurális hálózati struktúra miatt a mély tanulás kiválóan alkalmas a strukturálatlan adatok, például képek, hangok, videók és szövegek mintázatainak azonosítására.

A képek feldolgozása René Descartes-tal kezdődik, aki rámutatott, hogy a számok és képek szoros kapcsolatban vannak egymással.²⁶ A gépi látáson keresztül a kép számmá alakul, a számot pedig a mesterséges intelligencia feldolgozza. Az eredmény gyakran az igen/nem döntések, az objektum helyzetére és a tájolásra vonatkozó információk, az objektumok száma és osztályozása vagy egyéb folyamatvezérlő jelek lehetnek. Ez teszi lehetővé például a műveleti terület felett repülő és ellenséges haditechnikai eszközöket kereső pilóta nélküli eszközökben a látott terület sikeres elemzését, kiértékelését.

A mélytanulás technológiája nagyon pontos eredményeket ad a képzett adatok alapján. Használják a minták előrejelzésére, a varianciák és rendellenességek észlelésére, valamint civil területen a kritikus üzleti döntések meghozatalára. Ezt a tulajdonságát használják a mesterséges intelligenciának, amikor a műveleti területen az ellenség által használt álcahalót keresik, mivel az álcahaló elüt a körülötte lévő terület mintázatától.

²⁴ TEGMARK 2018.

²⁵ FEHÉR – KÖKÉNYESI BARTOS – BÁRTFAI 2020.

²⁶ FEHÉR – KÖKÉNYESI BARTOS – BÁRTFAI 2018: 12.

A fenti példákból látható, hogy a mesterséges intelligenciával szemben támasztott követelmények az autonóm üzemmódban működő haditechnikában való alkalmazására a következők:²⁷

- képes legyen magától megfigyelni a környezetet;
- képes legyen reagálni arra, amit megfigyel;
- képes legyen a legjobb cselekvési módot kiválasztani;
- képes legyen cselekedni.

A mesterséges intelligencia tanulási és öntanulási képessége lehetővé teszi a követelményeknek való megfelelést. A mesterséges intelligenciát használjuk például a vezetés és irányítás, a felderítés és információszerzés, a fegyverrendszerek vezérlése, a kommunikáció, az adatátvitel vagy a navigáció területén. Mindezek mellett olyan eszközök jelentek meg, mint a pilóta nélküli járművek, amelyek már nemcsak felderítésre és információszerzésre, hanem a fedélzeti fegyvereknek köszönhetően nagyon gyakran csapásmérésre is alkalmasak.²⁸

A mesterséges intelligencia olyan jól végzi feladatát, hogy egyre összetettebb és nagyobb méretű gépek működését bizzuk rá. Bizonyításképpen az alábbi táblázatban, a teljesség igénye nélkül, összegyűjtöttem a 2000. év után az Egyesült Államok hadereje számára fejlesztett fontosabb pilóta nélküli légi járműveket. A szempontok a következők: első alkalmazás, hatótávolság, önsúly, hasznos teher, küldetés hossza órában, működési mód szintje.

1. táblázat: Pilóta nélküli légi járművek

	RQ-11 Raven	P-175	MQ-9 Reaper	EADS Barra-cuda	Northrop Grumman X-47B
Távírányított	x	x	x	x	
Félaautonóm					x
Felügyelt autonóm		x		x	
Autonóm	x		x		x
Küldetés hossza	1,5 óra	4 óra	14 óra	nincs adat	nincs adat
Mesterséges intelligencia	navigálás	útvonalválasztás, navigálás	útvonalválasztás, navigálás	útvonalválasztás, navigálás	útvonalválasztás, navigálás
Hasznos teher	1,7 kg	1000 kg	1701 kg	800 kg	14 000 kg
Önsúly	2,1 kg	4082 kg	2223 kg	2300 kg	6350 kg
Hatótávolság	10 km	3800 km	1840 km	200 km	3900 km
Első alkalmazás	2004	2005	2007	2009	2011
Fegyverzet	nincs	van	van	van	van

Forrás: General Atomics Aeronautical [é. n.]; Army Technology 2021; Army Technology 2008; Army Technology 2018; Military Factory 2005 alapján a szerző szerkesztése

²⁷ NÉGYESI 2019.

²⁸ VÁNYA 2009.

A *Pilóta nélküli légi járművek* táblázatban látható a mesterséges intelligencia használata a hasznos teher és hatótávolság növekedésének fényében.

Összegzés, következtetések

Az MI mint alkalmazási terület az informatika tudományág egyik fontos része, amely az emberi gondolkodáshoz hasonló tulajdonságú rendszerek fejlesztését teszi lehetővé. Az emberihez hasonló gondolkodás azt jelenti, hogy képes egyes folyamatokat átvenni az embertől, s ha engedik, akkor képes önállóan végezni azokat. Így az ember aktivitása egyre csökken, inkább az ellenőrzésre, a felügyeletre koncentrálódik.

A mesterséges intelligencia beváltotta a hozzá fűzött reményeket, ezért a vele kapcsolatos védelmi kutatások folyamatosan az érdeklődés középpontjában vannak. A Magyar Honvédség tekintetében ezt tükrözi a *Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program* folyamata.

A fegyverrendszerek önállósága folyamatosan növekszik, ami új jogi, erkölcsi, etikai, politikai és stratégiai kihívások elé állítja az emberiséget. A stratégiai stabilitás és a humanitárius megfontolások védelme érdekében fontos, hogy az államok együttműködjenek ezen a területen is.

Felhasznált irodalom

- Army Technology (2008): Online: <https://bit.ly/3xYW0q8>
- Army Technology (2021). Online: www.army-technology.com/projects/rq-11-raven/
- CAWSEY, Alison (2002): *Mesterséges intelligencia. Alapismeretek*. Budapest: Panem.
- CSEPELI György (2020): *Ember 2.0. A mesterséges intelligencia gazdasági és társadalmi hatásai*. Budapest: Kossuth.
- FAN, Shelly (2020): *Lecserél-e minket a mesterséges intelligencia? Bevezetés a XXI. századhoz*. Budapest: Scolar.
- FEHÉR Krisztián – KÖKÉNYESI BARTOS Attila – BÁRTFAI Barnabás (2020): *Mesterséges intelligencia, avagy Pandora digitális szelencéje*. Budapest: BBS-INFO.
- General Atomics Aeronautical [é. n.]. Online: www.ga-asi.com/
- JONES, Taylor (2021): Real-Life Technologies that Prove Autonomous Weapons are Already Here. *Future of love*, 2021. november 22. Online: <https://futureoflife.org/aws/real-life-technologies-that-prove-autonomous-weapons-are-already-here/>
- KOLLÁR Csaba (2017): *A katona-robot interakció fejlődési irányai a következő évtizedekben*. Budapest: Belügyminisztérium. Online: www.slideshare.net/drkollarcsaba/drkollarcsaba-katonarobotinterakcio
- KOLLÁR Csaba – VÁNYA László (2017): Szerethetők-e a robotok? Az ember–robot interakció humán oldalának empirikus aspektusa. *Hadtudomány*, 27(1–2), 163–177. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2017.27.1-2.163>

- McCULLOCH, Warren – PITTS, Walter (1943): A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115–133. Online: www.cs.cmu.edu/~epxing/Class/10715/reading/McCulloch.and.Pitts.pdf
- Military Factory (2005). Online: www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=1154#specifications
- NÉGYESI Imre (2019): A mesterséges intelligencia és a hadseregek. *Hadtudomány*, 28(3), 71–79. Online: <http://doi.org/10.17047/HADTUD.2019.29.3.71>
- PRAKASH, Abishur (2020): Go. AI: A mesterséges intelligencia geopolitikája. Budapest: Pallas Athéné.
- REESE, Byron (2020): *A negyedik kor. Okos robotok, tudatos számítógépek és az emberiség jövője*. Budapest: Typotex.
- SAUTOY, Marcus du (2022): *A kreativitás kódja*. Budapest: Park.
- SCHARRE, Paul (2019): *A terminátor eljövetele. Autonóm fegyverek és a jövő háborúi*. Budapest: Alexandra.
- TEGMARK, Max (2018): *Élet 3.0*. Budapest: HVG Könyvek.
- TILESCH György – HATAMLEH, Omár (2021): *Mesterség és intelligencia. Vegyük kezünkbe sorsunkat az MI korában*. Budapest: Libri.
- VÁNYA László (2009): Szárazföldi robotok és pilóta nélküli repülőgépek a Magyar Honvédségben (előadás). In *9. Robothadviselés konferencia*. Budapest: ZMNE, 2009. november 24.

Vákát

A VR-eszközök védelmi szférában való alkalmazásának ergonómiai kérdései és hatásai a felhasználóra

Az elmúlt évek forradalmian új digitális fejlesztései és az azokra épülő eljárások alapjaiban változtatják meg a világunkat. A változó geopolitikai és biztonsági kihívások pedig elengedhetetlenné teszik a legújabb technológiák és módszerek alkalmazását mind a civil területen, mind a védelmi szervezetekben. A védelmi szféra minden ágában megjelentek a legújabb digitális fejlesztések, köztük a virtuálisvalóság (virtual reality, VR)-alapú eszközök. Ezeknek az új technológiáknak és eljárásoknak az alkalmazása nagyon sok előnnyel jár, de tekintve az újszerűségüket, rendszerbe állításuk előtt ismernünk kell az előnyeiket és hátrányaikat, illetve fizikai és pszichológiai hatásukat is. Mára már az is nyilvánvaló, hogy a különböző felhasználói korosztályok eltérő digitáliskompetencia-szintje nagyban befolyásolja ezeknek az eszközöknek a hatékony alkalmazását. Ezért is fontos az eszközhasználati képességek megismerése és az eltérő kompetenciákból adódó különbségek kezelése. Ebben a műben a szerző egy virtuálisvalóság-alapú technológia fizikai és pszichológiai hatásának vizsgálatát, továbbá az ezzel kapcsolatos kiberbetegség lehetséges hatásait mutatja be. Ennek keretében nemcsak az ide vonatkozó hazai és nemzetközi vizsgálatokat, hanem egy saját empirikus kutatást is végzett, ahol a felhasználók Oculus Quest 2 VR-szemüvegben különböző szcenáriókban meghatározott feladatokat hajtottak végre. Tekintve, hogy a kutatás több aspektusból vizsgálja a VR-technológia alkalmazásának fizikai és pszichológiai kérdéseit, teljességében nem lehet egy tanulmány keretében átfogó képet adni róla. Így ebben az írásban a kutatással kapcsolatos alapvetéseket és néhány, kiberbetegséggel kapcsolatos következtetést tár az olvasók elé.

Kulcsszavak: felkészítés, képzés, digitálizáció, VR, védelmi szféra, virtuális valóság, digitális kompetencia, fizikai és pszichológiai érzet, kiberbetegség

Ergonomic Aspects of the Use of VR Devices in Defense Sphere and the Impact the Devices Have on the User

The revolutionary digital developments of the last few years and the processes that build on them are fundamentally changing our world. Altering geopolitical and security challenges make it essential to apply the latest technologies and methods in both civilian and defense organizations. The latest digital developments, including virtual reality (VR)-based tools, have emerged in all branches of defense. The application of these new technologies and procedures has many benefits,

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; e-mail: kovacs.gergely@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0002-1995-394X.

but given their novelty, we must be aware of their advantages and disadvantages, as well as their physical and psychological impact, before putting them into practice. It is now also clear that the different levels of digital competence of various user age groups have a major impact on the effective use of these tools. Therefore, it is important to understand the skills needed to apply these devices and to address the distinctions that arise from these different competences. In this work the author presents an investigation of the physical and psychological impact of a virtual reality-based technology and the potential effects of related cybersickness. As part of this research, he not only conducted relevant national and international studies but also his own empirical research, where users performed specific tasks in different scenarios in Oculus Quest 2 VR head display. Given that this paper explores the physical and psychological aspects of the use of VR technology from several angles, it is not possible to provide a comprehensive picture of it in the framework of a single article. Therefore, this study presents the basic outline of the research and some conclusions related to cybersickness.

Keywords: preparation, training, digitalization, VR, defense, virtual reality, digital competence, physical and psychological detection, cybersickness

Bevezetés

Számtalan biztonságpolitikai kutatás igazolta, hogy a térségünk biztonságát befolyásoló kihívások, fenyegetések megszorodtak, változott a jellegük, egyre összetettebbé vált a károsító hatásuk.² A magyar állampolgárok többsége a biztonságra, stabilitásra vágyik, és megfelelő válaszokat vár a bennünket fenyegető veszélyekre.

A kívánt védelmi szint eléréséhez az is szükséges, hogy a védelem területén minden lehetséges eszközzel egyértelmű, hatékony választ adjunk a kihívásokra. A védelmi szférának képesnek kell lennie gyorsan és hatékonyan reagálni a fenyegetésekre, a megváltozott biztonsági helyzetre. Hogy ennek az elvárásnak meg tudjon felelni, sok összetevője van, de az egyik alappillér a legmodernebb digitális³ eljárások használata a védelmi munka során,⁴ a második pedig, hogy a védelmi szakemberek megfelelő tudással rendelkezzenek, és jól felkészültek legyenek. Ebből adódóan kiemelt szerepe van annak, hogy a védelmi feladatokat ellátók hogyan szerezhetik meg a szakmai ismereteket, a készségeket hogyan alapozhatják meg, és a tudásátadás milyen módon történik. Nagy szerepe van azonban az oktatásnál/felkészítésnél használt eszközöknek is,⁵ ugyanis ez a pedagógiai alapja a hatékony ismeretátadásnak, valamint az ilyen módon megszerzett tudás alkalmazásának, azaz az eredményes munkának. A megjelenő új oktatási módszerek, formák, eszközök, mint például a VR-alapú oktatás és az ahhoz használt eszközök számos lehetőséget kínálnak a védelmi szakemberek képzésében és a védelmi jellegű

² RESPERGER–KISS–SOMKUTI 2014; RESPERGER 2005; HORNYACSEK 2020.

³ WOODBERRY 2017.

⁴ KÁLLAI 2016.

⁵ KOVÁCS–HORNYACSEK 2019.

felkészítésben egyaránt. A Magyar Honvédség keretében is megjelent az informatikai eszközökön alapuló oktatás, és várhatóan az alaptevékenységet támogató folyamatokban is egyre több helyen alkalmazzák.

Benkő Tibor egy cikkében kifejtette, hogy „[a] fejlesztések új eleme az úgynevezett *digitális katona* program is, amely katonaként 112 különböző felszerelési anyag alkalmazását jelenti, kezdve a gyalogsági fegyvertől a kommunikációs eszközökig mindazt, ami a korszerű harc folytatásához szükséges.”⁶ A honvédelem és az ezen belül működő különböző szakterületek állományának felkészítése a feladataik hatékony ellátására tehát ma már nem képzelhető el csak hagyományos, osztálytermi tanár/tanuló viszonylatú formában, hanem egyre inkább teret kell kapnia az informatika biztosította korszerű lehetőségeknek, ezen belül a VR- és a kiterjesztett valóságon alapuló (*augmented reality*, AR-) technológiáknak is. A generációelmélet⁷ csoportosította az embereket, és azonosította a különböző generációk sajátosságait. Ennek alapján az életkor szerint veterán (1925–1945), *baby boomer* (1946–1964), X (1965–1979), Y (1980–1994), Z (1995–2009) és alfa generációba (2010-től) tartozunk. A védelmi szférában főként az X és Y generáció dolgozik, de már megjelentek a Z generáció képviselői is. A felkészítésben, oktatásban rájuk az évszázadokig érvényes pedagógiai módszerek és tételek egyre kevésbé érvényesek, őket más módszerekkel kell motiválni és tanítani.

Az új informatikai eszközök használata az oktatásban nemcsak a generációk változása és a tanulási stílus átalakulása miatt fontos, hanem a költségek csökkentése, a környezetkárosítás elkerülése, valamint az oktatási hatékonyság növelése miatt is elengedhetetlen. Különösen igaz ez a védelmi szervezetek hivatásos állományára, hiszen nekik egy rendkívüli helyzetben önmaguk védelmével egyidejűleg a természetes és épített környezet, de főként embertársaik mentése és védelme is a feladatuk, így a képzésükkel szemben is nagyobbak a követelmények. A védelmi szféra oktatási területén napjainkig is érvényesek a hagyományos képzési formák, ugyanakkor ezt a tevékenységet is elérték a változások. A védelmi szféra korszerűsítése során is egyre nagyobb hangsúlyt kap az informatikai eszközök alkalmazása, így a VR-/AR-technikák használata is.⁸

A mindennapokban a civil szférában már alkalmazzák a különböző VR-szemüvegeket, illetve az oktatás terén az új VR-alapú oktatószimulátort. Ezeknek az eszközöknek az elterjedése az oktatásban, felkészítésben, de a szakmai munkában is csak idő kérdése. Ugyanakkor nem ismerjük az alkalmazásuk elsajátításának részletes folyamatát, buktatóit, továbbá a felhasználóra gyakorolt hatásukat, valamint az azok következtében várható esetleges hatékonyságromlást sem.

A digitalizálódás előtérbe kerülése lehetővé teszi, hogy az elkövetkező években a védelmi célú oktatásban és a szakfelkészítésben is nagyobb teret kapjanak a digitális, modern megoldások, mint például a virtuális valóság és az ehhez kapcsolható fejre rögzített kijelzők: virtuálisvalóság-szemüvegek, -megjelenítők (*head mounted display*, HMD).

⁶ BENKŐ 2019: 154.

⁷ KOZMÁR 2017.

⁸ BENKŐ 2019: 149.

A témával foglalkozó kutatások⁹ átfogó képet adnak a virtuálisvalóság-alapú eszközök lehetséges használatáról,¹⁰ azt is főként tartalmi oldalról, de kevés kutatás irányul arra, hogy megértsük a VR-eszközök alkalmazásának fizikai, pszichológia buktatóit vagy akár a velük való tanulási folyamatot. Az ilyen eljárások és eszközök használatából adódó befolyásoló tényezők megismerésére több kutatás is folyamatban van, illetve indul a Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola vezetésével. A jelen kutatás eredményei is beépülnek a Katonai Műszaki Doktori Iskola folyamatban lévő vizsgálataiba.

Ebben a kutatásban célul tűztem ki, hogy elemezzem a katonai kiképzés/oktatás közben alkalmazható VR-szemüvegek használatából adódó fizikai, pszichológiai hatásokat. Teszem ezt annak érdekében, hogy azonosítsam az eszközzel végzett tanulás eredményességének feltételeit, és javaslatot tegyek a VR-alapú technikák által folytatott oktatás hatékonyságának növelésére.

A VR alkalmazásának fizikai és pszichológiai hatása kapcsán végzett vizsgálat ismertetése

A fentiek alapján felmerül a kérdés, hogy a felhasználók milyen negatív fizikai és pszichés tüneteket éreznek az alkalmazás közben, van-e kapcsolat az alkalmazás hatékonysága és az életkor, valamint a digitális kompetenciák megléte, szintje között. Feltételezem, hogy a tanulás hatékonyságát befolyásolja a kor és ezzel együtt az adott egyén digitáliskompetencia-szintje, valamint, hogy a fokozatosság és egymásra épültség a tanulási folyamatban nagyban kihat a teljesítményre. E kérdések tisztázása érdekében empirikus vizsgálatot folytattam. A vizsgálat alapja több olyan kutatás volt, ahol elemezték már a VR-/AR-eszközöket, megerősítették a létjogosultságukat, de nem tértek ki az alkalmazásuk nehézségeire, a velük való tanulási folyamatot nem optimalizálták. A vizsgálathoz a témához köthető jogszabályok és egyéb szabályozók, stratégiák és irodalmak feldolgozása jelentette a kiindulópontot, illetve a tematikusan kapcsolható tanulmányok, elemzések értékelése. A következtetések levonásához a kérdéskörben publikált tudományos munkákra és a saját szakmai tapasztalatomra is támaszkodtam. Fontos megjegyezni, hogy a katonai területen az oktatás, képzés, kiképzés, felkészítés fogalmak különböző tartalmakat fednek, de a tanulmányban mindezekre az oktatás fogalmat használom egységesen, és egymás szinonimájaként értelmezem őket.

A feldolgozás során a terjedelmi korlátok miatt nem vizsgáltam mélyebben a VR-alapú képzés azon veszélyeit, kihívásait, amelyek nem kapcsolhatók a VR-felhasználás fizikai és pszichológiai kérdéseire. Így például nem tértem ki a VR alkalmazásának biztonsági kérdéseire, illetve a szemüvegviselés ergonómiai kérdéseire sem. Ezenkívül nem elemeztem a témához kapcsolódó, kiegészítő újabb digitális megoldásokat, mint például az applikációkat, az okoseszközöket és a kiterjesztettvalóság-alapú eszközöket.

⁹ Többek között: MANTOVANI–CASTELNUOVO 2003; MARLOK 2021a: 170.

¹⁰ KOVÁCS 2020: 63; HORNÁCSÉK–KOVÁCS 2021: 154.

Alapvetések

A VR-szemüvegek felhasználása során az alkalmazót különböző fizikai és pszichológiai¹¹ hatások érik.¹² Ez nagyban befolyásolja ennek az immerzív eszköznek a használati hatékonyságát, ezért kell vizsgálni az alkalmazást különböző fizikai és pszichológiai aspektusból is. A VR-felhasználók pozitív percepciókról számolnak be az eszközök alkalmazása kapcsán, kellően motiváltak, élvezik a velük való munkát, de néhány negatív hatást is említenek. Legfőképpen az úgynevezett *cybersickness* (CS), azaz kiberbetegség¹³ tüneteire utalnak akkor, amikor megkérdezik őket az eszköz használata után az érzéseikről. A kiberbetegség olyan tünetek összessége, mint például a hányinger, fejfájás és szédülés, amelyeket a felhasználók a virtuális valóságban való hosszabb tanulás, „elmerülés” során vagy azt követően tapasztalnak. Az eredetileg repülésszimulátorokban felfedezett kiberbetegség hatása a jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható VR-szemüvegekre is jellemző, bár más módon és más súlyossággal. A modern, fejen rögzített eszközökkel, HMD-kel kapcsolatos legújabb szakírások megpróbálták körülírni az immerzív VR-eszköz által okozott kiberbetegség sajátosságait.

Az elmúlt években több olyan publikáció született, amely megállapítja, hogy a különböző VR HMD-k hogyan hatnak a felhasználóra,¹⁴ továbbá a VR HMD-kben történő mozgás jellege hogyan járul hozzá a kiberbetegség kialakulásához.¹⁵ Marlok Tamás például tanulmányában kifejtette a kiberbetegség lehetséges okait, illetve elemezte a VR-szemüvegek technológiai felépítését és a problémával való összefüggéseiket.¹⁶ A fent említett kísérletek után elvégzett analízis eredményei azt mutatják, hogy bár a jelenlegi generációs VR HMD-k szignifikánsan kevesebb CS-t okoznak, mint a régebbi modellek, egyes tünetek továbbra is ugyanolyan intenzívek, azaz a probléma megoldásával foglalkozni kell.

További vizsgálatok azt vélelmezik, hogy a mozgás jellege és különösen a VR-térben történt érzékelés és a valós térben érzékelt mozgás közötti különbség a kiberbetegség kiváltó oka. A kiberbetegség különösen akkor fordul elő, amikor a felhasználók úgy érzékelik, hogy a virtuális környezetben saját magukat mozgatják, miközben valójában a helyükön maradnak.

Néhány tanulmány¹⁷ kifejezetten a CS súlyosságát¹⁸ vizsgálta VR-szimulátorokban, például hullámvasutakon, autós vagy repülő szimulátorokban.¹⁹ Az ilyen típusú szimulátorok azért idéznek elő nagyon gyakran kiberbetegséget, mert a felhasználók általában egy helyhez kötött szimulátorszékben ülnek, miközben lineáris és szöggyorsulásnak

¹¹ GOLDING 2016.

¹² BEAMS–KIM–BADANO 2019: 879; CHO et al.: 8753.

¹³ MCCAULEY–SHARKEY 1992: 314.

¹⁴ RIEDER – HAAG KRISTENSEN – PINHO 2011: 663.

¹⁵ RANGELOVA–MOTUS–ANDRÉ 2020.

¹⁶ MARLOK 2021b: 163.

¹⁷ MAZLOUMI GAVGANI et al. 2017: 45.

¹⁸ NALIVAICO et al. 2015: 586.

¹⁹ NESBITT et al. 2017: 5.

vannak kitéve. Számos korábbi tanulmány²⁰ különböző módszereket javasol a virtuális és a valós mozgások közötti eltérés csökkentésére, mint például a mozgás korlátozása. Jelenleg azonban széles körben és egyre többen a felhasználói alkalmazkodást tartják a kiberbetegség kezelése legjobb lehetőségének.²¹ Számos korábbi publikáció vizsgálta a kiberbetegséget befolyásoló különböző tényezőket, például az egyénre jellemzőket: életkor, nem, testtartás, digitális kompetencia stb., továbbá az eszköztényezőket:²² képernyő-frekvencia, VR-tér, ergonómia stb., valamint a feladattényezőket:²³ a feladat nehézsége, a VR-térben eltöltött idő. Bár számos tanulmány alátámasztja ezeket az elméleteket, más szerzők egymással versengő hipotéziseket írnak le a mozgásbetegség okaira vonatkozóan, illetve a kutatások eredménye az alacsony mintavételezés miatt megkérdőjelezhető. Az eddigi kutatások alapján elmondható, hogy ezen területen nincs egységesen elfogadott álláspont, ezért érdemes a VR-eszköz használata közben és után megjelenő fizikai és pszichológiai hatásokról célzottan kutatásokat végezni, mindezt úgy, hogy figyelembe vesszük a leendő célszoftvert, a leendő felhasználói csoportot és a célfeladatot is. A fenti kutatások értékelése után döntöttem a saját vizsgálat elvégzése mellett úgy, hogy alapul veszem az eddigi kutatásokat és eredményeket is.

A kutatás bemutatása és célja

A VR-technológiai fejlődése ellenére a felhasználók folyamatosan küzdenek a fent említett kiberbetegség hatásával, ami az ő megfogalmazásukban az émelygés, a szédülés, a végtagfáradtság, a fizikai kimerülés és a dezorientáció. A vizuális és az egyensúlyrendszer közötti érzékszervi „konfliktus” által kiváltott kiberbetegség tünetei kellemtelenséget okoznak és akadályozzák a VR-eszköz immerzív oktatási képességének, hatékonyságának érvényesülését, így ez a potenciál kiaknázatlan maradhat. A kísérletben a felhasználók által érzett érzeteket a különböző VR-szenáriók, feladatok elvégzése után explicit (kérdőívek) és implicit (fiziológiai válaszok) módon vizsgáltam, kitérve a fizikai és pszichológiai reakciókra, továbbá a kiberbetegség tüneteinek vizsgálatára. A kísérlet célja továbbá az is volt, hogy összefüggéseket keressünk a felhasználók kora, digitáliskompetencia-szintje és a VR-térben érzett fizikai, pszichológiai hatások, valamint a tanulási hatékonyság között.

A kutatás leírása

A kísérletet zárt térben, egy 10 × 10 méteres, külön erre a célra elkülönített területen végeztük. A vizsgálatra jelentkezőket random módon választottuk ki, a részvétel önkéntes

²⁰ OISHI et al. 2016.

²¹ GOLDING–GREYSTY 2015: 87.

²² LEE 2017.

²³ LAMPTON et al. 1994.

volt, továbbá bárki bármikor kiléphetett a kísérletből. A folyamat megkezdése előtt a felhasználók egy egységes (minden eddigi VR- és digitális tapasztalattól független) ismertetést kaptak a vizsgálat céljáról, lényegéről és az eszköz használatáról. Az ismertetés után egy OCULUS QUEST II típusú VR-szemüveget vettek fel és elvégezték az adott feladatot.²⁴ A kísérletben három különböző feladatot kellett végrehajtani, úgy, hogy a sikeres végrehajtás idejét mértük minden esetben.

A feladatok nehézségükben és összetettségükben különböztek egymástól.²⁵ Mindhármát – a valósággal megegyező – erdei környezetben hajtottuk végre. (1. ábra)

A VR-környezet



1. ábra: Az elvégzendő feladatok környezetének képernyőfelvétele a VR-térben

Forrás: a szerző felvétele

A nehézségi fok szerint a legegyszerűbb feladat egy íj „üzembe helyezése”, majd egy célzott sikeres lövés leadása volt (2. ábra).

²⁴ OCULUS QUEST II VR-szemüveg szemenként 1832×1920 felbontással, OLED-kijelzőkkel.

²⁵ Az első feladat két mozdulatból volt elvégezhető, a második ötből, míg a harmadik feladat nyolc mozdulatból állt.

Az I. feladat



2. ábra: Az elvégzendő I. feladat képernyőfelvétele a VR-térben

Forrás: a szerző felvétele

A második feladat egy normál golyós lőfegyver kész állapotba helyezése (3. ábra) és célzott lövés leadása volt.

A II. feladat



3. ábra: Az elvégzendő II. feladat képernyőfelvétele a VR-térben

Forrás: a szerző felvétele

A III. feladat pedig egy komplexebb előltöltős fegyver üzembe helyezése, használata, majd célzott lövés leadása volt. (4. ábra)

A III. feladat



4. ábra: Az elvégzendő III. feladat képernyőfelvétele a VR-térben

Forrás: a szerző felvétele

A kísérletben 326 felhasználót választottam ki,²⁶ vegyesen férfi és női felnőtt személyeket. A korosztálymegoszlást öt kategória alapján osztottam fel (18–23 év, 24–30 év, 31–40 év, 41–60 év, 60 év felett), illetve a demográfiai változókat is bekértük (lakhely, munka, jövedelem), azaz rétegeztük a mintát. Vizsgáltuk azt is, hogy a felhasználók használnak-e szemüveget (külön bontva a távol, rövid vagy mindkettő korrekciót) vagy kontaktlencsét. A tesztben részt vevő egyéneknél fontos szempont volt a digitális kompetencia mérése is, így a VR-tapasztalatra, felhasználói tudásra is kitértünk a kérdéseinkben. A kísérlet alatt és után két részkérdéscsoporttal vizsgáltuk a fizikai és pszichológiai érzeteket. A kiberbetegség megjelenésére, illetve a szintjének felmérésére a résztvevők a VR-feladatok befejezését követően kitöltötték a SSQ szimulátoros betegségekre vonatkozó kérdőívet,²⁷ ahol 15²⁸ különböző SSQ-kategóriában 1–5 ponttal értékelték az érzetüket.

²⁶ A kísérlet megkezdése előtt írásbeli beleegyezést kértünk. A minta nagyságát hasonló kísérleti eljárások alapján becsültük. A neurológiai, pszichiátriai, vestibuláris vagy hallási rendellenességben szenvedő résztvevőket kizártuk.

²⁷ SSQ-kérdőív. Bővebben lásd KENNEDY–FOWLKES 1992: 27.

²⁸ SSQ-kategóriák: 1 – hányinger, 2 – általános rossz közérzet, 3 – gyomorforgás, 4 – izzadás, 5 – fokozott nyáleválasztás, 6 – szédülés, 7 – fülzúgás, 8 – koncentrációs nehézség, 9 – fókuszálási nehézség, 10 – szemfáradtság, 11 – fáradtság, 12 – fejfájás, 13 – homályos látás, 14 – szédülés (csukott szemmel), 15 – teltségérzet.

Ez a kérdéscsoport a betegség tüneteit több klaszterre osztja, ilyen a hányinger (SSQ-H), dezorientáció (SSQ-D) és szemmozgás (SSQ-O). A dezorientáció (SSQ-D) olyan tüneteket foglal magában, mint a szédülés vagy a fókuszálás nehézsége. Az okulomotoros (SSQ-O) klaszter olyan fizikai tüneteket foglal magában, mint a szemfáradtság, fejfájás és homályos látás. A hányinger (SSQ-H) olyan tünetekből áll, mint a gyomorerzet, a fokozott nyáleválasztás és maga a hányinger. A résztvevők 0 (= nincs tünet) és 5 (= súlyos tünetek vannak) között értékelték az érzéseiket. Az egyes klaszterekre kapott pontszámokat összeadtuk és megszoroztuk a megfelelő súlyozással. A VR-feladat során a résztvevőknek a *fast motion sickness scale* (FMS)²⁹ kérdések alapján kellett válaszolniuk az érzeteikre szóban az émelygés szintjéről 0–20-ig (0 = nincs émelygés; 20 = teljes émelygés). A válaszokat VR-expozíció előtt, majd kétpercenként a VR-feladat elvégzése alatt, majd végül a VR-expozíció után is kérdeztük. Az eredményeket egy saját szerkesztésű adattáblába rögzítettük, digitális eszközön, kódolva a válaszokat. A vizsgálatnál célunk volt a nemzetközi irodalomban³⁰ is megjelenő kiberbetegséget befolyásoló öt – fő – kategória alapján elemezni az eredményeket. A kategóriák a következők:

Tartalom: ehhez kapcsolódik minden, amit a felhasználók a virtuális környezetben látnak. Ezek a tényezők közvetlenül kapcsolódnak a felhasználó által látott VR-tartalomhoz. Ilyen a képfelbontás, a képfrissítés, a látómező szélessége és például a tartalom kidolgozottsága.

Interakció: azokat a tényezőket jelölik, amelyek a felhasználó és a VR-alkalmazás közötti interakcióhoz szükségesek. Ilyenek lehetnek például a mozgás irányítása (navigálás, mászkálás, teleportálás, forgás, rotációs sebesség, gyorsulás) és a játékkal kapcsolatos egyéb interakciók (hangvezérlés, narráció).

Emberi tényezők: a veleszületett demográfiai jellemzők (életkor, nem stb.), a felhasználó mozgás és kiberbetegségre való hajlama, az egészségügyi jellemzők (betegség, rövid vagy távollátás), illetve a digitális kompetenciák (VR- vagy más szimulációs tapasztalatok).

Hardver: ezek a tényezők jellemzően a VR-szemüveg technológiai tulajdonságai, amelyek magukba foglalják a látómezőt (FOV), a mélységélességet, a felbontást és a képfrissítési képességet.

Kísérlet végrehajtása: a fenti elsődleges tényezőkön kívül a kísérlet végrehajtása is befolyásolja a kiberbetegség vagy fizikai, pszichológiai hatások súlyosságát. Így fontos definiálni a VR-feladat időtartamát és ismétlődését, illetve a VR-szenáriót megelőző feladatok és a VR-feladatok közötti pihenőidőt.

A vizsgálat 2022. július havában sikeresen befejeződött. Az adatok és az eredmények feldolgozása után a következtetések és javaslatok képezhetik a következő VR szimulátoros vizsgálat alapját.

²⁹ Fast motion sickness scale (FMS-) kérdőív. Bővebben lásd KESHAVARZ–HECHT 2011: 419.

³⁰ CHANG et al. 2018: 260.

Összegzés

Összegzésként megállapítom, hogy a VR-alapú eszközök egyre nagyobb teret hódítanak. Alkalmazásuk nemcsak a civil szférában, hanem a védelmi területen, így a katasztrófavédelemben és a honvédelemben is óriási lehetőséget rejt. A napjainkban folyó katonai reformok nemcsak a szakemberek felkészítésében hoznak változásokat, de a napi gyakorlati munkában, valamint az alkalmazott eszközökben, technológiákban is. A VR-eszközök alkalmazása negatív hatásainak felismerése és azok csökkentése aktuális feladat, így annak kutatása jelentős előrelépést hozhat a témában.

A *VR fizikai és pszichológiai hatások* című kísérlet lefolytatása után az előzetes következtetéseink megerősítették, hogy a vizuális és vestibuláris érzések-érzetek közötti összhang javításával a felhasználók biztonságosabb virtuális valóságot élhetnek át, ami kiemelt fontosságú a VR védelmi szféra oktatási környezetében történő alkalmazásának szempontjából. Az eredményekből leszűrhető, hogy a kísérlet elvégzése után a megadott 15 érzet közül a legjobban a gyomorforgás és szédülés jelentkezett a felhasználóknál. A fizikai és pszichológiai érzetek, illetve a kiberbetegség kiváltó okának megértéséhez és ezek negatív hatásainak csökkentéséhez kutatni kell a tartalmi, emberi és hardvertényezőket, illetve az interakciós eljárások és kísérleti módszertan befolyását a negatív felhasználói élmények csökkentéséhez. A kutatásból már most látható, hogy a VR-felhasználók között kevésbé a korosztálybeli eltérés a mérvadó, inkább a felhasználók fokozatos „szoktatása” a VR-térhez tud jó eredménnyel szolgálni a kiberbetegség csökkentésére. A kísérletben részt vevő egyének VR digitális kompetenciája szintén meghatározó volt a kiberbetegség elkerülése szempontjából és egyértelműen befolyással van a fizikai és pszichológiai érzetek negatív kialakulásában. A fenti eredmények figyelembevételével javasolt tehát egy felhasználási mátrixon alapuló terv és egy használati módszertani könyv elkészítése.

Fontos megjegyezni, hogy a kutatásunkban nem elemeztük a válaszok alapján leszűrhető minden fizikai és pszichológiai eredményt, itt kiemelten a kiberbetegség hatásaira koncentráltunk, illetve a terjedelmi korlátok miatt nem vizsgáltam a kiberbetegség hatásának csökkentésére javasolt eljárások egyik részterületét sem, ezért a részletek további kutatást igényelnek. Tekintve a téma fontosságát és szerepét a védelmiszféraképzés, -oktatás, -kiképzés területén, mindenképpen hasznos lenne a további kutatások folytatása arra vonatkozólag, hogy a VR-szemüvegek alkalmazása során teljes képet kapjunk a felhasználót munkavégzés közben érő terhelés típusairól és jellegéről, valamint arról, hogy az alkalmazás és a szakterületi specialitások között vannak-e összefüggések.

Felhasznált irodalom

- BEAMS, Ryan – KIM, Andrea S. – BADANO, Aldo (2019): Transverse Chromatic Aberration in Virtual Reality Head-Mounted Displays. *Optics Express*, 27(18), 24877–24884. Online: <https://doi.org/10.1364/OE.27.024877>
- BENKŐ Tibor (2019): A Magyar Honvédség jelene és jövője. *Hadtudomány*, 29(1–2), 149–155. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2019.29.1-2.149>
- CHANG, Eunhee et al. (2018): An Integrated Model of Cybersickness, Understanding User's Discomfort in Virtual Reality. *Journal of KIISE*, 45(3), 251–279. Online: <https://doi.org/10.5626/JOK.2018.45.3.251>
- CHO, Won Seok et al. (2020): Air-Gap-Embedded Robust Hazy Films to Reduce the Screen-Door Effect in Virtual Reality Displays. *Nanoscale*, 12(16), 8750–8757. Online: <https://doi.org/10.1039/c9nr10615d>
- GOLDING, John F. (2016): Motion sickness. *Handbook of Clinical Neurology*, 137. 371–390. Online: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63437-5.00027-3>
- GOLDING, John F.– GRESTY, Michael A. (2015): Pathophysiology and Treatment of Motion Sickness. *Current Opinion in Neurology*, 28(1), 83–88. Online: <https://doi.org/10.1097/wco.0000000000000163>
- HORNYACSEK Júlia (2020): A klímaváltozással összefüggő katasztrófák lehetséges hatásai a lakosságra és az ezzel szembeni védetségük növelésének lehetőségei. In FÖLDI László – HEGEDŰS Hajnalka (szerk.): *Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok*. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 75–89. Online: <https://bit.ly/3xyuy2b>
- HORNYACSEK Júlia – KOVÁCS Gergely (2021): A kiterjesztett valóság alapú szemüveg alkalmazásának kihívásai a védelmi szférában a műszaki szakfeladatok ellátása során. In FÖLDI László: *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I*. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó.
- KÁLLAI Attila (2016): Felkészítés és kiképzés virtuális környezetben. In *Humánvédelem – békeműveleti és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése*. Budapest: Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 4–56. Online: http://real.mtak.hu/33554/1/tanulmanygyujtemeny%20_ujratervezes_CsJ_KZ_1.5.pdf
- KENNEDY, Robert S. – FOWLKES, Jennifer E. (1992): Simulator Sickness Is Polygenic and poly-symptomatic: Implications for Research. *The International Journal of Aviation Psychology*, 2. 23–38.
- KESHAVARZ, Behrang – HECHT, Heiko (2011): Validating an Efficient Method to Quantify Motion Sickness. *Human Factors. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Societ*, 53(4), 415–426.
- KOVÁCS Gergely (2020): A kiterjesztett valóság alapú technológia alkalmazásának lehetőségei és korlátai a védelem és a polgári logisztika területein. *Katonai Logisztika*, 28(1–2), 54–78. Online: <https://doi.org/10.30583/2020/1-2/054>
- KOVÁCS Gergely – HORNYACSEK Júlia (2019): *Korszerű oktatási eszközök és módszerek alkalmazása a polgári védelmi felkészítésben*. *Műszaki Katonai Közöny*, 29(2), 117–132. Online: http://real.mtak.hu/104218/1/MKK_2019_2_10_Kovacs_Hornyacsek.pdf
- KOZMÁR Zita (2017): Generációelméletek. *Pedagógiai Folyóiratok*, 8–9. Online: <https://folyoiratok.oh.gov.hu/uj-kozneveles/generacioelmletek>

- LAMPTON, Donald R. et al. (1994): Side Effects and Aftereffects of Immersion in Virtual Environments. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 18(38), 1154–1158. Online: <http://dx.doi.org/10.1177/154193129403801802>
- LEE, Jiun-Yu et al. (2017): *Estimating the Simulator Sickness in Immersive Virtual Reality With Optical Flow Analysis*. New York: Association for Computing Machinery. Online: <https://doi.org/10.1145/3145690.3145697>
- MANTOVANI, Fabrizia – CASTELNUOVO, Gianluca (2003): Sense of Presence in Virtual Training: Enhancing Skills Acquisition and Transfer of Knowledge through Earning Experience in Virtual Environments. In RIVA, Giuseppe – DAVIDE, Fabrizio – IJSELSTEIJN, Wijnand A.: *Being There: Concepts, Effects and Measurement of User Presence in Synthetic Environments*. Amsterdam: IOS Press.
- MARLOK Tamás (2021a): Virtuális valóság-alapú taktikai szimulációs kiképző eszközök hazai fejlesztési lehetőségei. 2. rész: A technológia lehetőségei a kiképzés szemszögéből. *Hadmérnök*, 16(1), 161–176. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2021.1.10>
- MARLOK Tamás (2021b): Virtuális valóság-alapú taktikai szimulációs kiképző eszközök hazai fejlesztési lehetőségei. 3. rész: A technológia korlátai a kiképzés szemszögéből. *Hadmérnök*, 16(3), 157–172. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2021.3.9>
- MAZLOUMI GAVGANI, Alireza et al. (2017): Profiling Subjective Symptoms and Autonomic Changes Associated With Cybersickness. *Autonomic Neuroscience*, 203, 41–50. Online: <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.12.004>
- MCCAULEY, Michael – SHARKEY, Thomas J. (1992): Cybersickness: Perception of Self-Motion in Virtual Environments. *Teleoperators and Virtual Environments*, 1(3), 311–317. Online: <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.3.311>
- NALIVAICO, Eugene et al. (2015): Cybersickness Provoked by Head-Mounted Display Affects Cutaneous Vascular Tone, Heart Rate and Reaction Time. *Physiology Behavior*, 151, 583–590. Online: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.08.043>
- NESBITT, Keith et al. (2017): Correlating Reaction Time and Nausea Measures With Traditional Measures of Cybersickness. *Displays*, 48, 1–8. Online: <https://doi.org/10.1016/j.displa.2017.01.002>
- OISHI, Erika et al. (2016): Enhancement of Motion Sensation by Pulling Clothes. In *Proceedings of the Symposium on Spatial User Interaction*. New York: Association for Computing Machinery.
- RANGELOVA, Stanislava – MOTUS, Daniel – ANDRÉ, Elisabeth (2020): Cybersickness Among Gamers: An Online Survey. In AHAM, Thomas (szerk.): *Advances in Human Factors in Wearable Technologies and Game Design*. Cham: Springer International Publishing.
- RESPERGER István (2005): A nemzetközi terrorizmus ellenes küzdelem tapasztalatai és lehetséges stratégiái. In *New Challenges in the Field of Military Sciences 2005. 3rd International Scientific Conference*, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.
- RESPERGER István – KISS Álmos Péter – SOMKUTI Bálint (2014): *Aszimmetrikus hadviselés. Kis háborúk nagy hatással*. Budapest: Zrínyi.
- RIEDER, Rafael – HAAG KRISTENSEN, Christian – SARROGLIA, Pinho Márcio (2011): *Identifying Relationships between Physiological Measures and Evaluation Metrics for 3D Interaction Techniques. Human-computer interaction – INTERACT*. Berlin: Springer.
- WOODBERRY, Andrew (2017): Government Divisions to Use VR for Training. *Readwrite.com*, 2017. október 26. Online: <https://readwrite.com/government-vr-uses/>

Vákát

Kritikus ökoszisztéma-infrastruktúrák és jelentőségük a környezetbiztonságban

A leginkább az éghajlatváltozás következményeként említendő szélsőséges időjárási eseményekre való felkészülés napjaink egyik legfőbb kihívása, környezetbiztonsági jelentősége nem vitás. A természeti, táji adottságok extrém terhelése és átalakítása miatt az ökoszisztéma-szolgáltatások mennyisége csökkent, minősége romlott, az alkalmazkodási képesség nem javult. Az elemzések azt mutatják, hogy előnyösebb a megelőző jellegű intézkedés, a környezettudatosabb tervezési szemlélet. A globális környezeti jelentések és az Európai Unió (EU) ökoszisztémát előtérbe helyező stratégiái mellett a hazai ökoszisztéma környezetbiztonsági szempontú állapotát, illetve az ökoszisztéma-szolgáltatások vízügyi összefüggéseit mutatja be a szerző tanulmányában.

Kulcsszavak: éghajlati adaptáció, ökoszisztéma-szolgáltatás, integrált vízgazdálkodás

Critical Ecosystem Infrastructures and Their Importance in Environmental Security

Preparing for extreme weather events to be mentioned as mainly a result of climate change is one of the main challenges today, and its significance for environmental safety is undeniable. Due to the radical load and transformation of natural areas and landscape, the declining quantity and quality of ecosystem services has resulted in lack of adaptive capacity (resilience) to extreme elements, which needs to be restored. Research, case studies of more like preventive nature-based measures and bottom-up civil initiatives shed more environmentally conscious design approach supported by the cost-benefit analyzed measures as well. In addition to the global environmental reports and the strategies of the European Union focusing on the ecosystem the study presents the state of the Hungarian ecosystem in terms of environmental safety and the water relations of the ecosystem services.

Keywords: climate adaptation, ecosystem services, integrated water management

¹ Nemzetköziprojekt-koordinátor, Országos Vízügyi Főigazgatóság; e-mail: lakatos.boglarka@ovf.hu; ORCID: 0000-0001-7760-3190.

Bevezetés

Kutatási területem fókuszja az éghajlatváltozás lokális hatásaihoz való alkalmazkodási lehetőségek feltárása. Elsősorban olyan vízgazdálkodási módszerek vizsgálata, amelyek az úgynevezett könnyű műszaki, vagyis *soft engineer* irányából közelítik meg a vízmenyiségi problémákat és természetre alapozott intézkedéseket irányoznak elő. A témát érintő részkutatások eredményeinek összegzéseként, az éghajlatváltozás megkérdőjelezhetetlen hatásainak környezeti és gazdasági oldalát is megjelenítő kutatási jelentéseket mutatom be az első bevezető fejezetben.

Az éghajlatváltozás tudományos alapjairól, környezeti, társadalmi és gazdasági velejárójáról, várható közvetlen következményeiről a politikai döntéshozók számára rendszeres értékelést nyújtanak többek között az olyan nemzetközi intézmények, mint az ENSZ Éghajlatváltozás Kormányközi Testülete (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), amely az éghajlatváltozással kapcsolatos tudományos értékelést végzi, a Meteorológiai Világszervezet (*World Meteorological Organization*, WMO) és az Egyesült Nemzetek Környezetvédelmi Programja (*United Nations Environment Programme*, UNEP). Európai szinten az Európa Környezeti Ügynökség (*European Economic Area*, EEA) nyújt tájékoztatást a környezetről a környezetvédelmi politika kidolgozásában, elfogadásában, végrehajtásában és értékelésében részt vevők, valamint a nagyközönség számára. Nemzetközi szinten további két NATO-csoport foglalkozik környezetbiztonsági, környezetvédelmi és éghajlat-politikai kérdésekkel: a Környezetvédelmi Munkacsoport (*Environmental Protection Working Group*, EPWG), illetve az Energiahatékonyság és Környezetvédelem Szakértői Csoportja (*Specialist Team on Energy Efficiency and Environmental Protection*, STEEP). Az Európai Unió környezeti és éghajlati programjai az Európai Bizottság Környezetvédelmi Főigazgatósága (*Directorate-General for Environment*, DG ENV) alatt szerveződnek.

Az éghajlatváltozás tudományos leközlésén kívül számos, nemzeti szinten megrendelt nemzetbiztonsági és gazdasági sérülékenységre rámutató, mára alapirodalomként hivatkozott dokumentum készült, amelyek – a jövőbeli lépéseket illetően – alapvetően egy irányba mutatnak. Hazánkban mind a *Nemzeti Biztonsági Stratégia*,² mind a *Nemzeti Katonai Stratégia*³ kiemelt kockázatként kezeli az éghajlatváltozás kérdését. A hadtudomány és a katonai műszaki tudomány is kiemelt figyelmet fordít a kérdésre.⁴

A Stern-jelentés⁵ az első olyan környezeti előrejelzés a világon, amelyet nem éghajlati szakértők, hanem egy közgazdasági szaktekintély irányításával dolgoztak ki. *Az éghajlatváltozás közgazdaságtana* című értékelés egyik leglényegesebb következtetése szerint az éghajlatváltozás egyedülálló kihívást jelent a közgazdaságtannal szemben: ez a valaha létezett legnagyobb és a legkiterjedtebb piaci kudarc.⁶ A tanulmány felhívta a figyelmet

² 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

³ 1393/2021 (VI. 24) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról.

⁴ BODA et al. 2016; BLESZITY et al. 2016.

⁵ STERN 2007; YOHE–TOL 2008.

⁶ Közgazdaságtani fogalom: azokat a gazdasági jelenségeket foglalja össze, amikor a magán gazdasági szereplők észszerű és önérdékkövető magatartása nem a kívánt társadalmi optimumhoz vezet.

arra is, miszerint az éghajlatváltozással kapcsolatos határozott, idejében megtett intézkedések haszna nagyobb, mint azok költsége. Stern a jelentésben az éghajlatváltozás gazdasági hatásait, a bruttó hazai termék (GDP) várható alakulására gyakorolt hatását vizsgálta. Arra a következtetésre jutott, hogy ha nem történnek változások, ha a globális károsanyag-kibocsátás jelentős részéért felelős ipari hatalmak nem tesznek semmit, akkor a fejlett országoknak 2050-ig évi 5%-os GDP-csökkenéssel kell számolniuk. Ez a leg-szerűsebb számítás, a csökkenés évi 20%-os vagy még több is lehet, ami megrendítheti a világgazdaságot. Ezért az éghajlatváltozás korántsem tekinthető kizárólag környezetvédelmi kérdésnek, hiszen hatásai alapvető gazdasági és biztonsági kockázatot jelentenek.

A Dasgupta-jelentést,⁷ vagyis *A biodiverzitás gazdaságtana* című értékelést Partha Dasgupta, a Cambridge-i Egyetem (University of Cambridge) közgazdásza publikálta 2021-ben. A hagyományos közgazdaságtan kritikájaként megfogalmazott 602 oldalas jelentés többek között arra hívja fel a figyelmet, hogy találjanak alternatív módszereket a gazdagság mérésére a GDP helyett, hiszen az szerinte „teljesen alkalmatlan” a fenntartható fejlődés biztosítására. A 49. oldalon a fizetés az ökoszisztéma-szolgáltatásokért (*Payment for Ecosystem Services*) javasolt PES-rendszer azon az elven alapul, amely szerint az ökoszisztéma-szolgáltatások haszonélvezőinek fizetniük kell azok megőrzésért és visszaállításáért. Az alap elgondolást természetesen nagyban befolyásolta az a tény, hogy a földtulajdonosok gazdálkodási módszerei nem feltétlenül (általában nem) kompatibilisek az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntarthatóságával, amelyek így közvetetten a közhasznúságot is folyamatosan veszélyeztetik. A jelentés arra ösztönzi a politikai döntéshozókat, hogy fogadják el, hogy minden üzleti tevékenység „beágyazódik” a természetbe, és ennek megfelelően kezdjék el értékelni az ökoszisztémákat.

A *Mélyadaptáció*⁸ című koncepciót Jem Bendell, a Cumbriai Egyetem (University of Cumbria) fenntarthatósági professzora 2018-ban vezette be. Feltételezi, hogy a szélsőséges időjárási események és az éghajlatváltozás egyéb hatásai egyre inkább megzavarják az élelmiszer-ellátást, a vízhez való hozzáférést, a társadalmi és kormányzati rendszereket, összeomlást okoznak a következő néhány évtizedben. A „mély” szó azt jelzi, hogy határozott intézkedésekre van szükség ahhoz, hogy alkalmazkodjunk a hirtelen fellépő új körülményekhez. Tudományos elemzéseken alapuló feltételezéseinek azonban egy szocio-kulturális, erőszakmentes és együttműködésen alapuló megoldásfókuszú koncepciót mutat be, amely a közösségi együttműködés értékeit veszi alapul. A professzor tanulmánya népszerűsítette a „mély alkalmazkodás” kifejezést, katalizálja a kapcsolódó online közösségek kialakulását. 2019 márciusában Bendell és munkatársai elindították a *Deep Adaptation Forumot*, hogy kapcsolatba lépjenek és támogassák azokat az embereket, akik osztják nézeteit. A *New York Times* arról számolt be, hogy a *Positive Deep Adaptation* (azóta *Deep Adaptation* névre keresztelt) Facebook-csoportnak 2020 márciusában közel 10 000 tagja volt, és ez volt a *Deep Adaptation* közösség legaktívabb oldala, 3000(!)

⁷ DASGUPTA 2021.

⁸ BENDELL 2021.

személy vett részt a hivatalos programban. A *Deep Adaptation* nevű LinkedIn-csoport professzorokat, kormányzati tudósokat és befektetőket tudhat tagjainak.⁹

A katasztrófaábrázolásokra, történelmileg is beidegződött hierarchikus és rendvédelmi forgatókönyvre alapuló vezetői döntések és a társadalmi válaszreakciók jelentőségére a tanulmány végén térek vissza.

Az éghajlatváltozás hatásainak jelenlegi állása hazánkban

A globális éghajlatváltozás előrejelzései kedvezőtlen tér- és időbeni hőmérséklet- és csapadéktrendeződést, néhány területre pedig melegekedést, valamint szárazodást prognosztizálnak, ami tovább súlyosbítja a vízkészletekért folyó versenyt, és egyre erősebb prioritásként fogalmazza meg a fenntartható vízkészlet-gazdálkodás szükségességét. Az éghajlatváltozásának és ezek hatásainak az utóbbi évtizedekben a Kárpát-medencében is jól észlelhető következményei vannak.

A területi eloszlás szerint értékelve városi, vidéki területek biztonsági kockázatainak növekedése várható, a természetvédelmi területek sérülékenysége is jelentős. A legutóbbi EEA-jelentés¹⁰ alapján, az EU szintjén az élőhelyek 81%-a rossz állapotban van. A leginkább romló állapotú területek a tőzeglápok, a füves puszták és a dűnés élőhelyek. A természet állapotáról szóló ezen felmérés a természet egészségének eddigi legátfogóbb ellenőrzése az EU-ban. Egyértelműen rámutat, hogy továbbra is folyamatosan veszítjük el ezt az életünket fenntartó, létfontosságú rendszert.

Magyarország esetében további melegeedésre kell számítani: az országos átlag az évszázad végére akár 4 °C-kal is meghaladhatja az 1961–1990-es referenciaszintet. A csapadék esetében – ami a mezőgazdasági tevékenység fő támogatója vagy gátja lehet – viszont enyhe évi csökkenésre lehet számítani, amely egyúttal kevesebb, de intenzívebb csapadékkal jellemzett napokkal fog együtt járni.¹¹

Ezek a hatások összességében legfőképpen a biokapacitást, az ökoszisztéma regenerációs képességét veszélyeztetik. Az ökoszisztéma biokapacitása, azaz biológiai kapacitása bizonyos biológiai anyagok, például természeti erőforrások termelésének, valamint más anyagok, például szén-dioxid légkörből történő elnyelésének és kiszűrésének becslése. Mértékegysége a globális hektár (gha). A biológiai kapacitás évről évre változik, amely részben a természeti viszonyokon (csapadék, szélsőséges időjárási körülmények stb.), részben emberi tényezőkön (például tájhasználat, mezőgazdasági művelési mód) múlik.

Magyarországon az egy főre jutó 2,47 gha biokapacitás (2016) több, mint az európai átlag (2,1 gha/fő). Hazánkban ez az érték a 2015-ös csökkenést követően stagnál, miközben a lélekszám csökken, ami összességében romló tendenciát mutat. Az ökolábnymhoz

⁹ Deep Adaptation. Wikipedia [é. n.]

¹⁰ *State of Nature in the EU—Results from Reporting under the Nature Directives 2013–2018*. EEA Report No 10/2020 ISSN 1725-9177.

¹¹ DUNKEL–BOZÓ–GERESDI 2018.

viszonyított hazai deficit 1,15 gha/fő, ami azt jelenti, hogy több mint 45%-kal fogyasztunk többet annál, mint amennyi az országon belül ránk jutó biokapacitás lenne.¹²

A hidrológiai szélsőségek egyre gyakoribb megjelenése és az ebből eredő károk nem hagynak kétséget a természeti tőke állapota vs. használata, illetve gazdasági ráfordítás-haszon összefüggésének kapcsolatáról. Az 1. táblázat szerint a 2016 és a 2017-es év kivételével a kárenyhítési juttatások legnagyobb részét minden évben az aszálykárra fizették ki, amely 2012-ben a kárenyhítési juttatások 62,5%-át (4 631 876 ezer Ft), 2013-ban 52,7%-át (1 292 007 ezer Ft), 2015-ben 70,4%-át (4 261 700 ezer Ft), 2018-ban 50,7%-át (3 858 000 ezer Ft) és 2019-ben 47,2%-át (6 500 000 ezer Ft) jelentette.

1. táblázat: A főbb veszélynek által okozott káreseményre kifizetett kárenyhítő juttatás összegének alakulása 2012 és 2019 között

Káresemény	Adott káreseményre kifizetett kárenyhítő juttatás összege (ezer Ft)			
	2012	2013	2014	2015
Aszálykár	4 631 876	1 292 007	258 500	4 261 700
Belvízkár	0	207 794	202 600	77 300
Felhőszakadás	0	387	100 000	3 600
Jégesőkár	98 278	361 683	256 800	914 900
Mg.-i árvízkár	0	83 477	0	0
Tavaszi fagykár	1 419 684	488 240	186 800	758 100
Téli fagykár	1 258 648	9 608	0	0
Őszi fagykár	0	0	0	0
Viharkár	2 058	9 799	194 100	34 200
Összesen	7 410 545	2 452 999	1 198 800	6 049 900

Káresemény	Adott káreseményre kifizetett kárenyhítő juttatás összege (ezer Ft)			
	2016	2017	2018	2019
Aszálykár	7 900	1 970 900	3 858 000	6 500 000
Belvízkár	341 600	223 600	734 000	656 000
Felhőszakadás	84 500	116 600	370 000	870 000
Jégesőkár	1 073 100	1 484 100	615 000	1 211 000
Mg.-i árvízkár	0	0	0	0
Tavaszi fagykár	3 086 100	2 263 400	227 000	3 030 000
Téli fagykár	5 600	984 300	1 448 000	67 000
Őszi fagykár	36 200	0	24 000	47 000
Viharkár	293 000	117 400	331 000	1 395 000
Összesen	4 928 000	7 160 000	7 607 000	13 776 000

Forrás: Kiss 2021: 117.

Az árvíz, villámárvíz, belvíz, aszály, által okozott károk évről évre nagyobb kockázatot jelentő együttesében szükséges meghatározni azokat a beavatkozási pontokat, ahol az éghajlathoz való alkalmazkodás kialakítható. Ehhez a következő fejezetben fejtem ki környezetünk biztonságának alapját az ökoszisztéma-szolgáltatások egymásra épülő komplex rendszerét.

¹² KAISER 2019: 98.

Az ökoszisztéma mint kritikus infrastruktúra és vízgazdálkodási aspektusa

Az ember élettere, a javak, amelyeket használ, elfogyaszt a természeti rendszerek egyensúlyán és megfelelő működésén alapul. A természeti rendszerek elemei és az általuk biztosított javak és szolgáltatások létfontosságúak a jólét fenntartásához, valamint a jövőbeli gazdasági és társadalmi fejlődéshez. A természeti rendszerek – kiterjedtségétől és minőségétől függő – működésének köszönhető a tiszta víz, az élelmiszer, a fa- és rostanyag, a levegő tisztulása, a talaj képződése vagy a beporzás. Nincs két egyforma élőhely, diverzitásukat a természeti rendszeren belüli, illetve az azok közötti kapcsolódások határozzák meg. Társadalmi rendszereink az ökológiai rendszerekbe foglaltan léteznek, akkor is, ha azok nagymérvű átalakításával foglalnak helyet maguknak.

Ha az ökoszisztéma-szolgáltatások és a kritikus (jogszabályi megnevezése szerint: létfontosságú)¹³ infrastruktúrák fogalmi egyezéseit vizsgáljuk, látható, hogy a környezeti állapot fenntartása megjelenik a *Nemzeti Biztonsági Stratégiában* és a kritikus infrastruktúra definíciójában is, ellenben a hangsúly nem egyértelműsíti megfelelően a természetes környezeti rendszerek pótolhatatlan jellegét.

A stratégia megemlíti a globális éghajlat- és környezetváltozást, víz- és levegőszennyezést. Utal rá, hogy biztonsági kockázattal jár a globális éghajlatváltozás, a környezet változása, az egyre szélsőséesebbé váló időjárási anomáliák, a lakosság és az anyagi javak szempontjából fontos nyersanyag- és természeti erőforrások, az egészséges ivóvíz rendelkezésre állása, annak környezetbiztonsági aspektusai.¹⁴ A kritikus infrastruktúrák alatt olyan, egymással összekapcsolódó, interaktív és egymástól kölcsönösen függésben lévő infrastruktúraelemek, létesítmények, szolgáltatások, rendszerek és folyamatok hálózatát értjük, amelyek az ország működése szempontjából létfontosságúak, és érdemi szerepük van egy társadalmilag elvárt minimális szintű jogbiztonság, közbiztonság, nemzetbiztonság, gazdasági működőképesség, közegészségügyi és környezeti állapot fenntartásában.¹⁵

Az ökoszisztéma-szolgáltatások definíciója összetettebb terület. A fogalmat az ökológiai vagy társadalmi rendszerek metszéspontjában helyezik el, azonban a különböző definíciók eltérően súlyozzák azokat. Egyes szerzők az ökoszisztémák ama részeit, állapotait, folyamatait nevezik ökoszisztéma-szolgáltatásnak, amelyek az élet fenntartásához szükségesek. A szolgáltatások meghatározása számos szerzőnél szoros kapcsolatban van az ökoszisztéma-funkciók fogalmával, amely összekötő kapocsként szolgál az ökoszisztéma és az ökoszisztéma-szolgáltatások között. Egyes szerzők a hasznokat is különválasztják a szolgáltatásoktól, és hangsúlyozzák, hogy nem maguk a szolgáltatások jelentik a hasznát, hanem a szolgáltatások igénybevétele jelent hasznát az emberek számára.¹⁶

¹³ 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.

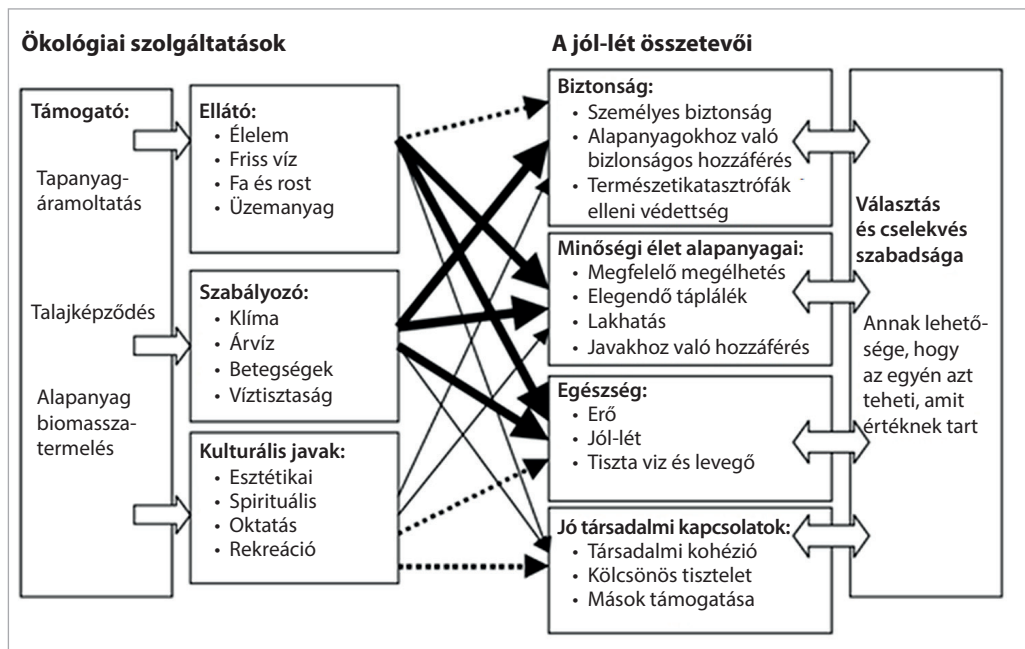
¹⁴ TEKNŐS 2020.

¹⁵ 2080/2008 (VI. 30.) Korm. hat. a kritikus infrastruktúra védelem nemzeti programjáról; 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.

¹⁶ KOVÁCS–KELEMEN–PATAKI 2011.

A jól-lét túlmutatva az anyagi jóléten magába foglalja többek között az egészséget, a biztonságot, a szociális kapcsolatokat, a szabad választás lehetőségét. A szükségleteknek sokkal szélesebb körét öleli fel, mint teszi azt a fogyasztásfókuszú jóléti megközelítés. Ilyen értelemben a természetnek nemcsak azokat a szolgáltatásait értékelhetjük, amelyek a használattal és az anyagi jóléttel vannak szoros összefüggésben, mint például a tiszta víz, az élelmiszer vagy a fűtőanyag. A természetben való feltöltődés eszméi, szociális és kulturális értéke nem monetarizálható, ellenben sokszerű hatást kelthetne a tény, ha nem tudnánk például a Velencei-tónál vagy a Balatonnál üdülni, mert kiszáradt. A természet az életünk alapja fizikai-biológiai és társadalmi-gazdasági értelemben egyaránt, vagyis természet nélkül nincs emberi élet. Ilyen értelemben az összes folyamatot, amely az ökológiai rendszer fenntartásához szükséges, ökoszisztéma-szolgáltatásnak tekinthetjük.¹⁷

A 2001–2005 között zajlott *Felmérés a millenniumi ökoszisztémával kapcsolatban* (*Millennium Ecosystem Assessment*, MEA) ezt a holisztikusabb megközelítést alkalmazta, és megpróbált gyakorlati protokollt alkotni a természeti rendszerek teljes körű értékelésére, figyelembe véve a tájak által nyújtott társadalmi, gazdasági és kulturális szolgáltatásokat is.



1. ábra: Az ökoszisztéma-szolgáltatás szemléleti rendszer felépítése a MEA angol nyelvű eredetije alapján

Megjegyzés: A nyílak vastagsága az ökoszisztéma és az emberi jólét közötti kapcsolat erősségét tükrözi. Vékony nyíl: gyenge kapcsolat; szaggatott nyíl: közepes kapcsolat; vastag nyíl: erős kapcsolat.

Forrás: Millennium Ecosystem Assessment 2005: 13. alapján UNGVÁRI et al. 2012: 3.

¹⁷ Kovács et al, 2011.

A MEA-kutatás legfontosabb eredménye, hogy szintézise egyértelművé tette, az ökoszisztéma-szolgáltatások a társadalmi jólét pillérei, ez utóbbiak tehát a természet által biztosított alapokon nyugszanak függetlenül attól, hogy ezek az alapok pénzben kifejezhetőek-e a jelenlegi ismereteink alapján. A MEA az ökoszisztéma-szolgáltatás négy alapvető típusát különbözteti meg: a támogató, a szabályozó, az ellátó és a kulturális ökoszisztéma-szolgáltatásokat. A MEA-felmérés alapvető hivatkozása az ökoszisztéma-szolgáltatások kutatásainak. Az éghajlat gyors ütemű változásához való alkalmazkodás, amely olyan kritikus területeket érint, mint az ivóvíztisztaság, árvízvédelem vagy az ezekből eredő jóléti biztonsági elemek, mint a természeti katasztrófáktól való védetség a *támogató* ökoszisztéma-szolgáltatások jelenlétével biztosíthatók. A rendszer egy elemének a túlhasználatával (fa, víz, talaj, élőhelyek) a többi elem működésének romlása várható, és így a teljes rendszer gyengülése.

Az anyagforgalmi működés három alapvető élő alkotóelemre tagolódik, a termelők (producensek), fogyasztók (konzumensek) és a lebontók (dekomponálók) közösségére. A folyamatok és a részt vevő elemek mind szorosan kapcsolódnak a vízhez: a biomassza-produkció a víz növényi elpárologtatása révén. A szén körforgása, azaz a szén-dioxid beépülése lényegében ugyanez a folyamat, az a tápanyagáramlás, amely a biomassza-produkciójához szükséges tápanyagokat szállítja. A talajképződés pedig mindezen folyamatok által létrehozott növényi anyag ülepedése – aggregálódása, lebomlása.¹⁸

A vízgazdálkodási alkalmazkodási pont tehát a *támogató*, így *szabályozó* szolgáltatások hangsúlyosabb kezelése, amely közvetlenül fokozza a *jól-lét biztonsági* elemeit (1. ábra). A támogató szolgáltatás nagyobb arányú hasznosítása mind a természetes és az épített környezet rugalmasságának és önvédekező képességének fokozását eredményezi. A gyakorlatban ez integrált szemlélettel, ágazatok közötti együttműködéssel jöhet létre, így nem kizárólag vízügyi beavatkozásokat jelent, mindazonáltal a vízgazdálkodás hatáspotenciálja az egyik legnagyobb, a megjelenő árvíz-, belvíz-, aszálykárokra. A Tisza árterének revitalizációja jelentősen hozzájárulna az országos vízmérleg javulásához.

A kritikus (ökoszisztéma-)rendszerek támogatása, a megelőzés jövőbeni haszna

Az ökoszisztéma állapotának és működésének kritikus infrastruktúrához hasonló jellege miatt az általuk adott és megfelelően felhasznált szolgáltatások szintén kritikus szerepet játszanak az éghajlatváltozásból adódó hidrológiai szélsőségekhez való alkalmazkodásban.

A 20. században lezajlott nagymértékű élőhely-átalakítások többek között a hazai folyók szabályozásával, rövidítésével és kiegyenesítésével, továbbá az árterek átalakításával kívánt nagyobb termőterületet biztosítani az ott lakóknak. Hazánk termőterületének 30%-a korábbi ártereken fekszik és 40–50%-a aszálykockázati besorolású szántó. A gyepek (*wetlands*) által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások korábbi alulértékelése akadályozta az általuk megköthető szén és megtartható víz hasznosítását.

¹⁸ UNGVÁRI et al. 2012.

Egy Pinke Zsolt és társai által 2017-ben publikált vizsgálatban¹⁹ kiszámolták és összehasonlították a fő vizesélőhelyek ökoszisztéma-szolgáltatásainak pénzbeli értékét, a földhasználat jövedelmezőségét és a belvíz-veszélyeztetettségből adódó további termelési költségeket. Kimutatták, hogy:

- a gyümölcsösök és az erdészet sokkal magasabb jövedelmezőséget produkál az egykori vizesélőhelyeken, mint a termőföld-gazdálkodás;
- költséghelyettesítési módszerrel igazolták, hogy a helyreállított ártéri tározókapacitás két helyreállított vizesélőhely esetén m^3 -ként 0,43 euróval volt olcsóbb, mint a Vásárhelyi Terv keretein belül létrehozott tározóké, ami azt jelenti, hogy a helyreállított vizesélőhelyek tározókapacitása az ökológiaiilag optimális 0,5 m-es vízmélységgel helyettesíthetne 2150 €/ha árvízvédelmi beruházási költséget.

Jules N. Pretty és társai 2006-ban 286 esettanulmány elemzésével mutatták ki az erőforrás-megőrző termelési technológiák és gyakorlatok pozitív hatását többek között a nem öntözött területeken termesztett fajták vízhasznosításának nagyarányú javulásával. Olyan módszerek, mint a szántás nélküli (*no till* technológia) növénytermesztés, agroerdészet, az állatállomány integrálása a gazdálkodási rendszerekbe, a hatékony csapadékgazdálkodással visszaállított kiszáradt, degradált területeken mutatták ki az ökoszisztéma-szolgáltatások minőségi változását és az ezáltal elért terményátlag-növekedést is.²⁰

Az egyik legszemléletesebb hazai példa a települési villámárvíz kockázati besorolás alá eső Püspökszilágy település.

A kockázatot nagymértékben csökkentették a település alkalmazkodásával, a biztosító és a támogató ökoszisztéma-szolgáltatás növelésével, a lefolyás lassításával és a vízmegtartással. Püspökszilágy településen az évi átlagos csapadékmennyiség csupán 600 mm körüli. A településen 2-3 évente jelentkező, rekord szintű villámárvízet tapasztaltak az utóbbi 1-2 évtized során, ami korábban nem volt jellemző. Ez jelentős talajlehardashoz vezet és kárt okoz az épületállományban, miközben nyáron a völgyfenék teljesen kiszárad, ami a mezőgazdaságot, az ökoszisztémát és a talajvízkészletet hátrányosan érinti. LIFE program keretében a vízmosásokban fenékküszöb, a Szilágyi-patak árterének egy részén, az árvíz és hordalék befogadására és tárolására alkalmas vizesélőhely és törendszerek kerül kialakításra a vízmegtartó képesség növelése és az aszálykockázat csökkentése érdekében. Ezenkívül közvetlenül a vízgyűjtő rendszer fölött fából készült rönkgát épül a hordalék megfogására.

Eredményként a helyiek és a település vezetőjének nyilatkozatai alapján a megvalósulás befejeztével azonnal tapasztalható volt a villámelöntés levonulásának enyhülése, az ilyenkor előforduló károkat jelentősen csökkentette a rönkgát és a hordalékfogó. A terület monitorozása jelenleg is zajlik.²¹

¹⁹ PINKE–KISS–LŐVEI 2017.

²⁰ PRETTY 2006.

²¹ LIFE-MCACC projekt. [é. n.]

Következtetés, javaslatok

2022 nyarán több európai folyó kiszáradása, ivóvízkrízis és kritikusan csökkenő talajnedvesség-állapot fenyeget Dél- és Közép-Európában.

Az éghajlati és ökológiai válság negatív társadalmi hatásai egymást erősítik, de megfelelő szemlélettel végrehajtott beavatkozásaink pozitív természeti és társadalmi hatások egymást erősítő folyamatai is lehetnének. Ennek a közös szemléletnek egy megközelítésmódja az ökoszisztéma-szolgáltatások koncepciója. Erre a koncepcióra mint integráló szemléletre érdemes tekinteni, amely összekapcsolja a természet jellemzőit és a rájuk épülő társadalmi-gazdasági hasznosításokat, emellett a természetre mint rendszerfolyamatok összességére tekint, és amely kölcsönös kapcsolatban van a társadalmi-gazdasági rendszerrel.

Az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésére tudományos körben leginkább a feljebb már említett *Felmérés a millenniumi ökoszisztémával kapcsolatban* (MEA), a szakpolitikában pedig a nemzetközi klasszifikációs rendszer (*Common Classification System of Ecosystem Services*, CICES)²² terjedt el, de a közgazdasági értékelés kapcsán a *Biodiverzitás és Ökoszisztéma-szolgáltatások Közgazdaságtana* projekt (*The Economics of Biodiversity and Ecosystem Services*, TEEB)²³ felosztása használatos. Fontos megemlíteni, hogy a TEEB által is használt *natural capital accounting* (NCA) vagyis a természeti tőke elszámolása például a GDP hiányosságaira épül. A GDP a gazdasági teljesítménynek ugyanis csak egy részét – a jövedelmet – vizsgálja, de nem mond semmit az e jövedelem alapjául szolgáló vagyonról és eszközökről. Például ha egy ország kiaknázza ásványait, akkor valójában kimeríti a vagyont. Ugyanez vonatkozik a talaj túlzott kihasználására vagy a vízkészletek szennyezésére is.

2022 augusztusában egy pusztító aszályhullám közepén egyértelművé vált, hogy a biokapacitásunkat, alkalmazkodásunk alapját biztosító ökoszisztéma-szolgáltatások kritikus rendszerként nevezése és kezelése nem valóságtól elrugaszkodott elképzelés.

A tájgazdálkodási, településtervezési, mezőgazdasági és vízgazdálkodási ágak körkörrösségi lehetőségeinek feltárása és gyakorlatba emelése a 21. századi igények környezeti és gazdasági kockázatainak megfelelően elvárt. A táj és a terület természetes rendszereinek, teljesítő- és termőképességének támogatásával rövid távon is mérhető eredményei lépéseket követelnek.

A bevezetőben bemutatott jelenlegi állás szerint kissé rendhagyó, mélyadaptáció-koncepció legfőbb mondanivalójának egyik további alátámasztó értelmezése Rebecca Solnit *Paradicsom a pokolban* című könyvének Gagyi-féle elemzése is, amelynek bizonyított alaptétele: „A katasztrófhelyzetek szociológiai vizsgálata és történeti dokumentumai azt mutatják, hogy ilyen helyzetekre az emberek az önzetlen kölcsönös segítség hullámával reagálnak. Ez egyrészt azt jelenti, hogy a katasztrófhelyzetekben szükséges

²² CICES honlap. [é. n.]

²³ *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. 2010.

támogatás nagy részét az áldozatok közvetlenül az ugyancsak érintett társaiktól kapják meg, még mielőtt a hivatalos szervek a helyszínre érnének.”²⁴

Az éghajlati adaptáció egyik első lépéseként érdemes lenne elfogadni, hogy az állami szintű stratégiákkal való útmutatást követően települési, közösségi szintű intézkedések csökkenthetik leginkább az éghajlatkitettséget és adhatnak önfejlődési keretet a jövőre.

Amennyiben a globális felmelegedés a szélsőségek növekedését, az éghajlatváltozás pedig komplex környezeti összeomlást okoz, akkor a kormány szintű megfogalmazásokban az ökoszisztéma mint kritikus infrastruktúra fogalmának bevezetése is megfontolandó, a döntéshozói körökben forgó terminológiából adódó hangsúlyok miatt is.

Felhasznált irodalom

2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.
- 2080/2008 (VI. 30.) Korm. hat. a kritikus infrastruktúra védelem nemzeti programjáról.
- BENDELL, Jem (2021): Deep Adaptation: a Map for Navigating Climate Tragedy. In BENDELL, Jem – READ, Rupert (szerk.): *Deep Adaptation*. Cambridge: Polity Press. 211–223. Online: www.lifeworth.com/deepadaptation.pdf
- BLESZITY János et al. (2016): Műszaki kutatások és hatékony kormányzás. *Hadmérnök*, 11(3), 221–242. Online: http://hadmernok.hu/163_18_bleszity.pdf
- BODA et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. In *Államtudományi Műhelytanulmányok*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 1–23. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/7247>
- DASGUPTA, Partha (2021): *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Abridged Version*. London: HM Treasury. Online: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/957292/Dasgupta_Review_-_Abridged_Version.pdf
- Deep Adaptation*. [wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Adaptation), [é. n.] Online: https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Adaptation
- DUNKEL Zoltán – BOZÓ László – GERESDI István (2018): Az éghajlatváltozás hatására fellépő környezeti változások és természeti veszélyek. *Földrajzi Közlemények*, 142(4), 261–271. Online: <https://doi.org/10.32643/Fk.142.4.1>
- GAGYI Ágnes (2019): Félelem helyett kölcsönös segítség: a katasztrófaszociológia tanulságai a klímaválságra való felkészülésre. *Fordulat*, 25, 237–246. Online: <https://bit.ly/3xDefkL>
- KAISER Tamás szerk. (2019): *Jó állam jelentés*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Kutatásmódszertani és Mérésügyi Iroda. Online: https://joallamjelentes.uni-nke.hu/2019_pages_PDF/Jo_Allam_Jelentes_2019_Elso_Valtozat.pdf
- KISS Livia Benita (2021): Éghajlatváltozás – kockázatkezelés a hazai mezőgazdasági vállalkozásoknál 2012 és 2019 között. In GARAI-FODOR Mónika – VARGA János – CSISZÁRIK KOCSIR Ágnes (szerk.): *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században. Gazdasági kihívások és a megoldások keresése napjaink kritikus változásaira*. Budapest: Óbudai Egyetem, 108–124. Online: https://kgk.uni-obuda.hu/sites/default/files/VF2021/VF2021-2/VF_2021_II._kotet_12.pdf

²⁴ GAGYI 2019: 238.

- KOVÁCS Eszter – KELEMEN Eszter – PATAKI György (2011): Ökoszisztéma szolgáltatások a tudományterületek és a szakpolitikák metszéspontjaiban. *Természetvédelmi Közlemények*, 17. 1–11. Online: www.mbt-biologia.hu/gen/pro/mod/let/let_fajl_megnyitas.php?i_faj_azo=750
- KOVÁCS Eszter et al. (2011): Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma a társadalomkutató szemszögéből. *Magyar Tudomány*, 172(7), 780–787. Online: www.matud.iif.hu/2011/07/03.htm
- LIFE-MCACC projekt [é. n.] Online: https://vizmegtartomegoldasok.bm.hu/hu/nwrm/5_pilotrol_reszletesen
- PINKE Zsolt – KISS Márton – LŐVEI L. Gábor: Developing an Integrated Land Use Planning System on Reclaimed Wetlands of the Hungarian Plain Using Economic Valuation of Ecosystem Services. *Ecosystem Services*, 30, Part B. 299–308. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.007>
- PRETTY, Jules. N. et al. (2006): Resource – Conserving Agriculture Increases Yields In Developing Countries. *Environmental Science & Technology*, 40(4), 1114–1119. Online: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es051670d>
- State of Nature in the EU–Results from Reporting under the Nature Directives 2013–2018. EEA Report No 10/2020 ISSN 1725-9177. Online: www.eea.europa.eu/publications/state-of-nature-in-the-eu-2020
- STERN, Nicholas Herbert (2007): *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press. Online: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf
- TEKNŐS László (2020): *Az éghajlatváltozás és a rendkívüli időjárás hatásaiból adódó katasztrófavédelmi feladatok kockázatalapú megközelítése*. Budapest: Nemzeti Közszerológati Egyetem Közigazgatási Továbbképzési Intézet. Online: <https://bit.ly/3IDiCT8>
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. 2010. Online: <https://bit.ly/3XMV6Hp>
- UNGVÁRI Gábor et al. (2012): *Ökoszisztéma szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján*. Budapest: Műhelytanulmány Regionális Energiagazdálkodási Kutatóközpont. Online: http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/560/1/Ungvari_2012a_rekk.pdf
- YOHE, Gary W. – TOL, Richard S. J. (2008): The Stern Review and the Economics of Climate Change: An Editorial Essay. *Climatic Change*, 89, 231–240. Online: <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9431-z>

A természeti hatások által okozott közlekedési problémák vizsgálata a Dunakanyarban³

A közlekedési hálózat elemei az ország életében és védelmében kiemelt szerepet töltenek be. A hálózat egyes elemein lebonyolított katonai mozgatási-szállítási feladatok teljes körű elláthatósága megköveteli, hogy a közlekedési rendszer még sérülések és zavarok bekövetkezése esetén is el tudja látni a közlekedési igények támasztotta feladatokat. Sérülések és zavarok azonban bármikor előfordulhatnak, amelyeket az emberi tényező mellett sok esetben természeti hatások okoznak. Ilyen hatásként értelmezhető a Dunakanyar fő szállítási útvonalának természet általi sérülése, amikor a heves esőzések hatására a hegyoldalból lezúduló törmelékár zárta el a közlekedési lehetőségeket. Tanulmányunk tudományos alapossággal arra keresi a választ, hogy az ilyen természeti hatások ellen milyen geológiai (talajtani) és közlekedési kritikus infrastruktúra védelmi megoldások alkalmazhatók annak érdekében, hogy egy fontos közlekedési útvonal működőképességét biztosítani lehessen.

Kulcsszavak: közlekedési kritikus infrastruktúra védelem, védelmi célú felkészítés, erózió, Szent Mihály-hegy, törmelékfolyás

Investigation of the Traffic Problems Caused by Natural Influences in the Danube Bend

Transport network elements play a key role in the life and protection of the country. To fully complete the military movement and transport tasks performed on each element of the network it is required that the traffic system is able to meet the transport needs even in the event of damage or disruption. However, disruptions can occur at any time and are often caused by natural influences in addition to the human factor. One such effect is the natural damage to the main transport routes in the Danube Bend, where heavy rainfall caused debris falling that blocked the transport facilities. This study investigates what geological (soil) protection solutions and

¹ Szenior kutató, KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet Nonprofit Kft.; doktori hallgató, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; e-mail: levai.zsolt@kti.hu; ORCID: [0000-0003-2410-1730](https://orcid.org/0000-0003-2410-1730).

² Tudományos segédmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet; doktori hallgató, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; e-mail: szucs-vasarhelyi.nora@atk.hu; ORCID: [0000-0002-7382-0697](https://orcid.org/0000-0002-7382-0697).

³ Jelen publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj, illetve Kooperatív Doktori Program Nemzetvédelmi Alprogram Doktori Hallgatói Ösztöndíj elnevezésű programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

ones for critical transport infrastructure can be applied against such natural impacts in order to ensure the viability of an important route.

Keywords: critical transport infrastructure protection, training for defense purposes, erosion, Mount Saint Michael (Szent Mihály-hegy), debris flow

Bevezetés

A kritikus (jogszabályi megnevezése: létfontosságú)⁴ infrastruktúrák az ország működésségét biztosító hálózatok. Közéjük tartozik a közlekedés, amelynek elemei erekként hálózák be az országot, így biztosítva minden település megközelíthetőségét, illetve a települések között jelentkező helyváltoztatási igények kielégítését. A közlekedési rendszer elemeinek sérülése és kiesése a szükséges helyváltoztatások korlátozása vagy esetleges elmaradása miatt gazdasági és társadalmi károkat okozhat, célzott rombolásuk pedig jelentős emberi áldozatszámmal járhat, így egyes elemeit jogosan tekinthetjük a kritikus infrastruktúrák részének.

A károkozás szempontjából nincs jelentősége a kiváltó oknak, a cél mégis az, hogy ezeket az okokat megtaláljuk, és megtegyük ellenük a lehetséges óvintézkedéseket. A megelőzés fontos részét képezi a kritikus infrastruktúra védelmi folyamatának, különösen, ha a védelem a természeti hatások miatt válik szükségessé, mert azok ismétlődése ugyanazon a helyszínen jóval gyakoribb lehet, mint az emberi cselekedeteké.

Tanulmányunk a Dunakanyarban található Szent Mihály-hegy természeti eróziójából fakadó gyakori közúti, valamint vasúti pályaelzárások okait kutatja, és javaslatokat fogalmaz meg a lehetséges védelmi megoldásokat illetően. A Dunakanyarban futó vasútvonal, azon kívül, hogy jelentős személy- és áruforgalmat bonyolít, védelmi szereppel is bír, ugyanis Ausztria és Szlovákia irányába a Budapest–Győr–Hegyeshalom–Rajka-vasútvonal helyettesítő eleme, így kiesésének az országvédelem szempontjából is van szerepe. A közlekedési rendszerrel szemben megfogalmazott országvédelmi követelmények között megtaláljuk a kritikus infrastruktúra helyettesíthetőségét is.⁵ A Dunakanyar fő közlekedési útvonalán, amely egyszerre gazdasági, társadalmi és védelmi feladatokat is ellát, párhuzamosan több alágazat is halad, így a probléma részletes vizsgálatát indokoltnak tartjuk.

Vizsgálatunkat két szempont szerint végezzük el. Először megvizsgáljuk a törmelék-folyások okait geológiai/talajtani szempontból, majd a pályaelzárások következményeit a kritikusinfrastruktúra-védelem oldaláról. A természeti jelenségek elleni védekezés nehéz, ugyanakkor készülni kell rá. Tanulmányunkban bemutatjuk a védekezés lehetséges módozatait geológiai és védelmi oldalról egyaránt. Vizsgálatainkkal rá szeretnénk irányítani a figyelmet a katonai műszaki tudományok különböző kutatási területei

⁴ 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.

⁵ TÓTH–HELMECZI 2006: 39.

közötti átfedések adta együttműködési lehetőségekre, amelynek segítségével egy fontos, az ország védelmi felkészítésével kapcsolatos problémát oldunk meg.

Publikációnk alapját egy BSc-szakedolgozat képezi,⁶ amely megfelelő alapot ad a probléma felvetésére, ugyanakkor a kérdést lehetőségek híján nem tudományos alaposággal járja körül. Most erre teszünk kísérletet: az első részben elemezzük szélsőséges időjárás hatásait a közlekedési infrastruktúrára, különös tekintettel a vasúti közlekedésre, majd pedig a tényleges problémát vizsgáljuk földtani/talajtani megközelítésből. A valós probléma közlekedési hatásainak vizsgálata után általánosságban foglalkozunk a kritikus közlekedési infrastruktúrák helyettesítési kérdéseivel. A dolgozat végén bemutatjuk a konkrét probléma lehetséges geológiai és védelmi megoldásait.

A Szent Mihály-hegy és környezetének bemutatása

Az általunk vizsgált terület a közép-magyarországi régió északi felén található, a Kárpátok belső vulkáni övezetében lévő Börzsöny hegységhez tartozik, így az Északi-középhegység legnyugatibb tagja (a Visegrádi-hegységgel együtt). A Szent Mihály-hegy Pest megyében, a Börzsönyi-peremhegység kistáj területén fekszik. Az 1. ábrán kékkel jelöltük a vizsgált területet.



1. ábra: A Szent Mihály-hegy elhelyezkedése a Börzsöny hegységben

Forrás: <https://bit.ly/3liY80r> (részlet)

⁶ BOKOR-SZABÓ 2020.

Domborzat

A kistáj domborzatának egyik jellegzetessége a pleisztocén kori periglaciális domborzatalakulás, amelynek a hatására az 500 m tengerszint alatti területeken jellemzően hegylábi lépcsők alakultak ki. A hegyláb felszínek tagoltak, erősen felszabdaltak és erózióveszélyesek. A radiális oldallejtők átlagos egységnyi területre vonatkozó relatív felszíni magasságkülönbség értéke (relatív relief) 151 m/km^2 .⁷

Földtan

Eredetét tekintve a Szent Mihály-hegy a Visegrádi-hegység része, attól az Ős-Duna választotta el. A két terület kőzetanyaga megegyezik, túlnyomó részt vulkanikus eredetű kőzetek (miocén kori andezittufa, agglomerátum) alkotják. A kistáj déli részén, ahol a Szent Mihály-hegy is található, előfordul még lösszel és harmadkori agyagos üledékek egyenetlen eloszlásban borított bádeni lajtmáteszkő, valamint középső-miocén slír.⁸

Éghajlat

A kistáj éghajlata mérsékelt hűvös és mérsékelt nedves. Az évi középhőmérséklet 10°C körül van, ami a vegetációs időszakban $15\text{--}16^\circ\text{C}$ közé emelkedik. A napsütéses órák száma megközelítően 1900 óra/év. Az évi abszolút hőmérsékleti minimum -16°C , a maximum 32°C . Az évi átlagos csapadékmennyiség 712 mm. Télen körülbelül 40 napig borítja hótakaró a tájat, az átlagos maximális hóvastagság 20 cm. A fagymentes időszak 170 napra tehető. A Péczely-féle egyszerűsített ariditási index alapján számítva a terület mérsékelt száraz (az ariditási index $1,1\text{--}1,17$ között van). A jellemző szélirány ÉNy-i.⁹

Vizek

A Börzsönyi-peremhegység vízháztartását több tényező is jelentősen befolyásolja, köztük a magasság, domborzat, kőzetminőség, az uralkodó légáramlatokhoz viszonyított fekvés vagy a kitettség. A vízfolyások bevágódott mederben futnak, vízhozamuk az évi csapadékmennyiségtől és a vízgyűjtők felépítésétől erősen függ.¹⁰

⁷ DÖVÉNYI 2010.

⁸ DÖVÉNYI 2010; KOCSIS 2018; STEFANOVITS–FILEP–FÜLEKY 1999; illetve: www.dunaipoly.hu/hu/barlangleso/remete-barlang-nagymaros

⁹ DÖVÉNYI 2010; BOKOR-SZABÓ 2020.

¹⁰ DÖVÉNYI 2010.

Talajok

A pleisztocén agyaggal és lösszel borított, nagyobb részben andezittufa, kisebb részben mészkő és slír képezi az alapját a peremhegységen képződő talajoknak. Ezeken a talajképző kőzeteken körülbelül 80%-ban agyagbemosódásos barna erdőtalajok (ABET) képződnek. Fizikai féleségüket tekintve ezek vályogtalajok, a terület tagoltsága miatt erősen erodáltak. Az eróziós hatásnak leginkább kitett részeken az ABET helyett köves sziklás váztalajokat, ranker talajokat találunk. A heglábakon a löszborítottság miatt barnaföldek és csernozjom barna erdőtalajok fordulnak elő. Az erózió sújtotta területek vízgazdálkodása nagyon szélsőséges a csekély termőréteg mennyisége miatt.¹¹

Növényzet

A Szent Mihály-hegy két flóraidék határán fekszik, ezért egyedi vegetáció alakult ki rajta. A terület északkeleti irányból határt szab egyes kárpáti és kontinentális faj elterjedésének, míg délnyugat felől a szubmediterrán és nyugat-balkáni populációk elterjedési területe tart eddig. A növényborítás 80%-a melegkedvelő társulásokkal jellemezhető erdő. A sziklás, déli tájolású lejtős területeken, amilyen az általunk is vizsgált Szent Mihály-hegy, azonban már sok szubmediterrán növényfaj is előfordul. A déli lejtőkön a sajmeggyes bokorerdők, melegkedvelő tölgyesek, illetve az árvalányhajas lejtősztyepppek a jellemző társulások, míg a lágyszárúak közül megtalálható itt például a hosszúfűzérű harangvirág (*Campanula macrostachya*), a magyar perje (*Poa pannonica subsp. scabra*), a leánykökörccsin (*Pulsatilla grandis*), a hosszúlevelű árvalányhaj (*Stipa tirsia*). A Szent Mihály-hegy egyedi jellegzetessége az endemikus magyarföldi husáng (*Ferula sadleriana*) a pirosló hunyor (*Helleborus purpurascens*) és a dudafürt (*Colutea arborescens*). A hegy lábánál az emberi tevékenység hatására megjelent többek között az akác (*Robinia pseudoacacia*), az erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) és a szelídgesztenye (*Castanea sativa*).¹²

Természetvédelem

A Szent Mihály-hegy a Duna–Ipoly Nemzeti Park területén fekszik, az Országos Ökológiai Hálózat egyik úgynevezett magterülete, és a különleges madárvédelmi, illetve a különleges természetmegőrzési terület (Natura 2000-es területek) besorolást is megkapta, így mindenképpen kiemelt figyelmet érdemel.¹³

¹¹ DÖVÉNYI 2010; KOCSIS 2018; STEFANOVITS–FILEP–FÜLEKY 1999.

¹² DÖVÉNYI 2010; KOCSIS 2018; HORTOBÁGYI–SIMON 2000.

¹³ KOCSIS 2018.

Egyes természeti események hatásai a magyarországi közlekedési infrastruktúrára

A közlekedési infrastruktúrák pályaelemei a szabadban helyezkednek el, ezért a természet viszontagságainak kitéttek. Ez egyrészt közvetlen hatást jelent, vagyis amikor a pályák egyes elemeit éri időjárási hatás, továbbá közvetett, amikor a természeti esemény következtében más terepelemeket ér közvetlen hatás, de azok sérülése (például a lejtős tömegmozgás) a közlekedési pályák működésére is kihat. A közlekedési pálya általában mindkét esetben sérül, vagy üzeme ellehetetlenül, így az adott útvonalat helyettesíteni kell.

Magyarországon az országos katasztrófakockázat-értékelési dokumentum¹⁴ szerint a természeti események közül: 1. a szélsőséges időjárás; 2. a vizek kártételei; továbbá 3. a földtani kockázatok lehetnek hatással a közlekedési pályákra. A szélsőséges időjárási eseményeket is tovább bonthatjuk a következők szerint: 1. nagy mennyiségű csapadék hirtelen lezúdulása; 2. viharos vagy orkán erejű szél ($> 90 \text{ km/h}$); 3. extrém hideg ($< -25^\circ\text{C}$) vagy extrém meleg ($> +40^\circ\text{C}$) hőmérsékletek, hideg-, illetve hőhullámok.¹⁵

A vizek kártételei közé sorolhatjuk az árvizeket és a belvizeket, a földtani kockázatok közé pedig a földrengéseket, földcsuszamlásokat, talajeróziót, illetve a tömegmozgásokat. Cikkünk témája szerint a talajerózióval és a tömegmozgásokkal foglalkozunk részletesebben.

Talajerózió

A talajképződés folyamatait, illetve a talajok fejlődését negatívan befolyásolhatják bizonyos környezeti hatások.¹⁶

A talajromlás (talajdegradáció) a talaj egészségi állapotának olyan negatív irányú megváltozása, amelynek hatására az többé egyáltalán nem, vagy csak korlátozottan képes ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújtani. A talajdegradáció több formája ismeretes, úgymint:¹⁷

- vízerózió;
- szélérozió;
- kémiai degradáció;
- fizikai degradáció.

A talajeróziót vagy talajpusztulást előidéző tényezők vizsgálatakor különbséget kell tennünk az antropogén behatás miatt kialakuló erózió és a természetes folyamatok eredményeként létrejött talajpusztulás között. Az általunk vizsgált esetben környezeti hatás által kiváltott talajerózió okozza a kártételt. A természetes talajerózió, a talajnak a fel-

¹⁴ Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékeléséről szóló jelentése 2020.

¹⁵ TEKNŐS–ENDRŐDI 2014.

¹⁶ STEFANOVITS–FILEP–FÜLEKY 1999.

¹⁷ Global Symposium On Soil Erosion 15-17 May 2019 – Rome, Italy Outcome Document. 2019.

színen lefolyó víz vagy szél által kiváltott eróziója. A vízerózió a talaj felső rétegének, de extrém esetben a teljes termőrétegnek a megsemmisülését eredményezheti. Az erózió mértékét nagyban befolyásolja a csapadék mennyisége és intenzitása, valamint a domborzati adottságok.¹⁸

Tömegmozgások

Tömegmozgásnak az olyan felszínformáló folyamatokat nevezzük, amely során szállítóközeg nélkül, a nehézségi erő hatására a talaj, kőzettörmelék vagy egyéb anyag (például növényi maradvány) mozog. Típusait tekintve az alábbiakat különböztetjük meg:

- beszakadás vagy roskadás (talajsüllyedés);
- lejtős tömegmozgások;
 - omlás,
 - csuszamlás,
 - kúszás,
 - folyás.

A lejtős tömegmozgások a gravitációs erő által generált nyírófeszültség hatására alakulnak ki. Mozgás akkor indul el, amikor a nyírófeszültség mértéke nagyobb lesz a nyírószilárdságénál. A lejtős tömegmozgásokat az agyagtartalom, kohézió, lejtőszög és a talaj víztartalma egyaránt befolyásolja.¹⁹

Problémafeltárás

Ebben a fejezetben a talajmozgások által okozott problémákat vizsgáljuk geológiai és kritikusinfrastruktúra-védelmi oldalról.

A Szent Mihály-hegyen keletkezett eróziós térszín kialakulásának okai

A talajpusztulás okait kutatva meg kell vizsgálnunk az eróziót kiváltó és befolyásoló tényezőket egyaránt. A kiváltó tényezők közé soroljuk a csapadék- és a lejtőhatásokat. A csapadékviszonyokon belül a pusztító hatást a cseppnagyság, az eső hevéssége, az időtartam, a hó mennyisége és az olvadás ideje egyformán eredményezheti, illetve befolyásolhatja. A lejtőviszonyokat vizsgálva figyelembe kell vennünk a terület meredekségét, a lejtő hosszát és alakját, valamint a kitettséget. A megfelelő műszaki megoldások kidolgozásához, a befolyásoló tényezők közül pedig érdemes figyelmet fordítani a talaj

¹⁸ STEFANOVITS–FILEP–FÜLEKY 1999; KOCSIS 2018.

¹⁹ FÖLDESSY 2011.

nedvességi állapotára, vízgazdálkodására, szerkezetére, a talajfelszín érdességére, valamint a növényborítottság mértékére.²⁰

A lejtős területeken zajló tömegmozgások lehetnek lassúak (például kúszás), vagy bekövetkezhetnek hirtelen, valamilyen külső hatás eredményeként. A hirtelen bekövetkező ilyen események komoly veszélyforrások lehetnek, hiszen rendszertelenül jelentkeznek, és méretüktől függően veszélyeztethetik az emberi életet, valamint komoly kártétellel járhatnak együtt.

A lejtős tömegmozgások kiváltó okai:

- lejtő anyagának vízzel telítődése (intenzív eső, hirtelen hóolvadás, fagyott talaj gyors ütemű felmelegedése);
- rezgés (földrengés/vulkánkitörés/antropogén hatás);
- mállott közettörmelék térfogatváltozása;
- lejtőszög megváltozása;
- növényzet eltávolítása;
- emberi tevékenység (terhelés, mérnöki létesítmények, települések stb.).

A lejtős tömegmozgásokat elsődlegesen befolyásoló tényezők a lejtőszög, az agyagtartalom, a kohézió és a víztartalom lehetnek.

Lejtőszög

A lejtőt borító anyagra a gravitációs erő (F_g) az anyag szilárdsága és a kohéziója ellenében hat. A nehézségi erő a lehetséges csúszófelületre merőleges normál erőre (F_n) és az azzal párhuzamos tangenciális (nyíró-) erőre (F_t) bontható, amelyeknek az aránya (F_t/F_n) a lejtőszög növekedésével változik és az anyag mozgásának irányában hat. A lejtőre ható normál és nyíróerő egyaránt feszültséget generál a csúszófelületen (A). A tömegmozgás kialakulását a nyírófeszültség idézi elő (amely arányos a nyíróerővel) és a nyírószilárdság gátolja.

A nyírófeszültség (τ) és a normálfeszültség (σ) kiszámítása az alábbi képletekkel lehetséges:

$$\tau = \frac{F_t}{A} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{F_n}{A} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \quad (2)$$

²⁰ STEFANOVITS–FILEP–FÜLEKY 1999.

Agyagtartalom

A lejtők stabilitását erősen befolyásolja a kőzet/talaj agyagtartalma és az agyagásványok tulajdonságai. Egy nagy esőzést követően a lemezes szerkezetű agyagásványok struktúrája metastabillá válhat, aminek hatására megváltozik kőzet/talaj állaga (konzisztenciája). A konzisztencia az anyag nyírószilárdságát meghatározó egyik tulajdonsága.

Kohézió

A kohézió az anyag elemi részecskéit összetartó erő, amely az anyag elmozdulása ellenében hat. A kohézió és a nyírószilárdság közötti összefüggés a Coulomb-egyenlet alapján meghatározható.

$$\tau = c + \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

ahol:

τ : nyírószilárdság

c : kohézió

σ : normálfeszültség

$\operatorname{tg} \varphi$: a belső súrlódási együttható (φ a belső súrlódási szög, a lehetséges csúszófelület vízszintessel bezárt szöge)

Víztartalom

A kőzet és a talaj pórusaiban víz (és levegő) van, ami úgynevezett pórusvíznyomást (u) generál az anyagban, ezáltal befolyásolva a kohéziót. A pórusvíznyomás a talajvíztükör felett negatív, alatta pedig pozitív. A pozitív pórusvíznyomás eredményezheti az anyag megcsúszását, ugyanis a talajvíztükör alatt a pórusvíz megszünteti a felületi feszültséget és felhajtóerőt fejt ki a szemcsékre. A pórusvíznyomás a talajvízoszlop magasságától (m) függ, ami talajvízkút létesítését követően mérhető. A pórusvíznyomás az alábbi egyenlettel számítható ki:²¹

$$u = \rho \cdot g \cdot h, \quad (4)$$

ahol:

ρ : a víz sűrűsége.

²¹ FÖLDESSY 2011.

A probléma megközelítése a közlekedési kritikus infrastruktúrák rendszere felől

Egy ország gazdaságának működéséhez elengedhetetlen a megfelelő közlekedési rendszer rendelkezésre állása. Ugyanez mondható el az országvédelem megszervezésekor is. A közlekedési infrastruktúra biztosítja a felmerülő szállítási igények, mozgatási feladatok kielégítését. Az infrastruktúrának vannak olyan elemei, amelyek kiesése jelentősen megakaszthatja ezeket a folyamatokat, mert adott helyen a pótlás (helyettesítés) vagy a működőképesség helyreállítása jelentős erőforrásokat igényel, illetve hosszabb ideig tarthat. Az ilyen, létfontosságú rendszerelemek esetében már normál időszakban vizsgálni kell a sérülés, kiesés esetén a forgalmi áramlatok levezetésének, illetve levezethetőségének módzatait. Szászi Gábor doktori értekezésében meghatározta a működőképesség biztosításának lehetőségeit, amelyek többek között:²²

- az irányítási információs rendszer biztonságának növelése;
- a túlélőképességet növelő műszaki megoldások alkalmazása;
- a helyettesíthetőség feltételeinek megteremtése, amelyek az alábbiak lehetnek:
 - más alágazatra történő áttérítés;
 - alternatív útvonalak biztosítása;
 - mobil hídszerkezetek rendszerbe állítása, üzemeltetési feltételeinek megteremtése.

Szászi Gábor csak a vasúti alágazatra határozta meg ezeket a feladatokat, ugyanakkor ezek a közúti közlekedési rendszerre is alkalmazhatók. Dolgozatunk szempontjából mindkét alágazat vizsgálata szükséges, mert a vasúti és a közúti pálya közvetlenül egymás mellett halad a Dunakanyarban. A geológiai problémát jelentő talajerózió így mindkét infrastruktúrát közvetlenül veszélyezteti, a lezúduló föld és sár képes egyszerre mindkét pályát elzárni, így a Dunakanyar közlekedését ellehetetleníteni. E mellett, miután a közút szomszédságában közkedvelt kerékpárút is halad, így a kerékpáros forgalom sem biztosítható az említett útszakaszon.

Vizsgálati módszerek és megállapítások

Az előző pontban ismertetett problémát kétfelől vizsgáltuk meg. Talajtani és geológiai szempontból vizsgáltuk az erózió mérséklésének lehetőségeit, kritikus infrastruktúra védelmi szempontból pedig a Szászi Gábor által definiált vizsgálatot folytattuk le.

Talajtan, geológia

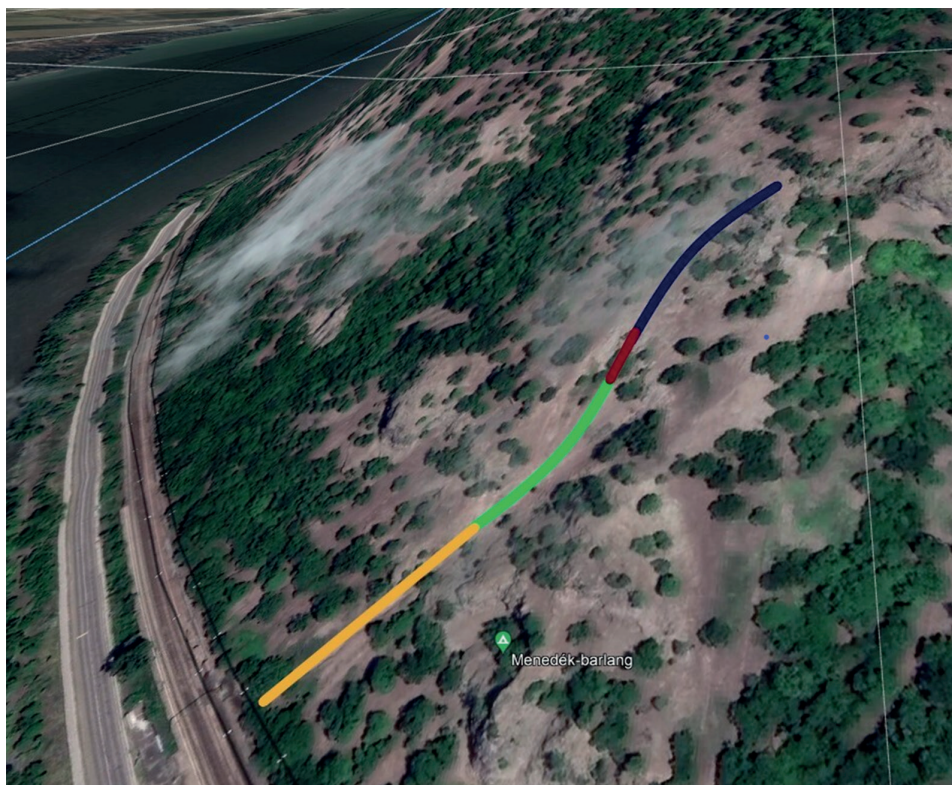
A *Problémafeltárás* című részben bemutatott jellemzők mentén elemző vizsgálatokat végeztünk, hogy megfelelő műszaki megoldási javaslatokat tehessünk az erózió megál-

²² SZÁSZI 2013.

lítására. A megállapítások megfogalmazásánál csak azokat a tényezőket tárgyaljuk meg, amelyek jelentős szerepet játszanak az általunk vizsgált területen kialakult talajpusztulási folyamatokban. A kiváltó, illetve a befolyásoló tényezőket és ezeknek a hatásait vizsgálva, valamint a talajképző folyamatokkal való szoros kapcsolatrendszerre kitérve az alábbi megállapításokat tesszük.

A hegyoldalt komplex, egymást erősítő környezeti és antropogén hatások érik, ami végső soron talajpusztuláshoz vezet.

A lehulló csapadék mennyisége mellett ennek hevéssége és tartóssága az egyik meghatározó tényezője az erózióknak. Ez a hatás azért alakulhatott ki a területen, mert a lejtő talajának vízbefogadó képessége nem elegendő a lehulló csapadékmennyiség elvezetésére így egy intenzívebb esőt követően felületi lefolyás képződik. Az eróziós hatást erősíti, hogy a Szent Mihály-hegy délnyugati domboldala az erősen lejtős/meredek lejtő lejtőkategóriába tartozik, amely a nagy mennyiségű csapadék miatt kialakuló felületi lefolyás energiáját megnövelve több talajrészt képes elszállítani, ezáltal pedig fokozza a víz pusztító hatását. Mivel ezeken a lejtőkategóriákon a legerősebb a víz romboló hatása, ezért a felületi rétegerózió mellett itt megfigyelhető a vízmosásos erózió és a barázdás erózió.



2. ábra: A vizsgált terület lejtőformái és az inflexiós sáv: domború (kék), homorú (zöld), egyenes (sárga), inflexiós sáv (piros)

Forrás: Google Earth Pro

A másik eróziót okozó meghatározó tényező a talaj szerkezete és a talajképző kőzet típusa. A Börzsönyi-peremhegység egészére, így a Szent Mihály-hegyre is főként a vulkanikus kőzet jellemző, amely az erózióknak ellenáll ugyan, de sok helyen erózióra érzékeny lösszel borított. A löszvályogon alakult ABET-talajon pedig már gyenge és közepes erózió esetén is hamar kialakul a barázdás eróziós forma. A talajpusztulás előrehaladásával, azaz miután az erózió elszállította az egyes talajszinteket, a felszínre kerül a talajképző kőzet. Ezek a kritikus területeken, ahol már ilyen mértékben erodálódott a felszín, a köves, sziklás váztalaj a jellemző. Ezen a talajtípuson pont a felszín folyamatos változása miatt az alapkőzet aprózódása és mállása nem tud olyan szintig eljutni, hogy azon megtelepedhessenek a növények, ami segíthetne a további erózió megállításában.

A területen megfigyelhető erózió harmadik kiváltó oka az érintett lejtő hossza és alakja. A domboldal délnyugati lejtője több mint 150 m hosszú. A lejtő alakja összetett, azaz az egyenes, domború, illetve homorú lejtőalakzatok váltják egymást. Az általunk vizsgált lejtőn megfigyelhető a lejtőalakok egy gyakori formája, az úgynevezett S alakú lejtő. A felső szakaszon domború lejtőt egy alacsonyabban fekvő, homorú lejtő váltja fel. A kettő határán inflexiós sáv van. A 2. ábrán látható, hogy az erózió az inflexiós sávban kezdődött el, és hosszú távon felfelé halad.

A lejtő délnyugati tájolása miatt az erózió szempontjából erősítő hatást fejt ki a nap-sugárzás. A besugárzás a déli lejtőkön nagyobb mértékű, ami a talajt jobban felmelegíti és kiszárítja. A száraz talajt érő esőcseppek pedig könnyebben károsítják a talaj aggregátumait, ezáltal szerkezetromlást eredményezve. A kialakuló szerkezetromlás, majd beiszapolódás pedig növeli a felületi lefolyást, ami végső soron fokozza az eróziót.²³

A lejtőt borító anyag a nagy mennyiségű vízfelvétel hatására képlékennyé válik és lamináris vagy turbulens áramlással mozog lefelé a lejtőn. A lejtős tömegmozgások közül az általunk vizsgált területen a törmelékfolyás jelensége a jellemző. A mozgás sebessége széles tartományban változhat, és akár a 20–40 km/h sebességet is elérheti.²⁴

Kritikusinfrastruktúra-védelem

A meghatározott szempontok szerint összehasonlító és analitikus vizsgálatokkal állapítottuk meg a helyettesíthetőség lehetőségeit, illetve szakirodalmi elemzéssel kerestünk megoldásokat a túlélőképesség növelését elősegítő műszaki megoldásokra és az irányítási rendszer fejlesztésére. Vizsgálatunk alapján az alábbi megállapításokat tesszük.

A vasúthálózat szempontjából vizsgálatunk a 70. sz. Budapest – Szob oh.²⁵-vasútvonal Vác–Szob szakaszára irányul. E szakasz vasúti helyettesítése nehézségekbe ütközik. A menetrendi szerkezetet²⁶ elemezve megállapítottuk, hogy a vonal forgalma három

²³ STEFANOVITS–FILEP–FÜLEKY 1999.

²⁴ FÖLDESSY 2011.

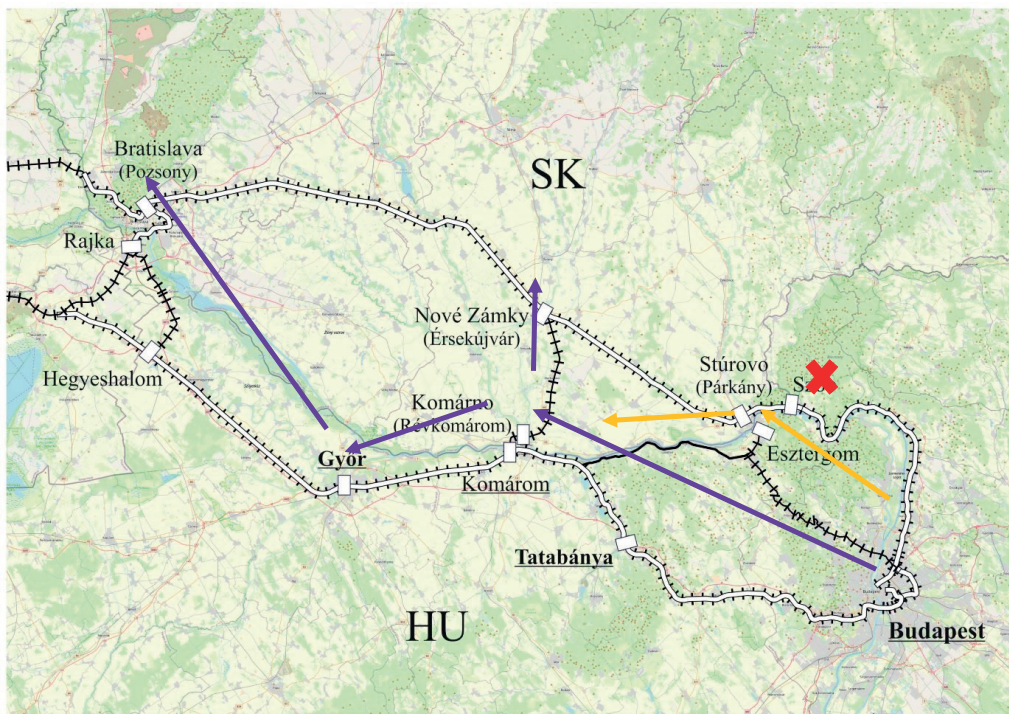
²⁵ oh.: országhatár, nemzetközi vonalak esetében a vonal magyarországi végpontja.

²⁶ A menetrendek elérhetősége: https://www2.vpe.hu/menetrendi_abrak/2021_2022_eves_potlolasos;www.mavcsopot.hu/sites/default/files/upload/page/70_v1119.pdf

pilléren nyugszik: 1. a belföldi elővárosi személyszállítás; 2. a nemzetközi személyszállítás; 3. a nemzetközi áruszállítás.

Közülük legerősebb a belföldi személyszállítás, a vonatok ütemes menetrendi struktúrában közlekednek, 60 perces alapütem szerint. A nemzetközi személyszállító vonatok Szlovákia, Csehország, Németország és Lengyelország irányába közlekednek, alapvetően 120 perces alapütem szerint. A tehervonatok száma alacsonyabb a személyszállító vonatokénál és nem ütemes rendben közlekednek, vagyis a menetvonalak²⁷ a megrendelői igényeket követik, és így felelnek meg az üzemi lehetőségeknek. A tehervonati menetvonalak döntő többsége nemzetközi menetvonal, csak néhány belföldi menetvonal található a menetrendábrában.²⁸ Vizsgálni kell tehát a belföldi és a nemzetközi helyettesíthetőséget is.

A vasúti hálózat szempontjából a belföldi helyettesíthetőség nem megoldható. A 3. ábrán jól látható, hogy nincs a közelben másik vasútvonal, amelyekre az elővárosi forgalom ráterelhető lenne. A Vác–Szob-vonal kiesése esetén a vasúti helyettesíthetőség egyértelműen a más alágazatra való terelést jelenti.



3. ábra: A Budapest – Szob oh.-vasútvonal helyettesíthetősége

Forrás: KTI-adatbázis alapján a szerzők szerkesztése

²⁷ Menetvonal: a vasútvonal kapacitásából a megrendelésre jogosult által lefoglalt kapacitáshányad.

²⁸ Menetrendábra: a megrendelt vagy felajánlott menetvonalakat vasútvonalanként tartalmazó út-idő grafikon.

Nemzetközi forgalomban már rendelkezésre állnak kerülő útirányok, azonban minden esetben szükséges a szlovák partner hozzájárulása, ugyanis a terelés a szlovákiai vasúti forgalmat is érinti. A térképen látható, hogy a helyettesítő útvonalak (lila nyilak) a MÁV 1 sz. fővonalán haladnak és két határátmenetben csatlakoznak a szlovák hálózathoz. A Komárom–Révkomárom (Komárno) átmenet igénybevételekor az útvonal a következőképpen alakul: Budapest–Tatabánya–Komárom–Révkomárom–Érsekújvár (Nové Zámky). Ebben az esetben a szlovák hálózaton a vonatok nem érintik Párkány (Štúrovo) állomást, amely jelentős személyszállítási és áruforgalmi csomópont. A szlovák partnerek számára szükséges lehet a nemzetközi személyszállító vonatok Párkány–Érsekújvár-szakaszának pótlására, illetve a tehervonatok esetében operatív elegytovábbítási intézkedések bevezetésére. A másik útvonal a Rajka–Oroszvár (Rusovce) átmenetet használva Pozsonyban csatlakozik a fővonalhoz, így jelentős kerülőt jelentve a szlovák szakaszon is. Az útvonal: Budapest–Tatabánya–Győr–Rajka–Oroszvár–Pozsony. Ebben az esetben már a Párkány–Pozsony-szakaszon szükséges a nemzetközi személyvonatok szlovákiai pótlása, illetve ugyanúgy szükségesek az elegytovábbítási intézkedések. Az útvonalak előnye, hogy végig 25 kV 50 Hz rendszerrel villamosítottak, így nem szükséges külön (másik áramrendszerű) vontatójármű felhasználása. Hátrányuk, hogy a szlovák szakaszok egyvágányúak, ezáltal kapacitásuk alacsonyabb.

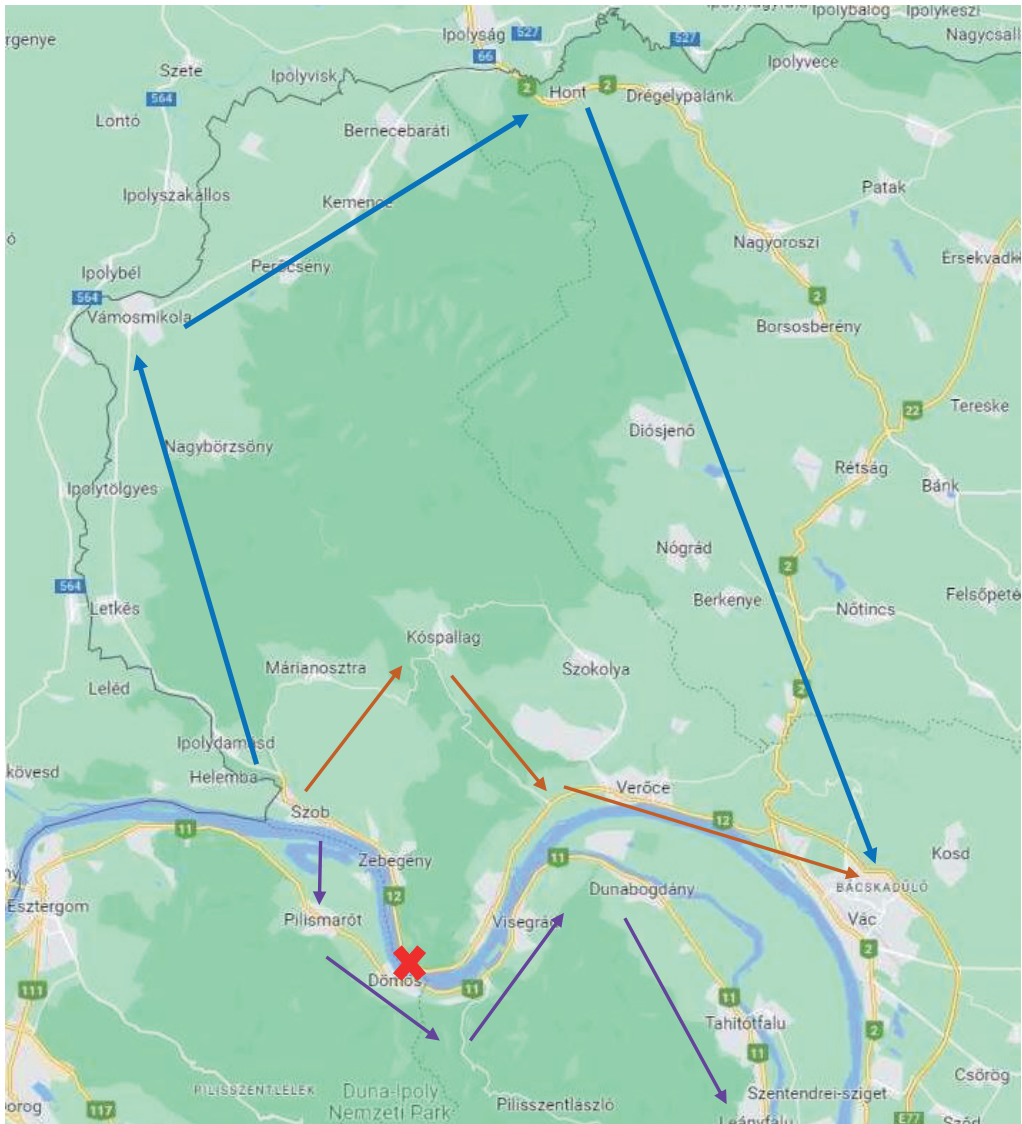
A térképen (3. ábra) feltüntetett Budapest–Esztergom–vasútvonalak (narancssárga nyilak) kapacitása elégtelen a Budapest–Szob-vasútvonal forgalmának levezetésére (részben egyvágányú és nem villamosított pálya, állomástávolságú közlekedési renddel).²⁹

A közút esetében a 12-es út pótlása kétszámjegyű úttal nem oldható meg (4. ábra). A Szent Mihály-hegy elkerülhető a 12106 és 12108 sz. utakon a Kismaros–Kóspalag–Márianosztra–Szob útvonalon (barna nyilak). Ez a kerülő 6 km többletet jelent (16,5, illetve 22,5 km), ugyanakkor az utak minősége alacsonyabb, illetve kialakításuk már inkább hegyvidéki jellegű, sok hajtókanyarral és emiatti sebességkorlátozással. Az útvonaltervező alkalmazás³⁰ szerint a 6 km-es kerülő 13 perc menetidő-növekedést eredményez (17, illetve 30 perc), amely 56%-kal több az eredeti menetidőnél. A közút helyettesítését vizsgálva további két kerülési lehetőség adódik:

1. Szob – révátkelés – Pilismarót – 11-es út – Szentendre – Budapest, Göncz Árpád városközpont metróállomás (54 km, 72 perc, lila nyilak)
2. Szob – Letkés – Vámosmikola – Hont – 2/M2-es út Budapest, Göncz Árpád városközpont metróállomás (122 km, 102 perc, kék nyilak)

²⁹ A követő vonat csak az elől haladó vonat következő állomásra történő megérkezése után indítható. A legalacsonyabb átbocsátóképességet biztosító közlekedési rend.

³⁰ Lásd: [google.com/maps](https://www.google.com/maps) (mérés időpontja: 2021. 12. 25.).



4. ábra: A 12-es út kerülő útirányai

Forrás: google.com/maps alapján a szerzők szerkesztése

Összehasonlítva az alapesetrel, a 12-es út – M2 autópályát – Budapest, Göncz Árpád városközpont metróállomás útvonallal (56 km, 56 perc) látható, hogy a Börzsöny megkerülése (2. eset) jelentős többlet km és menetidő, éppen ezért nem reális alternatíva, míg a 11-es út felé (1. eset) az útvonal rövidebb ugyan, de a menetidő hosszabb, és a komp sem közlekedik egész évben, illetve további várakozás merülhet fel a rév menetrend szerinti indulására várva.

Visszatérve a vasúti személyszállítás közúti pótlására megállapíthatjuk, hogy a kerülő útirányok jelentősen megnövelik az utasok eljutási idejét. A vonatok rövidített útvonalon Budapest és Nagymaros között közlekedhetnek, a zebegényi és szobi utasok átszállása a vonatpótló autóbuszra Verőce állomáson lehetséges. A busz menetideje Szobig 50 perc, Zebegényig 58 perc, míg a vonat menetideje Verőcétől Zebegényig 18, Szobig 24 perc. Látható, hogy még a legrövidebb távolságú buszpótlás is 26–40 perccel növeli meg az eljutási időt.

Szükségmegoldásként jelentkezett a vonatok vízi úton, hajóval történő pótlása Szob és Nagymaros között. A hajók a két város közötti utat, figyelembe véve a kikötési szabályokat, völgymenetben 30 perc, hegymenetben 40 perc alatt teszik meg, ami elvben megfelelő megoldás lehet a 14 perces vonatút minimális többletidejű pótlására, ugyanakkor az egyes vonatok pótlásához szükséges 100–150 férőhely és ennek megfelelően a szükséges jármű darabszám nehezen biztosítható, illetve a szélsőséges időjárás okozta alacsony vízállás sem minden esetben teszi lehetővé a hajók közlekedését. A hajóval való személyszállítási pótlás továbbra is csak végső szükségmegoldásként vehető figyelembe.

Megoldási javaslatok

A megoldási javaslatokat is geológiai és kritikusinfrastruktúra-védelmi szempontok alapján tesszük meg.

Talajtani/geológiai megoldások

A hegyoldal stabilizálása érdekében komplex megoldásban kell gondolkozni, mivel az eróziót és az ebből kifolyólag bekövetkezett törmelékfolyásokat kiváltó okok is összetettek. A megfelelő megoldás kidolgozásához egyrészt csökkenteni kell a kiváltó tényezők hatását, másrészt a befolyásoló tényezőket irányítottan kell megváltoztatni, hogy mérséklődjön az erózió kialakulásának valószínűsége.

A csapadék mennyiségét és intenzitását, esetünkben az egyik fő kiváltó okát az erózió kialakulásának, nem befolyásolhatjuk, viszont a tervezésnél – figyelembe véve és megfelelő vízelvezetésről gondoskodva – megelőzhető a felszíni lefolyás kialakulása. A lejtő stabilizálásakor drénezés³¹ alkalmazásával elősegíthetjük a felületen elfolyó víz elvezetését.

Az egyenes alsó és az enyhén domború felső lejtőszakasz felszíne georács alkalmazásával megerősíthető. A georács lefektetésével párhuzamosan javasoljuk a biotechnikai stabilizálásban rejlő lehetőségek kihasználását. Ennek során a telepített növényzet gyökérzete hosszú távon segít stabilizálni a lejtőt és lassítja a víz áramlási sebességét. A megfelelően megválasztott növények telepítése (figyelve, hogy sekélyen és mélyen gyökerező növényeket egyaránt ültessünk) az ökológiai egyensúlyhoz is jobban hozzá-

³¹ Talajcsövezés: magas vízállású területek víztelenítése a talajban elhelyezett lyukacsos vízelvezető csövek segítségével.

járul, mint más műszaki megoldások, továbbá védi a felszínt a besugárzástól és a talajaggregátumokat a csapadék üté hatásától.

A lejtő aljánál és a homorú szakasz kezdeténél gabionok³² elhelyezését javasoljuk a lejtő megtámasztása céljából. A homorú szakasznál a gabionok felhasználásával terasz kialakítását javasoljuk, amely csökkentené a lejtőszöget, így a felszínen elfolyó víz energiáját.³³

A terület erózióinak leginkább kitett részére vonatkozóan, a fent leírt beruházás kivitelezési költségét ~0,5 Mrd Ft-ra becsüljük.

Fontos azonban megjegyeznünk, hogy az általunk javasolt műszaki megoldások szakirodalmi kutatás és analízis eredményeként, a terepen vagy laboratóriumban elvégzett műszeres mérések nélkül fogalmazódtak meg. A területen elvégezni kívánt bármilyen megelőzést, kockázat-csökkentést célzó beavatkozás megkezdése előtt alapos mérnök-geológiai vizsgálatokat szükséges elvégezni. A végrehajtani kívánt műszaki beruházás alapját mindenképpen méréseken alapuló tervezés kell hogy megelőzze.

Megoldások a közlekedési infrastruktúra védelmére

A közlekedési infrastruktúra helyettesítésénél megállapítottuk, hogy vasúti pótlás csak nemzetközi forgalomban értelmezhető, belföldi forgalomban csak a más alágazatra terelés jöhet szóba. Ugyanakkor a közúti helyettesíthetőség vizsgálatánál bemutattuk, hogy a buszpótlás duplájára növeli az eljutási időt, illetve a buszokkal a hegyi jellegű utakon nem egyszerű a közlekedés. Mindez azt sugallja, hogy az infrastruktúra működőképességének biztosítása leginkább a túlélőképességet biztosító műszaki megoldások keresésében rejlik. Ezért ebben a pontban megvizsgáljuk a szakirodalmat, hogy milyen megoldásokat javasol az ilyen jellegű veszélyek ellen, és bemutatjuk egy valós megoldás adaptációját a veszélyeztetett szakaszon.

Első megoldásként egy új alagút létesítése jöhet szóba, amely a minimális úthosszon furja át a Börzsöny hegységet Verőce és Szob között (körülbelül 11 km). Ez a megoldás csak részben elégíti ki a szállítási igényeket. A gazdaság és az országvédelem igényeit megoldja, mert a nemzetközi vonatok részére biztosítja a határ elérhetőségét a hegyomlás veszélyének elkerülésével, így kielégíti azt az országvédelmi követelményt, hogy a határok gyorsan és biztonságban elérhetők legyenek. További közlekedési előny, hogy az így elérhető magasabb (160 km/h) sebesség jelentősen, mintegy 15 perccel lerövidíti az országhatárig tartó vonatutat, amely nemzetközi forgalomban versenyképesség-növelő beruházás, ugyanakkor az új vonalszakaszt belföldi vonatok nem tudják használni. Az így kialakuló kapacitástöbbletet nem lehetne kellőképpen kihasználni sem az új, sem a régi pályán, ami vélhetően az igen magas költségek (400–500 Mrd Ft)³⁴ miatt kérdésessé teszi a beruházás szükségességét.

³² Terméskövel töltött drótfonat vagy drótkosár.

³³ STEFANOVITS–FILEP–FÜLEKY 1999

³⁴ SZABÓ-BOKOR 2020: 33.

A legnagyobb utasforgalmi elővárosi vonatok továbbra is a régi pályán közlekednének, így a legtöbb utas számára a veszély továbbra is fennáll, hogy a hegyről leömlő sárlavina elzárja a vasúti pályát. Ezen túl az alagút építésének magas költsége miatt megtérülése hosszú időt vesz igénybe. Továbbá ez a megoldás csak a vasúti pályát védené, a közút kiesése továbbra is nyitott kérdés maradna.

Olyan műszaki megoldás javasolható tehát, amely egyszerre nyújt védelmet a vasút, a közút és a kerékpáros forgalom számára. Ilyen megoldás lehet a kritikus szakaszon megépített, hegyhez csatlakozó galéria, amely védelmet nyújt a lezúduló törmelékektől, ugyanakkor csak kevésbé zavarja a csodálatos panorámát. A galériaműtárgy megépítésének egyik nehézsége, hogy a vasút és a közút között körülbelül 3 méter szinteltérés van, illetve a két pályatest között növényzet is található (5. ábra). További műszaki kérdés a galéria tetejéről a törmelék elhordása.



5. ábra: Szintkülönbség a Budapest – Szob oh.- vasútvonal és a 12 sz. út között

Forrás: google.com/maps

Alapvetően két megoldás lehetséges ennek kivitelezésére. Az első, amikor a galériát úgy alakítjuk ki, hogy a teteje a Duna irányába lejtessen. Ez esetben a sár és kötőrmelék egyenesen a Dunába esik, így az eltávolítással nem kell külön foglalkozni. Ehhez mindenképpen szükséges a galéria kiépítése a Dunáig, viszont ekkor az ártérbe is kell építkezni, így jelentős többletbeton felhasználása szükséges, amely egyrészt megemeli a költségeket, másrészt a táj flórájába és faunájába is beavatkozik. A megoldás közlekedési nehézsége, hogy ezen a szakaszon található a dömösi révátkelés, és a folyóba hulló kődarabok veszélyeztethetik a hajóforgalmat és a kikötő biztonságát is.

A második megoldás, hogy a galéria tetejét „V” alakban alakítjuk ki, így a legördülő törmelék nem esik le, hanem a tetőn marad. Ebben az esetben meg kell tisztítani

a tetőszerkezetet és elvezetni a csapadékvizet. A víz elvezetése az erózió miatt mindenképpen szükséges, a tisztítás a folyamatosan rakódó törmelék egyre nagyobb tömege miatt válik szükségessé. Miután a galéria a vasúti és a közúti pályát is befedi, azokról nem megoldható a törmelék elszállítása. A művelet elvégezhetőségéhez a tisztító- és szállítóeszközöket fel kell juttatni a galéria tetejére, és számukra közlekedési lehetőséget kell biztosítani. Ebből következően a pusztán V alak nem alkalmazható, mert a tisztítást végző eszközök a dőlt felületen nem tudnak stabilan megállni a művelet végrehajtásához. Ezért javasoljuk, hogy a galéria tetőszerkezete fordított gyökjel ∇ formájú legyen, ahol a vízszintes felületen kialakítható a műszaki út. Ezt úgy kell méretezni, hogy a lezúduló kömennyiség elférjen a vályatban, és ne repüljön ki a műszaki útra, megakadályozva a tisztító egységek működését. Ennek elérése érdekében a galériára felvezető utat kell kialakítani, amely miatt szükséges a kerékpárút lesüllyesztése a szintbeni keresztezés elkerülése érdekében. A galéria kiépítésének költsége körülbelül 100 Mrd Ft.³⁵

Összegzés

A Dunakanyar természeti szépségei miatt közkedvelt turistacélpont, illetve egyben a budapesti agglomeráció része is. Ezek miatt a térséget sokan keresik fel egész évben, illetve az ingázó forgalom is jelentős. Az idelátogatók és az itt élők életét nehezíti meg a heves esőzések után a Szent Mihály-hegyen kialakuló kő- és sárfolyás, amely eltorlaszolja a térség közlekedését biztosító 12-es utat és a Budapest–Szob-vasútvonalat. A természeti hatás okozta forgalomkiesés akár több hónapos is lehet, addig a közúti, illetve leginkább a vasúti pálya nem használható. Az emiatt szükséges kerülő útirányok használata a közlekedés költségeit – beleértve az externális költségeket is – megnövelik.

Az utóbbi időszakban sajnálatos módon egyre többször fordul elő e természeti károkozás, amely az országhatárok gyors megközelíthetőségének korlátozása révén országvédelmi kérdéseket is felvet. Magyarország védelmi felkészítése megköveteli, hogy az egyes fő közlekedési útvonalak ellenállóbbak legyenek az emberi és természeti rombolásokkal szemben.³⁶

Ennek jegyében fontosnak tartjuk, hogy az egyre gyakrabban előforduló természeti hatásra megfelelő válaszokat tudjunk adni. Vizsgálatunk ezért kétrétű volt: egyrészt vizsgáltuk a hegy természeti adottságait annak érdekében, hogy a törmelékfolyások kiváltó okait megtalálhassuk és megelőzhetőségükre adekvát válaszokat adhassunk, másrészt a közlekedési alágazat tekintetében vizsgáltuk a védelmi célú felkészítés egyik alappilléreinek számító helyettesíthetőségi lehetőségeket, illetve a pályák elzáródását megelőző műszaki védelmi megoldásokat.

Vizsgálataink eredményeképp megállapítottuk, hogy talajtani szempontból drénezéssel, georácsok kihelyezésével, megfelelő talajfogó képességű növények ültetésével, gabionok építésével csökkenthető a talajmozgások kialakulásának veszélye. A közlekedés

³⁵ BOKOR-SZABÓ 2020: 37. becslésének felhasználásával.

³⁶ BODA et al. 2016.

területén a pótlás nehézségei rámutattak arra, hogy elsősorban a nagyobb biztonságot nyújtó műszaki megoldások, mint az alagút és a galéria építése jelenthetik a megoldást. Az alagút alacsonyabb hasznossága és magasabb költsége leginkább a galériaműtárgy kiépítése felé terelik a műszaki megoldást. Ennek műszaki kialakítására tettünk javaslatot.

Cikkünkben bemutattuk, hogy a katonai műszaki tudományok két kutatási területének milyen együttműködése lehetséges egy valós probléma feltárása és megoldása során. Az általunk megfogalmazott javaslatok a gyakorlatban hasznosíthatók, amelyekkel a Dunakanyar lakói, turistái, valamint Magyarország gazdasága és honvédelmi rendszere is jól járhat.

Felhasznált irodalom

2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.

BODA József et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. 2016. In *Államtudományi Műhelytanulmányok*. 16, 1–23. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem.

BOKOR-SZABÓ Anikó (2020): *A Szent Mihály-hegy eróziója okozta közlekedési krízishelyzet komplex megoldási lehetősége a Dunakanyarban*. Győr: Széchenyi István Egyetem Építész-, Építő és Közlekedésmérnöki Kar.

DÖVÉNYI Zoltán szerk. (2010): *Magyarország kistájainak katasztere*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet.

FÖLDESSY János (2011): *Környezetföldtan*. Veszprém: Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet. *Global Symposium On Soil Erosion 15-17 May 2019. Rome, Italy Outcome Document* (2019) Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Online: www.fao.org/ca5697en/ca5697en.pdf

HORTOBÁGYI Tibor – SIMON Tibor szerk. (2000): *Növényföldrajz, társulástan és ökológia*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó.

KOCSIS Károly (2018): *Magyarország Nemzeti Atlasza – Természeti környezet*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet.

Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékeléséről szóló jelentése (2020). Budapest. Online: www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2020-12/73162.pdf

MyHome decoratex 2020. Online: <https://myhome-hu.decoratex.biz/obustrojstvo/georeshetka-dlya-ukrepleniya-sklonov>

Remete-barlang (Nagymaros) [é. n.]. Online: www.dunaipoly.hu/hu/barlangleso/remete-barlang-nagymaros

STEFANOVITS Pál – FILEP György – FÜLEKY György: *Talajtan*. Budapest: Mezőgazda.

SZÁSZI Gábor (2013): *A vasúti hálózati infrastruktúrával szemben támasztott újszerű védelmi követelmények kutatása, a továbbfejlesztés feltételrendszerének vizsgálata*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem. <https://doi.org/10.17625/NKE.2014.028>

TEKNŐS László – ENDRÓDI István (2014): A szélsőséges időjárás hatása a magyarországi közlekedési rendszerekre – kiemelten a közút és vasút alágazatokra. In HORVÁTH Attila – BÁNYÁSZ Péter – ORBÓK Ákos (szerk.): *Fejezetek a létfontosságú közlekedési rendszerelemek védelmének aktuális kérdéseiről*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem. 83–100.

A természeti hatások által okozott közlekedési problémák vizsgálata a Dunakanyarban

TÓTH Bálint – HELMECZI Gusztáv (2006): Védelmi követelmények a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium közlekedési szakterületén. *Katonai Logisztika*, 14(2), 37–55.

VPE Kft. menetrendábrák. Online: https://www2.vpe.hu/menetrendi_abrak/2021_2022_eves_potlolasos

Vákát

Telemedicinális fejlesztési lehetőségek a harctéri egészségügyi ellátásban

Korunk hibrid hadviselése és az aszimmetrikus háborúk jellege megváltoztatta a háborúról alkotott képünket. A digitalizáció okozta technikai fejlődés vívmányai, illetve a telemedicina folyamatos térnyerése hatékonyan felhasználhatók lennének olyan kompakt megoldásokhoz, amelyek a harctéren eredményesebben segíthetnének a katonák életét megóvni.

Kulcsszavak: hibrid hadviselés, aszimmetrikus háború, digitalizáció, telemedicina, egészségügyi vezetési pont

Telemedicinal Development Possibilities of the Battleground Medical Care

The idea of warfare has been changed due to nowadays' hybrid warfare and the asymmetric style of wars. The technological achievements caused by digitalization and the spread of telemedicine could be effectively used for such compact solutions that could protect human resources more sufficiently on the war field.

Keywords: hybrid warfare, asymmetric war, digitalization, telemedicine, health management tactical operations centre

Bevezetés

A 21. század beköszöntével a klasszikus értelemben vett háborúk jellege komoly változáson ment át. A teoretikusok szerint a fejlett nyugati országok területén csökkent az esélye a hagyományos hadszínterek kialakulásának, sok esetben inkább a nehezen definiálható hadszínterek jelentek meg. Kijelenthetjük, hogy napjainkra az aszimmetrikus hadviselés vált jellemzővé, emellett a világ számos pontján, különösen a válságövezetekben, a terrorista cselekmények elkövetésének esélye sem csökkent. Az aszimmetrikus hadviselés fogalmának megértéséhez Resperger István definícióját idézem:

¹ Telephelyvezető, Magyar Honvédség Egészségügyi Központ Csapat- és Foglalkozás-egészségügyi Intézet, Anyagellátó Raktárbázis; doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; e-mail: mark.matusz@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3768-1079.

„Pontosan körvonalazott politikai célok érdekében folytatott, gyakran több szervezet ideológiai, vallási, etnikai közösségén alapuló katonai és nem katonai műveleteket, eljárásokat és módszereket alkalmazó, közvetlen és közvetett hatásokra építő és egymás hatásait felerősítő, a biztonság különböző dimenzióinak területét veszélyeztető harcmodor, főként harcászati eljárás, amellyel rákényszeríthetjük akaratunkat az ellenségre.”²

A hibrid hadviselés sajátos eszközeit is alkalmazzák a napjainkban is zajló orosz–ukrán háború során is. A fogalom meghatározásához Kiss Álmos Péter vonatkozó cikkéből idézek:

„Kényszerítő és felforgató tevékenységek, valamint hagyományos és nem hagyományos módszerek (például katonai, diplomáciai, gazdasági, technológiai) egyvelege, amelyeket állami vagy nem állami szereplők összehangolt módon használhatnak fel bizonyos célok elérése érdekében úgy, hogy eközben a hivatalosan deklarált hadviselés szintje alatt maradnak. A hangsúly általában a célállam sebezhető pontjainak kihasználásán, valamint egy olyan, nem egyértelmű helyzet megteremtésén van, aminek célja a döntéshozatali folyamatok hátráltatása. A hibrid fenyegetések eszközei lehetnek erőteljes félretájékoztatási kampányok is, amelyek során a szociális médiát használják fel a politikai narratíva befolyásolása vagy közvetítő szereplők radikalizálása, toborzása és irányítása céljából.”³

Nyilvánvaló, hogy mind a két fogalom esetében az agressziót aprólékos pontossággal megtervező és elkövető ország visszaél a fejlett országok hagyományosan lassú döntési mechanizmusaival, illetve arra törekszik, hogy a konfliktus során végrehajtott műveleteinek eredménye és hatása a válaszlépésre képes hatalmak vagy katonai szövetség beavatkozási ingerküszöbe alatt maradjon. Ez azonban nem zárja ki a harcérintkezések során történő súlyos sérüléseket, illetve esetleges haláleseteket, amelyek demoralizáló hatása éppen az agresszor politikai céljainak elérését segíti. Legyen szó akár egy frissen stabilizálódó békeművelési misszióról vagy megfigyelői szerepkörrel, az élőerő, a kiképzett katona életének védelme, továbbá a harci morál megtartása a hadvezetés számára kiemelt fontosságú. A művelési területen feladatot teljesítő állomány biztonsági szempontból jellemzően – viszonylagos – kiszolgáltatott állapotban tevékenykedik a bevetés helyszínén. Kiemelten fontos a feladatot végrehajtó katonák életének védelmét a kor legmagasabb technikai színvonalán megtervezni, tehát a speciális helyzetek, speciális egészségügyi ellátási koncepciót, egészségügyi előretervezést igényelnek. Egy katona elvesztése esetében az életének felbecsülhetetlenségén túl – racionálisan megközelítve – nemcsak a kiképzésére fordított idő, hanem a befektetett adóforintok is elvesznek.

A világ vezető demokratikus országait a megváltozott hadviselési formák, a biztonsági környezet átalakulása új kihívásként érte: teljesen új hadviselési elveket kell kidolgozni és alkalmazni, teljesen új szituációkhoz kell nagy gyorsasággal alkalmazkodni.

Felmerül a kérdés, hogy komoly kockázat nélkül, az egyéni harcászati fejlesztések bevezetésével meddig lehet várni. Ennek sürgető igényét már 2008-ban jelezte Gácsér Zoltán: „Napjaink katonai műveleteiben az egyéni képességnövelő eszközök és rendszerek nagyobb túlélési esélyt biztosítanak a katonáknak a harctéren, ugyanakkor a jelenlegi egyéni felszerelésük, ruházatuk az új kihívásoknak megfelelően jelentős korszerűsítést

² RESPERGER 2014: 23.

³ KISS 2019.

igényel.”⁴ Egyre sürgetőbb, hogy a jelenlegi biztonsági környezetet fenyegető potenciális veszélyforrásokhoz minél előbb igazodjon a katona egyéni felszerelése, a kiképzések tematikája és az élet védelme érdekében az egészségügyi biztosítás is.

Annak érdekében, hogy a fenti állítást igazoljam, tanulmányomban bemutatok egy harcászati feladatok támogatására szolgáló, telemedicinán alapuló egészségügyi modellt, amellyel véleményem szerint a jelenleginél hatékonyabban lehetne az élőerőt megóvni, és döntéstámogató elemként segítheti a harctéri parancsnokot. Bemutatom a digitalizációt mint katalizáló jelenséget, és vázolom fontosságát az egészségügyi fejlesztésekben. Bemutatom továbbá a telemedicinát, valamint kiemelem fontosságát egyes lehetőségeinek demonstrálásával. Végül bemutatom a telemedicinára épülő egészségügyi modellem elméletét és hasznosítási lehetőségeit.

Digitalizáció

Korunkban egy, az ipari forradalom jelenségéhez és fontosságához hasonlítható változás zajlik egyes elektronikus eszközök fejlesztése terén. Világunkban analóg jelek vesznek körbe minket: az autós forgalom haladása mellettünk, a gépkocsik zúgása, dudálásuk, a nap sütése, a szél fújása, a hozzánk beszélő kollégáink vagy éppenséggel a szívünk dobogása – a sort a végtelenségig folytathatnánk. A minket „körül ölelő” környezetünk például fény- és hangingerei vagy hanghatásai, mind-mind komoly és hasznosítható információtartalomú jelenséggé válhatnak, amennyiben egy eszközzel számszerűsítjük őket, azaz digitális módra váltjuk. Megfelelő eszközzel az így képzett adatokhoz hozzáférő személy az adott területen lépéselőnyhöz képes jutni: egy alaphelyzetben nehezen felbecsülhető tényből (például milyen erősen süt a nap) adatot tud képezni. Az adat ugyanis már alkalmas összehasonlításra, tehát, a példát folytatva, a napsugárzás erősségét mérő adatból a személy könnyen levonja a következtetést és el tudja dönteni, hogy az egészsége védelméért szüksége van-e fényvédő krém alkalmazására, vagy sem.

A digitalizáció tehát a minket körülvevő világ ingereinek feldolgozása, hasznosítása és egyértelműsítése, objektív, informatív adatok kinyerése, végső soron döntéstámogatás céljából. Megvalósulása egyenes arányban hozza magával a hatékonyság növelését is, hiszen a személy számára lerövidül az az időszak, amíg a döntéshez szükséges információkat beszerzi, összehasonlítja és értékeli.

A hozzáférhető információk egyre bővülő világában, ahol annyi a minket körülvevő inger, hogy azok összességének azonnali és valós idejű feldolgozása már nem megoldható, megjelentek azok a számítógépek, amelyek bonyolult algoritmusokat alkalmazva életünk és napi tevékenységeink sarokköveiből generált adatokat számunkra hasznosítható információvá tudják konvertálni. Ezt a folyamatot hálózati alapon végzik, akár naplózva is szokásainkat, tevékenységeinket, velünk és egymással is „kommunikálva”. E működési mód kialakulását többek között a biztonságra, a kényelemre és a gyors, akár azonnali információkra törekvő emberi igény generálta.

⁴ GÁCSEI 2008.

A digitalizáció fontossága az egészségügyi fejlesztésekben

Az egészségügyben végrehajtott tevékenységek az egészségtudományi fogalomtár alapján az alábbi kategóriákra oszthatók fel. „Az egészségügyi tevékenység az egészség védelmét, a betegségek megelőzését, a gyógyítást, a fájdalom és a szenvedés csökkentését, az ápolást, a gondozást vagy az egészségügyi rehabilitációt szolgáló tevékenység.”⁵

Ahogy látjuk, a fenti kategorizálás alapján az a cél, hogy az egyénre ható környezeti hatások vagy az egyén életfunkcióinak mérési eredményeit a megfelelő eszközökkel adattá alakíthassuk annak érdekében, hogy az információk első lépésben objektív mércebe helyezve beazonosíthatók legyenek, majd a megfelelő adekvát beavatkozás – a megelőzés vagy a gyógyulás érdekében – megtörténhessen. Megelőzés esetén a környezet esetleges káros hatásainak, például a foglalkozás-egészségügyi és munkavédelmi megközelítésben az expozíciók felismerése és a megfelelő védőeszköz meghatározása; gyógyítás és rehabilitáció esetén az életfunkciók pontos méréséből a megfelelő terápiás terv meghatározásáig.

A digitalizáció hatalmas lendületet adott az egészségügyi fejlesztéseknek, és a további fejlődéshez is nélkülözhetetlen, hiszen a megfelelő terápia kidolgozásához kiemelt fontosságú, hogy például egy megváltozott életfunkciókkal rendelkező személy esetében a diszfunkcióról, illetve anomáliáról minél pontosabb leképezett adat keletkezzen. Amint ez a célkitűzés teljesül, további lehetséges fejlesztési irányként az adatok megfelelő helyen tárolásával (például felhő), illetve eljuttatásával kell a rendelkezésre álló technikai eszközrendszernek foglalkoznia. Így jutunk el a telemedicinához.

Telemedicina

A telemedicinát – az egyik legáltalánosabb definíciója alapján – olyan strukturált egészségügyi szolgáltatásként lehet jellemezni, ahol az ellátásban részesülő és az ellátást nyújtó személy közvetlenül nem találkozik, a kapcsolat valamilyen távoli adatátviteli rendszeren keresztül jön létre.⁶ A telemedicina definíciójához a kapcsolat lehetséges fajtáinak felsorolása is hozzá tartozik, így megkülönböztethetünk:

1. Távkonzílium/szupervízió, ahol a diagnózis kialakításába, a kezelés menetébe kommunikációs eszközökön keresztül távoli orvos/szakszemélyzet is bevonható.
2. Távdiagnosztika esetében a diagnózis alapját adó vizsgálat végzője és a diagnózis felállítója (a lelet készítője) térben elválik egymástól, de interaktív kapcsolatban vannak.
3. Távfelügyelet/telemonitoring az az eset, amikor az egészségügyi szakszemélyzet jelenlétét a betegnél lévő/őt figyelő jelfogók (detektorok) és jeltovábbítók pótolják.

⁵ Egészségügyi tevékenység. Állami Egészségügyi Ellátó Központ (ÁEEK) Egészségtudományi Fogalomtár.

⁶ Telemedicina. Állami Egészségügyi Ellátó Központ (ÁEEK) Egészségtudományi Fogalomtár.

4. Távmanipuláció, amikor a vizsgálatot vagy beavatkozást végző személy távérzékenyekre támaszkodva távolról vezérli (végzi) az interakciót igénylő vizsgálatot (például endoszkópia) vagy beavatkozást (például videóvezérlés mellett robottal vagy távvezérlésre alkalmas eszközzel végzett távmanipuláció).⁷

Az egészségügy fejlődésének a koronavírus-járvány hatalmas lökést adott, hiszen a telemedicina elterjedését kényszerből katalizálta, annak bevezetése és működtetése érdekében több jogszabályt [rendelet minimumfeltételei: 60/2003. (X. 20.) Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium rendelet módosítása, illetve egészségügyi szolgáltatás elszámolása: 9/2012. (II. 28.) Nemzeti Erőforrás Minisztérium rendelet módosítása] is módosítottak.

Az egészségügyi ellátás terén, meghatározott esetekben – a megfelelő szakmai és tárgyi feltételek teljesülése esetén – a megváltozott jogszabályi környezet lehetővé teszi a telemedicinális ellátást, amennyiben az ellátás sajátosságai és orvosszakmai megítélése ezt megengedi. A fenti kijelentés tartalma: internetalapon, valós időben, videókapcsolaton keresztül történő betegellátás, többek között az alábbi kiemelt feladatok területén:

- a beteg egészségi állapotának szakmai megítélése;
- előszűrés végrehajtása távkonzultáció formájában, amelynek célja a személyes találkozón alapuló ellátás szükségességének és az egészségi állapot súlyosságának megítélése;
- diagnózis, terápiás javaslat felállítása távkonzultáció keretében, illetve távmonitoring távdiagnosztikai eszközzel, távkonzílium szervezése;
- telefonos, online vagy más formában megvalósított tanácsadás, konzultáció;
- a beteg állapotának követése és diagnózis felállítása távmonitoring-eszközökkel, valamint egyéb infokommunikációs technológiák révén hozzáférhető információk alapján.⁸

Megállapítható, hogy a járvány okozta fertőzésveszély csökkentése érdekében engedélyezett telemedicinális ellátási lehetőségek – ellenőrzött keretek között – hatékonyan tovább bővítették az egészségügyi ellátás formáit. Előnyként említhető, hogy az ellátásnak e formája sikeresen hidalja át a távolságokat, lehetővé válik, hogy sokkal hatékonyabb időgazdálkodással a beteg részére jóval szélesebb ellátási spektrumot biztosítsunk. Továbbá nem mellékes nyereség, hogy a személyes jelenlét hiányában a rendelések sokkal költséghatékonyabbak, illetve a rendelés ideje és lefolytatása könnyebben átstrukturálható.

A telemedicinális szolgáltatások bővülésével (távmonitorozás, távgyógyítás) adódik a lehetőség és egyben kérdés, hogy ezen funkciók akár veszélyesebb és komplexebb, azaz harctéri körülmények között is kipróbálhatóak-e, ahol az élet megőrzése és védelme miatt még nagyobb a tét.

⁷ FEJES 2016.

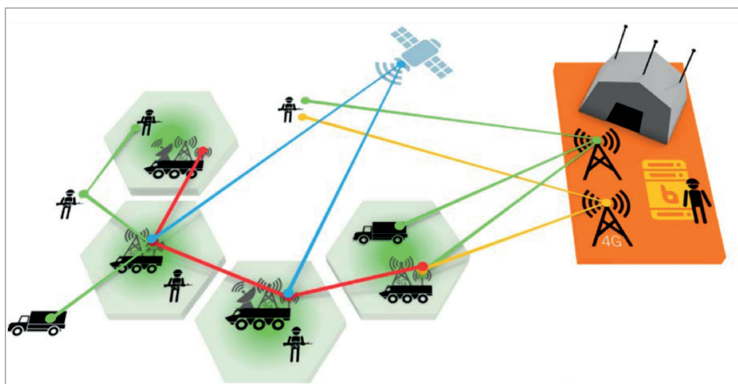
⁸ A kormány kihirdette a távkonzultáció jogszabályi lehetőségeit 2020.

Harctéri telemedicinális egészségügyi támogatás, az egészségügyi vezetési pont

A digitalizációs forradalom hozzásegítette az emberiséget az eddig technikai akadályok miatt meg nem valósított innovációk gyakorlatba ültetéséhez. A védelmi szektorban is új lendületet kapott az egyéni védelem- és képességnövelő eszközök fejlesztése. Elektronikai, felderítő és kommunikációs felszerelések robbanásszerű fejlődése és alkalmazása indult el:

- hálózatalapú személyi információs és kommunikációs eszközök (például testhőmérséklet- és pulzusmérő szenzorok, sisakkamera, GPS [Global Positioning System – Globális Helymeghatározó Rendszer] navigációs eszköz; GSM [Global System for Mobile Communication – globális mobil kommunikációs rendszer]), modem duplex kommunikációs lehetőség hanggal és folyamatos videókapcsolattal is;
- közvetlen döntéstámogató, illetve vezetési rendszerek (tabletalapú, alkaron viselhető, kisméretű kijelző, amely alegysége elhelyezkedéséről térképpel tájékoztatja az alegységparancsnokot [Automatic Soldier Tracking System, ASTS], és folyamatos, valós idejű kapcsolatot biztosít a hadműveleti szinttel).

A Német Szövetségi Védelmi Minisztérium 2020 márciusában napvilágot látott jelentésében⁹ közzétett ábra továbbgondolása ihlette a jelenlegi koncepcióm elméleti hátterét. (1. ábra)



1. ábra: Digitalizációs szárazföldi műveletek (D-LBO)

Forrás: Zweiter Bericht zur Digitalen Transformation des Geschäftsbereichs des Bundesministeriums der Verteidigung 2020: 20.

Miért ne lehetne kidolgozni a fejlett országok fegyveres erőinek harceszközeibe jelenleg integrált, a digitális, hálózatba integrált vezetés eszközeinek képessége egészségügyi

⁹ Zweiter Bericht zur Digitalen Transformation des Geschäftsbereichs des Bundesministeriums der Verteidigung 2020: 20.

vonatkozásainak elméletét is? A következőkben egy ilyen elméleti modell bemutatására teszünk kísérletet.

Jelen korban a modern haderők vonatkozásában harcászati szinten követendő modell lett a kisebb létszámú alegységek (raj-, szakasszint) digitális alapon, akár 4G/LTE/5G hálózatot is igénybe véve, GPS-szel történő vezetése, nyomon követése. Harcászati és hadműveleti szinten is megjelent a valós idejű információáramlás igénye, amelybe beletartozik a katona életfunkcióinak valós idejű monitorozása is. Kóródi Gyulát idézve: „El kell fogadnunk azt az alapvetést, hogy napjaink digitális harcmezéjének legértékesebb szereplője az ember, mert a katona életét pénzben kifejezni nem tudjuk, ellentétben bármilyen technikai eszközzel.”¹⁰

A 2. ábra a katona fiziológiai jellemzőinek figyelemmel kísérésére írt program kijelző képét mutatja be, amely meglepően teljes képet ad a katona harcképességét veszélyeztető biológiai tényezőkről. A monitoron leolvasható a katona testhőmérséklete és hidratáltsága, amely paraméterek szélsőséges időjárású műveleti területen kiemelt fontosságú adatok lehetnek. A program felvilágosítást tud nyújtani a katona anyagcseréjének hatékonyságáról, véroxigénszintjéről, valamint a pulzusszámáról. A monitorról a külső környezet jellemzői (hőmérséklet, páratartalom, szél átlagos és maximális sebessége, napsugárzás intenzitása) egyaránt leolvashatók. A program a katona aktuális kognitív képességeit összesíti (például az előző napi alvás időtartamát is rögzíti), amely a fenti részletezett adatokkal összefüggésben mind-mind befolyásolja az aktuális teljesítményt, azaz a harcképességet. Egyes újabb fejlesztések a folyamatos agyi aktivitás monitorozását és lehetséges integrálását tűzték ki célul a katona rohamsisakjába.¹¹

A *DefenseReview* védelmi-technológiai online hírportál még 2016-ban beszámolt a DryWired Defense cég NanoArmor Advanced Rifle Plates szén nanocső technológiával és védő nanobevonat technológiával készült termékeiről. Mindkettőt a 2016-os *Special Operations Forces Industry Conference* (SOFIC) kiállításon mutatták be. A DryWired Emotiv Insight 5 csatorna/érzékelő és Epc+ 14 csatorna/érzékelő könnyű mobil vezeték nélküli EEG (elektroencefalogram) *brainwear* fejhallgatórendszerek a nagy sebességű, alacsony ellenállású agyhullám monitorozására szolgálnak.

Az eszköz főbb műszaki jellemzői:

- 5 csatorna: AF3, AF4, T7, T8, Pz;
- 2 referencia: In the CMS/DRL zajszűrő konfiguráció.

Jelfelbontás:

- adatátviteli sebesség: csatornánként 128 minta másodpercenként;
- minimális feszültségfelbontás: 0,51µV legkisebb szignifikáns bit;
- frekvenciaválasz: 1–43 Hz.

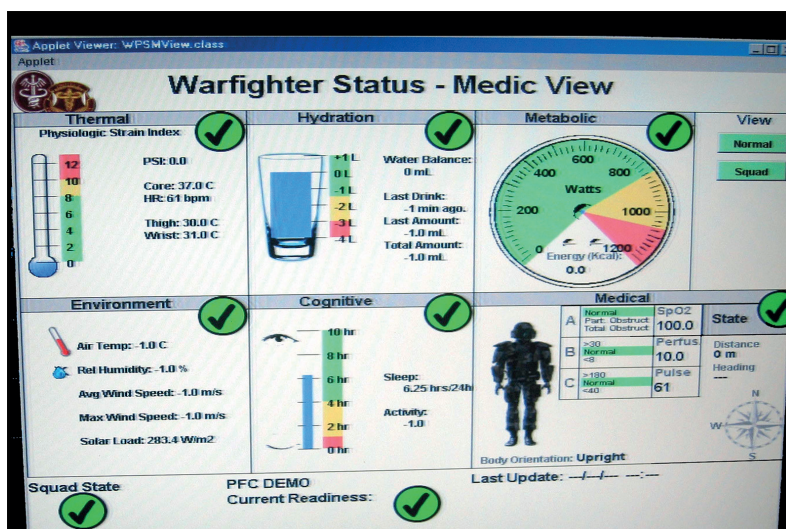
Kapcsolódás:

¹⁰ KÓRÓDI 2016.

¹¹ CRANE 2017.

- Wireless: Bluetooth 4.0 LE;
- szabadalmaztatott, vezeték nélküli 2,4 GHz sáv EMOTIV USB vevőtartozék megvásárlásával, tápegység a nem BTLE-kompatibilis eszközökhöz való csatlakoztatáshoz;
- akkumulátor: Internal Lithium Polymer battery 480 mAh;
- akkumulátor-élettartam: 4 óra minimális üzemidő.

Amennyiben a koncepció beválik, a közeljövőben különböző mintázatok elmentésével egy kiértékelőalgorithmus segítségével képesek lehetünk felismerni akár a harcéri sokk mintázatát, vagy akár a koronavírus-fertőzés korai megjelenését is.¹²



2. ábra: A Future Warrior program keretében bemutatott képernyőkép, amelynek segítségével az orvos figyelemmel kísérheti egy katona egészségi állapotát anélkül, hogy fizikailag látná őt

Forrás: www.defense.gov/Multimedia/Photos/igphoto/2001084234/

A katona testén meghatározott helyeken szenzorok érzékelik a környezet hatását, és testműködésének sajátosságait. A szenzorok egyik csoportja a környezet tulajdonságait méri (hőmérséklet, napsütés, páratartalom, hanghatások erőssége stb.), míg a másik csoportjuk a személy testhőmérsékletét, pulzusát, véroxigénszintjét. A testszenzorok alkalmazása napjainkban már nem újdonság, elég csak az okosórákra gondolni, amelyek egyes típusai képesek a fent említett összes jellemző összegyűjtésére, értékelésére és továbbítására (3. ábra).

A szenzorok összegyűjtött adatainak harci körülmények közötti továbbítása a hálózati összekapcsolások igénye miatt kulcskérdés. A közös műveletek sikere érdekében a kiterjesztett vezetés-irányítás, kommunikáció, számítógép, hírszerzés, megfigyelés, felderítés (*command control communications computer intelligence surveillance reconnaissance*,

¹² DING et al. 2021.

C4ISR), hálózatok létrehozása, az egységes (NATO) műveleti helyzetkép (NATO Common Operational Picture, NCOP) előállítása elengedhetetlen. Napjainkban az 5. generációs hálózat (5th generation networks, 5GN) elemeiként műholdas platformokat, kézi rádiótelefonokat, okoseszközöket, használunk, de ezek egyelőre a nagyvárosok földfelszíni mobilkommunikációs szolgáltatási palettáját színesítik. Katonai szempontokból a koherens telekommunikációs hálózatok rendelkezésre állása meghatározó, ezért tervezzük az 5. generációs nem földfelszíni hálózatot (5th generation non-terrestrial networking, 5G NTN) is.

A szenzorok Bluetooth-kapcsolaton keresztül kapcsolódnak az integrált vevőmodulhoz, amely jelen példánkban egy okostelefon. A vezetési pont részére az okostelefon által összegyűjtött adatok elküldésére négy opció áll rendelkezésre:

- elsősorban a Magyar Honvédség tábori vezetési és irányítási (C2) szoftver saját hálózatát használva (a zökkenőmentes működéshez az adatmegosztás, priorizálás és várokozottatás protokolljának kidolgozása szükséges);
- amennyiben a művelet helyszínén működik a helyi mobilszolgáltató 4G/5G hálózata (ebben és az alább a további két opcióban megfelelő titkosítási protokoll használata indokolt);
- telepített mobil WiFi segítségével is lefedhető a beavatkozási helyszín;
- vagy akár a Starlink¹³ segítségével műholdról sugárzott és biztosított kapcsolaton keresztül is történhet adatátvitel.

Fontos kiegészítés, hogy értelemszerűen a fenti adatok hatékony és zökkenőmentes áramoltatásánál megfelelő titkosítás használata nélkülözhetetlen. Ezen rendszerek megjelenésével az elektronikus zavarás elhárításának képessége várhatóan nagymértékben felértékelődik majd.

Az egészségügyi vezetési pont működése

Az egészségügyi vezetési pontot akár 2–5 km-re telepíthetik a bevetés helyszínétől, álcázott, fedett helyszínen, vagy a művelet katonai irányítása részeként helyben is működhet. Az egészségügyi vezetési ponton a bevetésen lévő raj- vagy szakaszszintű kötelék katonáinak egészségügyi jellemzőit monitorokon jelenítik meg. Az egészségügyi vezetési pont harcértéke 1 + 2 fő opcionálisan, akik sebesülés esetén azonnal bevetethetők a kiűrités támogatására. Egy fő a feladat jellegéhez igazított egészségügyi végzettséggel rendelkező személy, aki felelős az adatok folyamatos értékeléséért. Amennyiben a szakszemélyzet a feladat végrehajtása során a bevetésen részt vevő katonák fiziológiai jellemzőiben bármilyen anomáliát állapít meg (például sebesülés, mintázateltérés az EEG-n), azt

¹³ A Starlink műholdprojekt a SpaceX űripari cég projektje, amelyet a globális internetszolgáltatás érdekében indított el Elon Musk vállalata. Az alacsony vagy közepes Föld körüli pályán keringő műholdak segítségével körülbelül 4 milliárd ember számára valósulhat meg internetszolgáltatás. [Megjegyzés – M. M. P.]

a harctéri parancsnok részére döntéstámogató céllal, a megfelelő javaslattal kiegészítve azonnal jelentheti.



3. ábra: Az egészségügyi vezetési pont adatáramlási sémája

Forrás: a szerző szerkesztése

További harctéri telemedicinális ellátást támogató megoldások

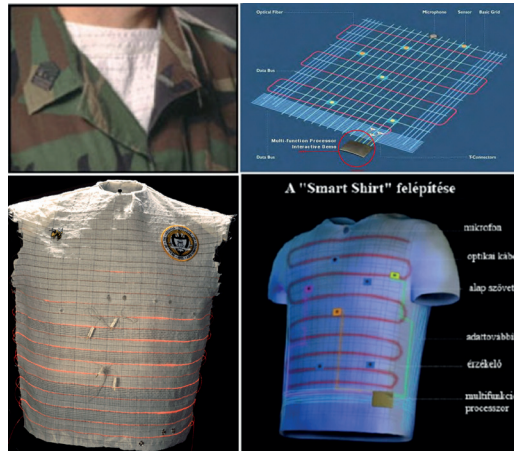
A teljesség igénye nélkül, az alább bemutatandó három eszköznél igyekeztem összeválogatni azokat, amelyek mind eredetiségükben, mind kreativitásban egytől egyig kiemelkedők. Közös bennük, hogy egyiket sem rendszeresítették még a világ egyetlen hadseregében sem, illetve hogy egyikük sem a fent bemutatott modellem része.

Smart Shirt

Kóródi Gyula az eszköz működési elvét és funkcióját értekezésében¹⁴ kiválóan bemutatja. Az élettani mutatók valós idejű, vezeték nélküli követése megteremti a lehetőséget, hogy az egészségügyi biztosítást kiterjesszük a harcoló alegységekig. Az egyik legígéretesebb fejlesztési irányt a *Smart Shirt* rendszer képviseli, amely egyetlen pólóban integrálja az érzékelőket és az adatgyűjtőt. Tulajdonképpen a testen elhelyezhető szenzorok kompaktabb, de lényegesen komplexebb megjelenési formája. Az eszköz képes a katona főbb fiziológiai értékeinek mérésére és továbbítására. A koncepció érdekessége, hogy: „A katona hátoldalán elhelyezett érzékelőkkel lehetővé válik a lövedék-bechapódás detektálása. A rendszer rendkívül érzékeny: az akusztikus jel alapján a repesz és golyó okozta sérülés is elkülöníthető, sőt a sérült testtáj is beazonosítható.”¹⁵ Amennyiben a katonán elhelyeztek GPS-t is, működő adattovábbítás esetében a műveletet irányító parancsnokság a trauma pillanatában hasznos információkhoz jut a sérülés tényéről és elhelyezkedéséről, továbbá az egészségügyi kiürítés (*medical evacuation*, MEDEVAC) indításához közölni tudja a katona pontos elhelyezkedését a harctéren. A koncepció az ezredforduló óta nem hallat magáról (!), így az ígéretes kezdeményezés ellenére, megvalósulására igen kevés esélyt látok.

¹⁴ KÓRÓDI 2006.

¹⁵ KÓRÓDI 2006.



4. ábra: Smart Shirt

Forrás: KÓRÓDI 2006.

Sisakkamera mikrofonnal a harctéri sebesült ellátásánál (hands-free system)¹⁶

Ez a kiegészítő eszköz kizárólag a műveleti egészségügyi ellátást végző állomány felszereléséhez fog tartozni. Részben az utólagos harctéri dokumentációt helyettesítő/segitő céllal alkották meg az Egyesült Államok haderejében, de lényegesen több potenciál rejlik benne. Online kapcsolatban a telemedicina távkonzíliaum funkcióját használva a harctéri egészségügyi beavatkozás „szupervízióval” hajtható végre, redukálva ezzel az esetleg hibázások számát, illetve külön erre a célra kifejlesztett és ráépített képzéssel, a sebesültellátást végző egészségügyi katona eseti jelleggel képessé válhat kompetenciaszintjét meghaladó életmentő egészségügyi beavatkozások elvégzésére a helyszínen, amennyiben a telemedicinális segítség ezt jóváhagyja, és pontos instrukciókkal a beavatkozást végig segíteni tudja. Az eszközrendszer csapatpróbája az Egyesült Államok haderejében zajlik, a kezdeti tapasztalatok alapján a harctéri zaj hatékonyabb szűrésére további mérnöki megoldások szükségesek. Ezen felül megfogalmazódott az az igény, hogy a kommunikáció során a kritikus információ átadására ki kell dolgozni egy módszert. Ez tovább erősíti azt a feltételezést, hogy az eszköz hatékony használatához kulcsfontosságú a megfelelő technikai háttér és felkészítettség, illetve kiképzés.

TRACIR-projekt¹⁷

A bemutatandó harctéri telemedicinális megoldások közül a TRACIR (*trauma care in a rucksack*, szabadfordításban: sérülést ellátó hátizsák) képviseli a jövőt, előreláthatóan

¹⁶ PANZINO 2017.

¹⁷ Trauma Care in a Rucksack 2019.

2028-ban fogják a végleges terméket bemutatni, és előreláthatólag ekkor veszi kezdetét az amerikai hadsereg általi csapatpróba.

Az eszköz megtervezésének ötletét valós harctéri ellátási tapasztalatokkal indokolták. A harctéri ellátás során is létezik az „aranyóra” kifejezés, amely a sérültnél azt a sérülést követő kritikus egy órát jelenti, amelyen belül, ha megfelelő szintű kórházi ellátáshoz jut, kimutathatóan megnő a túlélési, illetve felépülési esélye. A TRACIR egy hátizsákban lévő speciális, autonóm egészségügyi ellátórendszer, amely egy teljes testet átfogó hordágyból és egy robotkarból áll, amelyet tanulni képes algoritmussal rendelkező mesterséges intelligencia vezérel. A hordágyon elhelyezkedő szenzorok képesek lesznek a sérült katona főbb fiziológiai jellemzőit meghatározni. A rendszert úgy tervezték, hogy a sérült helyének, súlyosságának és jellegének függvényében egyes beavatkozásokat a gép önállóan is végre tudjon hajtani. A tervek szerint az eszközt véráramba történő gyógyszer adagolására is alkalmassá teszik.

A projektet nemcsak a haderő tudná használni, hanem a nehezen megközelíthető terepen feladatot végrehajtó civil mentők is. A tervezésnél külön szempont az eszköz szállíthatósága. Az eszközt alkalmassá akarják tenni, hogy extrém esetben drón szállítsa a helyszínre.

Összegzés

Az egészségügyi nézőpontból meghatározható és teljesítendő alapelveket – amelyek illeszkednek a nemzetközi haderő-modernizálási trendekhez – összefoglalva megállapítható:

- az egészségügyi biztosítás és monitorozás legyen folyamatos (online), párhuzamos része az aktuális műveletnek;
- a katona felszerelésébe épített online monitorozó rendszer legyen része a harcászati döntési mechanizmusnak (például amennyiben az online egészségügyi élettani mutatók a katona harcképességét negatívan befolyásoló tényezőket jeleznek [harctéri sokk, sebesülés stb.] legyen lehetőség egy azonnali adekvát beavatkozásra);
- az ellátás hatékonyabbá tétele érdekében, a katona személyi felszerelésébe legyen integrálva meghatározott egészségügyi azonosítási (például személyi igazolójegy)¹⁸ és ellátási eszközrendszerek.

A nem is távoli jövőben előtérbe kerülnek a hálózatokba kötött vezetési, egészségügyi, katasztrófavédelmi rendszerek. A civil életben akár egy közlekedési balesetnél, akár katonai alkalmazásnál a harctéren a legrövidebb válaszidő és valós idejű információbirtoklás a kulcs ahhoz, hogy a beleset sérültje vagy a harctéri sebesült túlélje a traumát. A digitalizáció és a telemedicina fejlettsége eljutott arra a szintre, hogy a szakemberek további egyéni életvédő és -mentő eszközöket és rendszereket fejlesszenek ki. A mai

¹⁸ MATUSZ 2018.

kor katonája is csak akkor tekinthető korszerűnek, ha hálózatra integrált, egyéni „okos” felszerelésrendszerrel rendelkezik.

A hibrid hadviselés vagy az aszimmetrikus háborúk közös jellemzője, hogy a hadszíntér és az erőviszonyok alakulása folyamatosan változik, valamint sok esetben kiszámíthatatlan. Nyilvánvaló, hogy az egészségügyi biztosításnak is képesnek kell lennie a folyamatos változáshoz igazodni annak érdekében, hogy adott esetben a katona életét megmenteni képes lehető legjobb döntés születessen. Mivel sérülés esetén az elsődleges kulcstényező az időfaktor, illetve az aktuális sérült katona valós idejű monitorozásának képessége, a felvázolt koncepcióval hatékonyan javítható a túlélési esély. A modellem további célja a katona egészségvédelmének fokozása, amely magában foglalja a külső környezeti tényezők okozta esetleges negatív befolyások időben történő észlelését, illetve preventív módon megközelítve a katona szervezetében zajló fiziológiai folyamatok megfigyelését is. A rendszer működése hozzájárulhat és segítheti akár a korai diagnosztikus munkát is, továbbá segítséget nyújthat a harcéri parancsnok döntésének támogatásában.

Zárásként megállapíthatjuk, hogy a katona jövőbeli felszerelésrendszereinek megtervezéséhez első lépésként nézőpontváltás szükséges. A jelenleg elérhető digitalizáció generálta vívmányok – köztük a telemedicinális eszközök is – nélkülözhetetlenek a jövő harcainak sikeres megvívásához. A digitális átállás az egészségügy majd minden területét érintő, jelenleg már zajló folyamat, amely szükségessé teszi a Magyar Honvédség egészségügyi szolgálata számára is egy digitális stratégiai koncepció kidolgozásának mielőbbi megkezdését. El kell fogadnunk, hogy sok esetben az ember felfogó- és feldolgozóképesége a legnagyobb gát, hogy a minket körülvevő információtengerből hatékony és jó döntést hozzon. A digitalizációs vívmányok azonban hatékonyan megváltoztatják az emberek információkezelési képességét így helyzeti előnyt biztosítva számos területen.

Felhasznált irodalom

- A kormány kihirdette a távkonzultáció jogszabályi lehetőségeit (2020). Webbeteg.hu, 2020. április 30. Online: www.webbeteg.hu/cikkek/egeszsegugy/25087/telemedicina-rendelet
- CRANE, David (2017): DryWired Emotiv Insight 5-Channel/Sensor and Epoc+ 14-Channel/Sensor Lightweight Mobile Wireless EEG (Electroencephalogram) ‘Brainwear’ Headset Systems for High-Speed, Low-Drag Brain Wave Monitoring: Can They be Integrated with a Military Ballistic Combat Helmet? *Defensereview*, 2017. november 6. Online: <https://bit.ly/3IukrAC>
- DING, Xiaorong et al. (2021): Wearable Sensing and Telehealth Technology with Potential Applications in the Coronavirus Pandemic. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 14, 48–70. Online: <https://doi.org/10.1109/RBME.2020.2992938>
- Egészségügyi tevékenység. Állami Egészségügyi Ellátó Központ (ÁEEK) Egészségtudományi Fogalomtár. Online: https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/Egészségügyi_tevékenység
- FEJES Zsolt (2016): Új lehetőség a védelem-egészségügyi ellátásban: Telemedicina. *Hadmérnök*, 11(1), 233–239. Online: http://hadmernok.hu/161_22_fejesz.pdf
- GÁCSEI Zoltán (2008): *A katona harci képességét növelő korszerű, hálózatra integrált egyéni felszerelésrendszerének kialakítási lehetőségei a Magyar Honvédségben*. Budapest:

- Nemzeti Közzolgálati Egyetem. Online: <https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12102/ertekezes.pdf?sequence=1>
- KISS Álmos Péter (2019): A hibrid hadviselés természetrajza. *Honvédségi Szemle*, 147(4), 17–37. Online: <http://real.mtak.hu/id/eprint/125219>
- KÓRÓDI Gyula (2006): A digitális katona személyi védelme a honvédorvos szemszögéből. In *Robothadviselés 6. tudományos szakmai konferencia*. Budapest, 2006. november 22. Online: http://hadmernok.hu/kulonszamok/robothadviseles6/korodi_rw6.html
- KÓRÓDI Gyula (2016): A védelmi szektorban szolgálók extrém fizikai terhelés utáni regenerációjának javítása mágnessterápiával. *Hadmérnök*, 11(2), 224–231. Online: http://hadmernok.hu/162_21_korodi.pdf
- MATUSZ Márk (2018): A Személyi igazolójegy („Dögcédula”) fejlesztési lehetőségei a telemedicina vonatkozásában. *Hadmérnök*, 13(4), 370–380. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok/article/view/3707/2989>
- PANZINO, Charlsy (2017): Device Would Help Combat Medics Document Treatment in the Field. *ArmyTimes*, 2017. december 18. Online: www.armytimes.com/news/2017/12/18/device-would-help-combat-medics-document-treatment-in-the-field/
- RESPERGER István (2014): Kis háborúk nagy hatással. In RESPERGER István – KISS Álmos Péter – SOMKÚTI Bálint (2014): *Aszimmetrikus hadviselés a modern korban*. Budapest: Zrínyi. 13–47.
- Telemedicina*. Állami Egészségügyi Ellátó Központ (ÁEEK) Egészségtudományi Fogalomtár. Online: <https://fogalomtar.aEEK.hu/index.php/Telemedicina>
- Trauma Care in a Rucksack* 2019). Pittsburgh: University of Pittsburgh. Online: www.pitt.edu/pittwire/features-articles/trauma-care-rucksack
- Zweiter Bericht zur Digitalen Transformation des Geschäftsbereichs des Bundesministeriums der Verteidigung* (2020). Berlin: Bundesministerium der Verteidigung. Online: www.bmvg.de/resource/blob/258260/cc60ba7e2570976df105baf97080fe45/20200312-download-zweiter-bericht-digitale-transformation-data.pdf p.20

Forensics tevékenységek kihívásai a modern közlekedési járművek fejlődésének tükrében

A közúti közlekedési járművekhez kapcsolódó információs technológia (information technology, IT) forensics, szakértői vizsgálatok egyik célja az eseményekhez kapcsolódóan megállapítani, mi, mikor, hol, hogyan történt, és ki volt érintett, továbbá rekonstruálni a bekövetkezett eseményt, meghatározni a kapcsolódó felelősséget. A bizonyítékok (digitális információk) időben történő begyűjtése nélkülözhetetlen a vizsgálatok elvégzéséhez, a nyomozati és igazságszolgáltatási tevékenységek céljainak eléréséhez. A szakértői vizsgálatok során a digitális információk kinyerése, feldolgozása olyan módon kell történjen, amely biztosítja a bizalmasságot, hitelességet, megbízhatóságot, sértetlenséget. A közlekedési ökoszisztéma fejlődése, az alkalmazott informatikai és infokommunikációs rendszerek komplexitása azt eredményezte, hogy nincs sztenderd eljárás, módszertan a modern járművek vizsgálatához. A meglévő módszertanok nem vagy csak korlátozott módon alkalmazhatóak. Tanulmányunkban a forensics vizsgálatok kihívásainak és lehetőségeinek elemzését végeztük el.

Kulcsszavak: forensic vizsgálat, önvezető járművek, szakértői vizsgálat

Challenges of Forensics Examinations in the Light of the Development of Modern Transport Vehicles

One of the aims of IT forensics examinations related to road transport vehicles is to establish what, when, where and how something happened and who was involved in the events. Another aim is to reconstruct the event occurred and to determine the related liability. The timely collection of evidences (digital information) is essential for conducting investigations and achieving the goals of investigative and judicial activities. During expert examinations, digital information must be extracted and processed in a way that confidentiality, authenticity, reliability, and integrity are ensured. The development of the transport ecosystem, the complexity of the applied IT and infocommunication systems have led to the fact that there is no standard procedure, methodology for the testing of modern vehicles. Existing methodologies have no or limited applicability. In our study the challenges and opportunities of forensics examinations are analyzed.

Keywords: forensics examination, autonomous car, digital forensics

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszerológati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; e-mail: repas.jozsef@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0002-1186-4731.

Bevezetés

A társadalom működéséhez, az egyének és a közösség életéhez nélkülözhetetlen a mozgás, a helyváltoztatás. Ez utóbbi a közlekedés lényege és egyben alapfolyamata. „A közlekedés személyek, dolgok, gondolatok (információk) speciális technikai eszközök igénybevételével lebonyolított tömeges, rendszeres, szervezett helyváltoztatása.”² A magas automatizáltság, az IT- és kiber-fizikai rendszerek fejlődése minden bizonnyal át fogja alakítani a jövőbeni közlekedést.

A helyváltoztatási igényeket és magát a helyváltoztatást valósítják meg a különböző közlekedési alágazatok. A járműipar fejlődésével, az egyre modernebb járművek, valamint a fejlett elektronikus rendszerek megjelenésével és széles körű elterjedésével az utakon megnövekedett a balesetek száma. Bár az Európai Unió közutak biztonságára vonatkozó mutatószámai világviszonylatban jónak számítanak, közlekedési balesetben évente több mint 25 000 ember hal meg, és több mint 135 000 ember sérül meg súlyosan.³ A közlekedési rendszerek elsődleges céljai közé tartoznak a közlekedésbiztonság fokozása és az infrastruktúra kihasználtságának maximalizálása, a forgalom racionalizálása, a környezeti terhelés csökkentése.⁴ A közlekedési rendszerek fejlesztésével és a közlekedésbiztonság fokozásával 2030-ra a 2020-ban mért számokhoz képest felére tervezik csökkenteni a súlyos balesetek számát, az úgynevezett *Vision Zero* célkitűzés alapján pedig 2050-re nullára redukálják a súlyos sérüléssel járó vagy halálos kimenetelű balesetek számát az európai utakon.

A közlekedési rendszerek fejlesztése, a közlekedés digitalizálása, az intelligens közlekedési rendszerek (*intelligent transport systems*, ITS) alkalmazása hozzájárul a fenti célok eléréséhez, biztonságosabbá, hatékonyabbá és fenntarthatóbbá tehetik a közlekedést. Az intelligens közlekedési rendszerek „tényleges (emberi) intelligencia megtestesítése nélkül biztosítanak innovatív szolgáltatásokat a különböző közúti közlekedési módokhoz és forgalmi menedzsmenthez kapcsolódóan”.⁵ Az ITS-ek az információs és kommunikációs rendszerek alkalmazása mellett a meglévő technológiák hatékony integrálását is megvalósítják. „Tágabb értelemben az ITS rendszerek a közlekedési hálózatokon és járművekben alkalmazott információs és kommunikációs (telematikai) megoldások összessége, melyek dinamikus, valós idejű (real-time) adatok alapján működnek.”⁶

Az ITS-rendszerek következő generációja a kooperatív intelligens közlekedési rendszerek (*cooperative intelligent transport systems*, C-ITS), amelyek célja a hatékony adatcserével, a vezeték nélküli technológiák alkalmazásával megvalósítani a közlekedés automatizálását. A közúti közlekedési rendszer elemei, az infrastruktúra, a jármű, a jár-

² CSISZÁR-SÁNDOR 2014; Közlekedéstan [é. n.].

³ Európa mozgásban: a Bizottság befejezi a biztonságos, tiszta és összekapcsolt mobilitás programját 2018.

⁴ CSISZÁR-SÁNDOR 2014.

⁵ A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a régiók bizottságának. Európa mozgásban. Fenntartható mobilitás Európában: biztonságos, összekapcsolt és tiszta közlekedés 2018.

⁶ CSISZÁR-SÁNDOR 2014.

művezető, az utazó, gyalogos stb. közötti információmegosztás valósítható meg, annak érdekében, hogy tevékenységeiket, közlekedésüket összehangolhassák. A kommunikációt az összes olyan közlekedési résztvevő között meg kell valósítani, akik „érintkezésben” vannak, konfliktushelyzetbe kerülhetnek egymással.⁷

A technológiai fejlődés nem csupán a közlekedési rendszerekre van nagy hatással. Az egyre komplexebb összekapcsoltság és a fejlett automatizálás interdependenciája új lehetőségeket teremt a közlekedés hatékonyságának és biztonságának növeléséhez. Ehhez az egyik lépés, hogy a jármű segíti a járművezetőt, a forgalmi helyzethez való alkalmazkodásban és a megfelelő döntések meghozatalában, illetve az emberi tényező hatásának csökkentése, ellensúlyozása, a vezető nélküli járművekre való átállás. Az autonóm módon működő járművek hosszú távon nagyobb biztonságot eredményeznek.

Figyelembe véve a járművek átlagéletkorát, a hagyományos járművek és a ténylegesen autonóm járművek várhatóan még legalább 10–15 évig együtt lesznek jelen a közlekedésben, ami új kockázatokat és kihívásokat jelent.⁸ Például az utólagos szakértői (forensics) vizsgálatokban, amelyek célja annak megállapítása, hogy mi, mikor, hol, milyen körülmények között történt, és ki volt érintett, meghatározható-e az incidenshez kapcsolódó felelősség, amelyek esetében – az autonóm járművek speciális működése alapján – nem alkalmazhatók a bevett gyakorlatok. A közúti közlekedésben előforduló balesetek, az egymással interakcióba lépő járművek kommunikációjának vizsgálata során a járművek, a környezeti és pályaelemek adatai bemenő információként szolgálhatnak egy forensic vizsgálat során.

Tanulmányunkban kitérünk a modern és egyre inkább önvezetővé váló közúti közlekedési járművek forensic, vagyis szakértői vizsgálatainak elvégzési lehetőségeire és kihívásaira. Meghatározzuk a vizsgálatok elvégzésének általános és eljáráshoz kapcsolódó kihívásait, továbbá a vizsgálat elvégzését segítő vizsgáló eszközökhöz kapcsolódó kihívásokat is.

Modern járművek

A modern és a jövőbeni autonóm közúti közlekedési járművek bőséges adatforrást jelentenek a szakértői vizsgálatok elvégzéséhez. Az ilyen járműveknek képesnek kell lennie a pontos helymeghatározásra, a környezetükben történő lokalizációra. Ez azt jelenti, hogy a járműveknek minden időpillanatban, néhány cm-es pontossággal, teljes megbízhatósággal kell ismerniük a pontos helyzetüket a környezetükhöz, illetve a környezetükben lévő járművekhez viszonyítva. Az elmúlt időszak műszaki fejlődésének egyik jelenségeként figyelhető meg, hogy a valós világról egyre pontosabb, részletesebb információkkal rendelkeznek a közlekedési járművek, és az információk sokrétű felhasználása egyre szélesebb körben jelenik meg.

⁷ CSISZÁR–FÖLDES–CSONKA 2018.

⁸ A Bizottság közleménye... Fenntartható mobilitás Európában: biztonságos, összekapcsolt és tiszta közlekedés 2018.

A modern járművek és az intelligens közlekedési rendszerek működéséhez, működtetéséhez megfelelő mennyiségű és minőségű információra van szükség. Az információhoz való hozzáférés és gyűjtés elsődleges feladat, amelynek során az információk valamilyen érzékelési cselekvéssel (*sensing action*) kerülnek szenzorhálózatok közreműködésével begyűjtésre.⁹ A közlekedésben az információ, az adatok – tárgyról, környezeti és pályaelemekről, személyekről, folyamatról szerzett ismeretek – egy bizonyos szerkezetben való egyesítését jelenti. Már a modern közlekedési járművek is szenzoraik segítségével érzékelik környezetüket (például az optikai érzékelők, lézeres radar, képelemzés stb.), az érzékelők által szerzett információkból – ideértve a navigációs információkat is – meg tudják határozni helyzetüket a környezetben, valamint a többi járműhöz viszonyítva. A járművek képesek egyes funkciók ellátására emberi irányítás, beavatkozás nélkül is, például elkerülni az ütközéseket.

Az információk értékelése, hasznosítása során figyelembe kell venni például ezek hozzáférhetőségét, időszerűségét (például a késleltetés mértéke), pontosságát, megbízhatóságát, „felhasználási” hatékonyságát is.¹⁰ Ezen szempontok nem csupán a jármű helyváltoztatásához szükségesek, hanem a szakértői vizsgálatok során is elsődlegesek. Annak érdekében, hogy minőségi információhoz juthassunk egy vizsgálat során, nélkülözhetetlen az információ forrástól való közvetítése/eljuttatása a feldolgozási helyre.

A szenzorok (lidar, radar, GPS stb.) és a kamerák által gyűjtött adatokat nagy mennyiségben dolgozzák fel és tárolják a modern járművekben, egyes becslések szerint akár 4 GB mennyiségű adat keletkezhet naponta. Az adatokhoz való hozzáférés, azok kinyerése és feldolgozása szükséges egy-egy szakértői vizsgálat során. Az érzékelő és feldolgozó eszközök és rendszerek széles skálája, a felhőalapú technológia vagy a többes joghatóság kérdése rendkívül komplex feladat, amelyben a szakértőknek meg kell válaszolniuk azokat a kérdéseket, amelyek a vizsgálat szempontjából relevánsak. Ehhez a jármű és környezetének információit a szükséges mértékben el kell érniük, hozzá kell férniük ezek értelmezéséhez és vizsgálatához.

A modern és autonóm járművek, illetve az együttműködő közlekedési rendszerekkel kapcsolatos forensics vizsgálati módszerek egyrészt eredeztethetők általánosan az igazságügyi szakértői vizsgálati módszertanból, illetve annak számítógépes környezetre vonatkozó ágából, a „digitális forensic” módszertanból, másrészt lehetnek olyan elemei, amelyek a terület specialitásai miatt teljesen új, az eddigi módszertanoktól eltérő felkészültséget és eszközöket igényelnek (például a motorvezérlő elektronika sérülékenységei, autógyártó-specifikus adattárolási megoldások, egyedi operációs rendszerek).

Szakértői/forensic vizsgálatok

A szakértői vizsgálatok célja lehet a modern és önvezető járművek által elszenvedett vagy okozott balesetek utólagos vizsgálata, emellett egyéb hatósági, jogi, büntetőjogi

⁹ CSISZÁR-SÁNDOR 2014.

¹⁰ CSISZÁR-SÁNDOR 2014.

eljárásokban a járművekben megtalálható információk elemzése, a megtörtént események igazolása is. A járművekhez kapcsolódó szakértői vizsgálatok alatt általában:

- sérült vagy balesetet szenvedett járművek szakértését (kárszámítását, értékcso-
kenés meghatározását, javítási kalkuláció készítését);
- hibás járművek szavatossági problémáinak vizsgálatát;
- állapotfelmérést;
- hibafeltárást;
- balesetelemzési szakvélemény készítését értünk.

Jellemzően ezekhez kapcsolódóan fordulunk szakértőhöz és kérünk valamilyen szakvéleményt. A Nemzeti Szakértői és Kutató Központ szervezeti felépítése alapján az látható, hogy a közlekedési szakértői tevékenység és az informatikai szakértői tevékenység elkülönül egymástól. Utóbbinál jelenik meg például a digitális adattároló eszközök vagy a mobilkommunikációs eszközök vizsgálata, azonban a járművekhez kapcsolódó informatikai vizsgálatok, a jármű vagy annak környezetében megtalálható digitális információk vizsgálata nem ismert és módszertani vonatkozásban nem meghatározott terület.¹¹ A járművekhez kapcsolódó szakértői vizsgálatok túlmutatnak az általánosságban ismert szakértői vizsgálatokon, amelyek kapcsolódhatnak még például személyek követéséhez, kábítószer-szállítmányok nyomon követéséhez, gyilkosságokhoz stb.

Szakértői vizsgálatok válhatnak szükségessé továbbá olyan esetekben, amikor a jármű: 1. tartalmazza az elektronikus nyomot, bizonyítékot; 2. egy támadás célpontja; 3. a bűncselekmény elkövetési eszköze.

Az új technológiák megjelenése és a megnövekedett adatmennyiség, az új adatforrások új szakértői megoldásokat, eszközöket, megközelítéseket, folyamatokat igényelnek a korábbi és az esetlegesen új kérdések megválaszolására. A szakértői vizsgálatokhoz kapcsolódóan elérhető új adatok és adatforrások által, például olyan új kérdésekre is adható válasz, mint hogy egy eseményhez kapcsolódóan kik tartózkodtak annak közvetlen közelében, vagy mely személyek, járművek milyen gyakorisággal, hol érintkeztek egymással.

Szinte minden tudományterület és -ág alkalmazhatja a forensic módszereket, amelyekkel hozzájárulhatnak a szükséges információk, bizonyítékok felleléséhez, feltáráshoz. Szisztematikus módon alkalmazott természettudományos módszerek, technikák segítségével történik a bizonyítékok gyűjtése, kinyerése, vizsgálata. A cél minden esetben az okok, a megtörtént események, az igazság megállapítása a büntető és polgári eljárásokban.

Egyes vizsgálatokban máig szükség lehet a különböző szakértői területek együttműködésére, mint például orvosszakértői, kriminalisztika és egyéb mérnöki területek specializálódott szakértőkre. A jogi esetek támogatásában, megoldásában, esetenként átfedésében is vannak ezek a területek. Mivel minden eset más és más, elsődleges feladat a pártatlanság biztosítása és a bizonyítékok védelme (feltárástól a megőrzésig folyamatosan), az események idővonalának rekonstruálása. Alapos vizsgálat elvégzése során

¹¹ Szakmai módszertani leírások [é. n.].

igazolni kell, valamint nyilvánvalóvá kell tenni a megtörtént eseményeket azon esetekben is, amelyek nem megismételhetők.¹² A szakértői vizsgálat során a nyomok mint bizonyítékok fellelésétől, feltárásától kezdve több, folyamatosan dokumentált lépésből álló folyamaton keresztül át juthatunk el a vizsgálati eredményig, amelyhez hozzá tartozik ezek prezentálása és a digitális adatok hosszú távú, hiteles tárolása is.¹³

Általánosságban a közlekedési balesetek vizsgálatakor és más célú vizsgálatok során is az események minél pontosabb rekonstruálása, a felelősség meghatározása a cél, annak igazolása, hogy ki okozta a balesetet, amelyhez olyan információkat gyűjtenek be, mint az útvonal, a jármű pozíciója, a pálya- és a környezeti feltételek, a jármű, annak vezetője és az utasok sérülései, tanúvallomások.¹⁴

Amennyiben a modern közlekedési járműveket mint gördülő adatközpont, mint kommunikációs hálózatba kapcsolt Internet of Things (IoT, szabad fordításban, nem hivatalosan: dolgok internete) rendszerként értelmezzük, mind egy balesethez kapcsolódóan, mind azon túl is tartalmazhatnak olyan információkat, amelyek szakértői vizsgálata válhat szükségessé, amely széles körben megjelenő új kihívásokat jelent.

A kiindulási alapot a modern és önvezető járművek esetén is a digitális forensic eljárások jelentik. Ezek segítségével állapíthatóak meg, hogy mely digitális eszköz, milyen módon, ki által volt használatban az adott esemény bekövetkezésekor. A digitális forensic viszonylag új területe a forensic tudományoknak, amely a digitális eszközökben található információk kinyerésével és vizsgálatával foglalkozik. Célja:

- meghatározni az eseményt;
- hiteles bizonyítékot szolgáltatni;
- a bizonyítékok fellelése, feltárása;
- meghatározni a bizonyítékok forrását, kinyerni a szükséges információkat;
- választ adni a ki, miért, hol, mikor, mit és hogyan kérdésekre;
- prezentálni (nem műszaki szakemberek számára is érthető és értelmezhető formában bemutatni a vizsgálat eredményét);
- az elektronikus adatok hitelességét, sértetlenségét megőrizve tárolni a bizonyítékokat.¹⁵

Vagyis nyilvánvaló legyen, hogy mi történt, ki volt az érintett, az elkövető, mi okból, miért történtek az események, hol, mikor és hogyan történtek az események, erről olyan független és hiteles bizonyítékot kell szolgáltatni, amely a jogi eljárás során kétséget kizáróan elfogadható.¹⁶

¹² CALVERT 2017.

¹³ VÍZI [é. n.]

¹⁴ Forensic science [é. n.].

¹⁵ VÍZI [é. n.]; *Forensic science* [é. n.].

¹⁶ STANDER–BARNARD 2017.

Modern járművek szakértői vizsgálatának kihívásai

A jármű-elektronika megjelenésével megkezdődött a járművek adatainak egyre szélesebb körű felhasználása. Kezdetben az adatok működéshez kapcsolódó, eseti jellegű vizsgálatán kívül (például motorvezérlés, légzsák, klímavezérlés, ABS-adatok ellenőrzése, a hibatárolók adatainak kiolvasása) nem voltak összetett vizsgálatok.

Komplex vizsgálatok a járművek központi egységének/fejegyégének fejlesztésével, a járművek hálózati komplexitásának növelésével jelentek meg. A navigációs adatok megjelenésével a járművekben és a mobil eszközökkel való kapcsolat kialakítása révén megjelentek olyan mennyiségű és minőségű információk is, amelyek egyre nagyobb szerepet kaptak a szakértői vizsgálatok elvégzése során.

A modern járművek szakértői vizsgálati kihívásai három csoportba sorolhatóak: 1. általános kihívások; 2. vizsgálati eljárás kihívásai; 3. vizsgáló eszköz kihívásai.

A modern járművek szakértői vizsgálatának általános kihívásai

A modern járművek szakértői vizsgálata elvégzésének egyik általános kihívása, hogy mára a járművek által hozzáférhető adatok forrása is megváltozott, valamint nem garantált, hogy egy vizsgálat lefolytatásához, a vizsgálat céljának eléréséhez elegendők a járműben elérhető adatok. A forrás lehet:

- a jármű saját szenzorhálózata;
- a V2X kommunikáció által hozzáférhető egyéb jármű-, infrastruktúra-rendszerek;
- a különböző felhőalapú rendszerek (például gyártói felhő [cloud], szolgáltatói felhő [cloud]);
- közúthálózat üzemeltetői informatikai rendszere stb.

További általános kihívásként jelentkezik, hogy a járművekben található digitális adatok típusa és forrása különböző lehet. A számítógépek szakértői vizsgálatától eltérően nem elégséges az adathordozók begyűjtése, esetenként a memóriában található adatok mentése. A járművek több, logikailag (és fizikailag) elkülönített alrendszerben is tárolhatnak információt:

- magáról a járműről (például sorozatszám, alkatrész-azonosítók, kulcs ID stb.);
- a telepített alkalmazásokról (például navigáció, Facebook stb.);
- a csatlakoztatott eszközökről (például USB-meghajtók, SD-kártyák, vezeték nélküli hozzáférési pont stb.);
- a navigációról (például előzmények, mentett helyek, korábbi úticélok stb.);
- csatlakoztatott mobil eszközökről (például eszközazonosító, híváslista, kontaktok, SMS-üzenetek, képek, hangok stb.);

- egyéb működési eseményekről (például ajtónyitás/-zárás, világítás be-/kikapcsolás, Bluetooth-kapcsolatok, WiFi-kapcsolatok, sebesség, kormányszög, kilométeróra-állás, sebességváltás, erős gyorsítás-lassítás, vezetői figyelmeztetések stb.).¹⁷

A járművek adataihoz való hozzáférés nem oldható meg centralizáltan, több egység, alrendszer elérése szükséges hozzá. Több hozzáférési megoldás/csatorna állhat rendelkezésre, az ezeken keresztül elért adatok nem azonosak. Hozzáférési csatornák lehetnek:

- USB-port;
- OBD-II járműdiagnosztikai port;
- JTAG (*joint test action group*) standard teszt port és architektúra, amely segítségével kapcsolat alakítható ki a jármű egyes vezérlő egységeivel);
- SD-kártya (egyes gyártók a jármű teljes adatstruktúráját memóriakártyán tárolják, például a Citroën);
- chip-off (a jármű egyes vezérlőinek vagy központi egységének memóriachipjeinek kiszedését és tesztpanelen történő vizsgálatát jelenti).

Az adatok forrásául szolgálhatnak például felejtő (*volatile*) és nem felejtő (*non-volatile*) memóriák; a jármű flash memóriája, memóriakártya, SIM-kártya, alkalmazások adatai, vezérlő egységek adatai stb.¹⁸ A tárolt adatok pedig megjelenhetnek például a(z):

- event data recorders (EDR)-ben;
- navigációs/infotainment rendszerben;
- jármű központi egységben/fejegységben;
- fedélzeti kamera (első és hátsó vagy 360°-os) adattároló képességgel;
- elektornikus vezérlő egységekben (*electronic control unit*, ECU).

Az adatok tárolása nem csak fizikai megoldásban térhet el egymástól, a különböző gyártók eltérő logikai tárolási megoldást alkalmazhatnak, különböző helyeken, különböző adatokat, eltérő struktúrában tárolnak el, ami befolyásolja azok használhatóságát és vizualizációját.

Új, általános kihívásként jelentkezik, hogy – a digitális forensic vizsgálatoktól eltérően – a vizsgálat során, annak eredményei alapján is szükségessé válhat további, külső adatforráshoz való hozzáférés. Például a jármű navigációs adatainak elemzésével, a feltárt útvonal-információk alapján további, az infrastruktúra és a jármű között továbbított – a járműben tartósan nem tárolt – információk ellenőrzése. Ilyen információk lehetnek például a(z):

- adott útszakaszra, a közlekedés státuszára vonatkozó forgalmi információk;
- a pályaelemek azonosító adatai;
- vészjelzések;
- jelzőlámpák státuszai és az aktuális jelzésekép;
- közelben elérhető parkolólétesítmények és az aktuális szabad férőhelyek száma;
- baleset, sávzárás.

¹⁷ RÉPÁS et al. 2022.

¹⁸ CHANDEL 2020.

Az adatok egy részét, pontos időbélyegekkal őrizhetik meg a járművekben, más járművekben, környezeti vagy pályaelemekben is, míg más részük illékony adatként nem kerül tárolásra. Egy esetleges jármű elleni kibertámadás kapcsán vizsgálándó lehet a járműhöz eljuttatott információk tartalma, annak megfelelősége. A járművekhez esetlegesen eljuttatott szándékosan téves információk alapján például befolyásolható a jármű mozgása, ezáltal a közlekedés biztonsága is. Annak értékelésére, hogy a jármű milyen információkat kapott a környezetéből, szükséges lehet a környezeti elemek vizsgálata is.

Egy forgalmi szituáció vizsgálata esetén szükség lehet a jármű(vek) és az infrastruktúra továbbította információkhoz való hozzáférésre is, ilyen adatok lehetnek például a(z):

- pozíció-, sebesség- és irányadatok;
- járműstátuszadatok
- vészjelzések;
- útvonaladatok;
- diagnosztikai adatok.¹⁹

A vizsgált járműhöz kapcsolódóan az egyik legnagyobb általános kihívást a gyártmányok és a gyártmányokon belüli széles körű típusválaszték jelenti. Az egyes gyártók a különböző járműgyártási szabványok és ajánlások követelményeit a saját céljaiknak megfelelően valósítják meg. Ennek eredményeként az alkalmazott hardverelemekben, belső hálózati kialakításban (például topológia, protokollok stb.), szoftvermegoldásokban is lényeges eltérések lehetnek, amelyek megnehezítik a vizsgálathoz szükséges eszközök és eljárások standardizálását. A járművekben használt belső operációs rendszer is lényeges eltéréseket mutat a gyártók között – a gyártók a járműtípusok között jellemzően azonos operációs rendszert használnak, de egy operációsrendszer-csere után már típusonként is lehet eltérés –, ami a vizsgálathoz szükséges eszközök és eljárások kialakítását bonyolítja.

Jövőbeli kihívást jelenthet a titkosított adattárolási megoldás bevezetése a járművekben. A platformmegbízhatósági modul (*trusted platform module*, TPM) vagy hasonló technikák alkalmazása a járműben található adatok biztonságának javítását eredményezné, egyúttal nehezítené, adott esetben megakadályozná a szakértői vizsgálatok elvégzését. A biztonságos titkosítási kulcs létrehozásához és tárolásához használt megoldás használható lenne annak igazolására is, hogy a járműben lévő gyártói operációs rendszer és a vezérlő egységek programjai megfelelnek az elvártaknak, azokat nem módosították.

A modern járművek szakértői vizsgálatához kapcsolódó kihívások

Az intelligens közlekedési rendszerekkel kapcsolatos szakértői vizsgálati módszerek a digitális forensic módszertanra támaszkodnak. Ugyanakkor a járművek, a pálya és a környezet sokszínűsége kapcsán lehetnek olyan elemek, amelyek az eddig eljárásoktól, eszközöktől eltérő megoldásokat igényelnek. A szakértői vizsgálati eljáráshoz

¹⁹ CSISZÁR–FÖLDES–CSONKA 2018.

kapcsolódóan a korábbiakban felsorolt általános kihívásokhoz kapcsolódnak az eljárás kihívásai. A vizsgálat során elsődleges szempont a megbízhatóság, valamint az agilitás, rugalmasság és moduláris kialakítás. A vizsgálatához olyan módszertant kell kialakítani, amely lépést tud tartani a közlekedési rendszerek fejlődésével, illeszthető a vizsgálati feladatokhoz, valamint a vizsgálatok céljaihoz, sajátosságaihoz kapcsolható eszköz, készség- és tudáselemekből áll.

A bizonyítékul szolgáló adatok összefüggéseinek megtalálása a nagy mennyiségű adathalmazokban is megnehezíti a szakértői vizsgálat elvégzését. Az adatbányászat segítségével hasznos, gyakran nem várt mintázatok felismerése válhat lehetővé az adatok között.

Amennyiben a járműben keletkező illékony adatokról van szó, amelyek vagy a jármű pillanatnyi működéséhez, a helyváltoztatási feladathoz kapcsolódnak és folyamatosan felülíródnak, vagy a jármű leállítása után törlődnek, egyes szakértői vizsgálatokhoz kapcsolódóan nélkülözhetetlenek lehetnek. Új kihívást jelent egy jármű vagy közlekedési rendszer vonatkozásában a *post mortem* vagy *live* vizsgálatok elvégzése is. A kutatás folytatásában tervezzük a járművek *live forensic* vizsgálati lehetőségeinek felmérését is, az olyan információkhoz való hozzáférés érdekében, amelyek az utólagos (*post mortem*) vizsgálatok során nem állnak rendelkezésre. Ennek célja a jármű működése közben keletkező illékony adatokhoz, a működés során a memóriában található információkhoz, a belső és külső irányú kommunikációs hálózathoz való hozzáférés és az adatok feldolgozása és vizsgálata. Ezen vizsgálatok nem képezik jelen tanulmány tárgyát.

További kihívást jelenthet az eseménylánc végigkövetése, vezetése. A jármű mellett egyéb rendszerek, adatforrások is megjelennek a szakértői vizsgálatban, amelyek nem, vagy nem minden esetben használnak valamilyen központosított időszinkronizációt, vagy nem azonos időbélyegeket használnak, akkor egy esemény/baleset ideje, eltérhet a járműben lévő adatok idejétől.

A szakértői vizsgálat sem mentesül a vonatkozó adatvédelmi jogszabályoknak, követelményeknek való megfelelés alól. A vizsgálat során személyes adatok is részévé válnak az adatgyűjtésnek, ezért ezek megfelelő kezeléséről is gondoskodni kell.

Amennyiben a szakértői vizsgálat során harmadik felet is bevonnak, például gyártókat, üzemeltetőket, akiket a feladatok egy részébe a vizsgálat részeként bevonnak, gondoskodni kell a jogszabályi követelményeknek való megfelelésről (például harmadik országba való adattovábbítás).

Biztosítani kell, hogy a bizonyítékokhoz történő hozzáférési jogosultság szabályozott és ellenőrzött legyen, ennek megfelelően a vizsgálat is kizárólag megfelelő felhatalmazás birtokában kezdődhet meg.

Megfelelően dokumentált eljárásokat és vizsgálati dokumentációt kell kialakítani annak érdekében, hogy a vizsgálat és a bizonyítékok kezelése felügyelt módon történjen. Minden lépés során, az adatletöltés helyszínétől, a büntetőeljárás minden szakaszában ki kell zárni a bizonyítékként felhasznált digitális adatok manipulálhatóságát. Az adatok sértetlenségét és hitelességét – szoftveres és hardveres megoldások mellett további garanciális eszközzel – úgynevezett felügyeleti lánc (*chain of custody*) segítségével is

biztosítani kell, amellyel rögzíteni lehet, hogy a digitális bizonyítékkal ki, mikor és milyen műveletet, vagy tevékenységet végzett.

További kihívást jelenthet az anti-forensic megoldások alkalmazásának megjelenése, elterjedése a modern járművekben is. A szakértői vizsgálatok megelőzésére, megakadályozására vagy megnehezítésére használt és alkalmazott technikák, trükkök gyűjteménye az anti-forensics. Kvázi ellenintézkedések a vizsgálat lefolytatása ellen, fő céljuk a bizonyítékok megszerzésének megakadályozása.²⁰ Az információkat vagy a metaadatokat felülrő tradicionális eszközök a legrégebbi és legelterjedtebb anti-forensic megoldások, amelyek járművekhez kapcsolódóan még nem terjedtek el. Hasonlóképpen alkalmazhatóak lehetnek a különböző titkosítások, steganográfiai megoldások vagy egyéb adatot elrejtő megközelítések, azonban ezek megvalósítása egy jármű működésére is nagy hatással lehet. A felhasználó digitális lábnyomának minimalizálására szolgáló vagy a vizsgáló eszközök sérülékenységeit kihasználó megoldások elterjedése a tényleges autonóm járművek megjelenése után várható. Olyan komplex anti-forensics technikák használata, mint amilyenek standard számítógépes környezetben előfordulnak, a járművek esetén, véleményünk szerint, nem várhatóak (például az alkalmazás ellenőrzi, hogy image-ből vagy virtuális lemezen vagy felügyelt hálózaton futtatják).²¹

A modern járművek szakértői vizsgálatának vizsgálóeszközeihez kapcsolódó kihívásai

Az általánosságban ismert járműszakértői vizsgálatok menetén és azok adatforrásain jellemzően nem igényel gyökeres változtatást az egyre inkább önvezetővé váló járművek megjelenése. Az olyan eszközök és megoldások, amelyekkel a sérült vagy balesetet szenvedett járművek szakértését, a hibás járművek szavatossági problémáinak vizsgálatát, a balesetelemzési szakvélemény készítést stb. végzik, valóban nem változnak meg alapjaiban. A fenti általános kihívások kapcsán azonban a járművek digitális szakértői vizsgálata messze túlmutat a jelenleg rendelkezésre álló módszertanokon, kompetenciákon, eszközökön.²² Jelenleg lényegesen kevesebb vizsgálati megoldás létezik a modern járművekhez kapcsolódóan, komplex, hatékonyan alkalmazható módszertan, megoldás egyelőre nem áll rendelkezésre.

A járművek digitális szakértői vizsgálata jelenleg kezdeti stádiumban van. Az általános kihívások mellett, mivel a járműgyártók nem engednek hozzáférést az ipari és üzleti titkaikat képező járműközponti egységek és vezérlőegységek működéséhez, adattárolási struktúrájához, forráskódjához, ezért nem állnak rendelkezésre olyan hardvereszoftveres megoldások, amelyek segítségével globálisan az egyes járművekben keletkező adatok kinyerhetőek, vizsgálhatóak lennének. Néhány nagyobb szoftvergyártó *reverse engineering* módszerrel fejlesztett olyan megoldásokat, amelyek korlátozottan alkalmasak néhány autótípus adatainak vizsgálatára. (Ilyen megoldás látható az 1. ábrán.)

²⁰ JAIN-CHHABRA 2014.

²¹ GARFINKEL 2007.

²² STANDER-BARNARD 2017.



1. ábra: Járműből kiszertelt központi egység vizsgálati eszközei

Forrás: a szerzők felvétele

Ezek az eszközök nem elterjedtek széles körben, nem alkalmazhatók minden gyártó esetén, továbbá nem biztosítják minden jármű esetén ugyanazon adatok hozzáférhetőségét. Látható, hogy a jelenlegi megoldások által lefedett terület meglehetősen szűk, nem csak a teljes gyártói spektrum nincs lefedve, de az egyes gyártók minden járműtípusa sem. Azokban a járművekben, amelyekhez hozzáférést biztosítanak ezek a megoldások sem érhető el minden olyan adat, amely egy vizsgálat során szükséges lehet.

Az olyan adatok esetén, amelyekhez ezek a megoldások biztosítanak hozzáférést, az adatok kinyerése nem minden esetben valósul meg strukturált, értelmezhető formában, a nyers adatok gyártói információk nélkül nem minden esetben értelmezhetők.

Összegzés

A jövőben az infokommunikációs technológiák további fejlődése a járműgyártásban is egyértelműen megmutatkozik. Az összekapcsoltság és az automatizálás új lehetőségeket teremt a közlekedés hatékonyságának és biztonságának növeléséhez. A modern és egyre inkább autonóm módon működő járművek hosszú távon nagyobb biztonságot eredményeznek. Egy utólagos szakértői vizsgálatban meg kell tudni állapítani, hogy milyen esemény, mikor, hol, milyen körülmények között történt, és ki volt érintett. A szakértői vizsgálatok célja lehet a modern és önvezető járművek által elszenvedett vagy okozott balesetek utólagos vizsgálata, vagy egyéb bűncselekmények, például személyek vagy kábítószer-szállítmányok nyomon követése, gyilkosságokhoz kapcsolódó nyomozás és egyéb hatósági, jogi, büntetőjogi eljárásokban való, a járművekben megtalálható információk elemzése. Az új technológiák megjelenése és a megnövekedett adatmennyiség, új adatforrások új szakértői megoldásokat, eszközöket, megközelítéseket, folyamatokat igényelnek a korábbi és az esetlegesen új kérdések megválaszolására. Tanulmányunkban

meghatároztuk a modern járművek szakértői vizsgálati kihívásai, emellett javaslatot tettünk ezek csoportosítására (általános vizsgálati eljárás kihívásai, vizsgáló eszköz kihívásai). Megállapítottuk, hogy a kihívások kapcsán a modern járművek digitális szakértői vizsgálata messze túlmutat a jelenleg rendelkezésre álló módszertanokon, kompetenciákon, eszközökön. Jelenleg kevés vizsgálati megoldás létezik a modern járművekhez kapcsolódóan, komplex, hatékonyan alkalmazható módszertan, megoldás egyelőre nem áll rendelkezésre.

Felhasznált irodalom

- A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a régiók bizottságának. Európa mozgásban. Fenntartható mobilitás Európában: biztonságos, összekapcsolt és tiszta közlekedés* (2018). Brüsszel, 2018. május 17. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0293&from=HU>
- CALVERT, ROZ (2017): Types of Forensic Tests. *Sciencing.com*, 2017. április 25. Online: <https://sciencing.com/types-forensic-tests-7551951.html>
- CHANDEL, Raj (2020): Digital Forensics: An Introduction. *Hacking Articles*, 2020. szeptember 14. Online: www.hackingarticles.in/digital-forensics-an-introduction/
- CSISZÁR Csaba – FÖLDES Dávid – CSONKA Bálint (2018): *Közlekedési információs rendszerek*. Budapest: Akadémia.
- CSISZÁR Csaba – SÁNDOR Zsolt Péter (2014): *Közlekedés informatika*. Online: www.researchgate.net/publication/277015956_Kozlekedesi_informatika
- Európa mozgásban: a Bizottság befejezi a biztonságos, tiszta és összekapcsolt mobilitás programját*. 2018. Online: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/hu/IP_18_3708
- Forensic science [é. n.]. *Britannica.com* Online: www.britannica.com/science/forensic-science#ref310214
- GARFINKEL, Simson (2007): Anti-forensics: Techniques, Detection and Countermeasures. Online: <https://core.ac.uk/download/pdf/36736409.pdf>
- JAIN, Anu – CHHABRA, Gurpal Singh (2014): Anti-Forensics Techniques: An Analytical Review. In *2014 Seventh International Conference on Contemporary Computing (IC3)*, 2014. augusztus 7–9. Online: <https://doi.org/10.1109/IC3.2014.6897209>
- Közlekedéstan* [é. n.]. Győr: Széchenyi István Egyetem. Online: <https://ko.sze.hu/catdoc/list/cat/7086/id/7106/m/4974>
- RÉPÁS József et al. (2022): What Does Our Car Tell About Us? The Questions and Possibilities of It Forensic of Modern Vehicles. In *János Szentágothai International Multidisciplinary Conference and Student Competition*. Pécs, 2022. április 14. (Pécs: Szentágothai János Szakkollégiumi Egyesület).
- STANDER, Adrie – BARNARD, Hanlé (2017): Digital Forensics and Electronic Evidence. *Udemy.com*, 2017. november. Online: www.udemy.com/course/digital-forensics-and-electronic-evidence/
- Szakmai módszertani leírások* (é. n.). Budapest: Nemzeti Szakértői és Kutató Központ. Online: <https://nszkk.gov.hu/modszertani-leirasok>
- VÍZI Linda [é. n.]: A Computer Forensics jogi vonzata. *NETAcademia.hu*. Online: <https://netacademia.hu/courses/take/computer-jog/multimedia/8481853-figyelem-ez-egy-classic-tanfolyam> (regisztrációhoz kötött megtekintés)

Vákát

A tengeri kikötők értékelése a hadszíntéri logisztikai felderítés végrehajtásakor

Az erőknek a kijelölt hadszíntérre történő stratégiai jelentőségű átcsoportosításakor kombinált szállítási módszert is alkalmazhatnak a tervezéssel és szervezéssel foglalkozó személyek, szervezetek attól függően, hogy a kötelekeknek hol, mikor, milyen jellegű és kiterjedésű műveletben kell részt venniük. A tanulmány azokat a lehetséges szempontokat vizsgálja, amelyek fontosak lehetnek a hadszíntéri logisztikai felderítéshez kapcsolódóan a folyami és tengeri kikötők értékelésekor. A kikötők felderítéséből, értékeléséből származó információk kiemelt szerepet tölthetnek be az erők tengeri vízi mobilitási képességének fenntartásában, amikor a stratégiai szállítások során nagy mennyiségű haditechnikai eszközt szükséges mozgatni. Azonban a kikötők logisztikai felderítéséhez használható szemrevételezési szempontokat tartalmazó listák jelenleg nincsenek kidolgozva egyetlen hazai logisztikai szabályzóban sem. A cikkben a célom, hogy javaslatot tegyek a kikötők szemrevételezéséhez használható listák összeállítására, amelyeket eredményesen lehet alkalmazni a logisztikai felderítés végrehajtásakor.

Kulcsszavak: logisztikai támogatás, logisztikai felderítés, kikötők értékelése, szemrevételezési listák

Evaluation of Seaports During Logistic Reconnaissance on the Battlefield

Staff which plans and organizes the deployment can use combined methods of transportation for onward strategic movement of forces depending on where, when and what kind of operation the designated unit has to take part in. The article deals with possible viewpoints that can be important for the evaluation of seaports during logistic reconnaissance on the battlefield. Information which derives from detection of seaports can play an important role in the maintenance of water mobility of forces when it is necessary to move significant amount of military equipment during strategic level transportation. However, the checklists containing viewpoints of inspection applicable in the logistic reconnaissance of seaports are not currently elaborated in domestic regulations. In the article my objective is to make a recommendation for the composition of checklists that can be applied in conducting logistic reconnaissance.

Keywords: logistic support, logistic reconnaissance, evaluation of seaports, checklists of inspection

¹ Tanársegéd, Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Hadtáp, Pénzügyi és Katonai Közlekedési Tanszék; doktori hallgató, Nemzeti Közszerológati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola; e-mail: szajko.gyula@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0002-4347-4340.

Bevezetés

A hadszíntér logisztikai felderítéséből származó információk rendkívül fontosak a műveletek végrehajtására kijelölt erők felvonultatásában, logisztikai támogatásában és az erők visszacsoportosításában. Az erők mozgását a közlekedési hálózatok igénybevételével tervezik és szervezik a műveletek logisztikai támogatásban közreműködő szervezetek és személyek. A logisztikai művelettervezést végző törzsek ennek megfelelően többféle (légi, vízi, vasúti, közúti) szállítási módszerrel is tervezhetnek attól függően, hogy az erőknek hol, mikor, milyen jellegű és kiterjedésű műveletben kell részt venniük. Alapvető követelmény (akár szövetségesi vagy nemzeti műveletről is legyen szó), hogy a stratégiai jelentőségű átcsoportosítások végrehajtásakor a személyi állományt légi utanszállítással, míg az eszközöket (a honi bázis és a hadszíntér közötti távolságot, valamint a természetföldrajzi tényezőket figyelembe véve) vasúton és/vagy vízi közlekedésen keresztül teherhajóval mozgassák.² Ehhez természetesen információkra van szükség a hadszíntéri közlekedési infrastruktúrák kapacitásadatairól. A logisztikai felderítéssel pontosan ezt az igényt lehet kielégíteni, amellyel biztosítható a logisztikai támogatás szempontjából fontos körletek, objektumok, létesítmények, közlekedési hálózatok feltérképezése és az adatok rendszerezése.³ A felderítést végző csoportoknak az információk összegyűjtésére kétféle lehetőség is rendelkezésére áll. A leggyakrabban használt módszer a logisztikai helyszíni szemrevételezés, amikor a feladatra kijelölt szakértők kitelepülnek a hadszíntérre, és előzetes értékelést végeznek az igénybe vehető közlekedési hálózatokról, míg a másik lehetőség, hogy a csoportok az informatikai hálózatok segítségével szerzik be a szükséges adatokat.⁴ Mindkét módszerrel kapcsolatban kijelenthető, hogy a feladat-végrehajtás hatékonyságát lehet növelni a közlekedési hálózatok értékeléséhez használható szemrevételezési listák alkalmazásával. Példaként lehet említeni, hogy a Többnemzeti Interoperabilitási Tanács külön ajánlása⁵ taglalja – egységes keretrendszerbe foglalva – a kikötők, repülőterek, vasút- és úthálózatok katonai szempontok szerinti értékelését, ezzel is elősegítve (koalíciós műveletekben) a logisztikai felderítés sikerességét. Természetesen a NATO különböző dokumentumai^{6,7} és más tagállamok haderőinek nemzeti szabályzói is megfogalmaznak szempontokat, de ezeket nem nyílt adatforrásként tárolják, így rájuk hivatkozni, vagy a bennük tárolt információt feldolgozni csak korlátozott mértékben lehet.

A listákkal kapcsolatban kijelenthető, hogy segítséget nyújtanak az adatok rendszerezésében és kitérnek azokra a tényezőkre, amelyek befolyásolhatják a szállítások eredményes végrehajtását. Azonban a szemrevételezési szempontokat tartalmazó listákat

² SZAJKÓ–HORVÁTH 2022: 377.

³ Ált/217. *Magyar Honvédség Logisztikai Támogatási Doktrína*. 2015.

⁴ SZAJKÓ–HORVÁTH 2022: 374.

⁵ *Common Record of Logistic Reconnaissance for Coalition Partners*. Version 1.1. 2012. [Fordította a szerző.]

⁶ ATP 3.13.1 *Reception, Staging and Onward Movement Procedures*. 2014.

⁷ AJP-4.4 (STANAG 2506) *Allied Joint Movement And Transportation Doctrine*. 2013.

nem említi egyetlen hazai logisztikai szabályzó sem. Célszerű ezeket kidolgozni és a hadszíntéri logisztikai felderítés végrehajtásakor alkalmazni.

Ennek megfelelően a tanulmány megírásával a célom az, hogy – a vonatkozó szakirodalom és az érvényben lévő szabályzók figyelembevételével – javaslatot fogalmazzak meg a kikötők értékeléséhez használható szemrevételezési lista összeállítására, amellyel ki lehetne egészíteni a hazai eljárásrendeket és növelni a hadszíntéri logisztikai felderítés hatékonyságát.

A kikötők rövid jellemzése

A kikötők meghatározó szerepet töltenek be a vízi közlekedés biztonságos lebonyolításában. A kikötők vizsgálatakor érdemes röviden jellemezni a tulajdonságait, amely hozzájárulhat a későbbiekben javaslatként összeállított szemrevételezési lista jobb megértéséhez. A kikötők meghatározására a hatályos 2000. évi XLL. törvény a vízi közlekedésről a következőket írja:

„Az úszólétesítmények kikötésére kijelölt vagy azok részére fenntartott partterület, amely alkalmas a víziközlekedéssel, személyek be- és kiszállítással, árukezeléssel, áruátrakással és elosztással, valamint az úszólétesítmények hajózásra alkalmasságának megőrzésével kapcsolatos tevékenység végzésére, és a hajózási hatóság üzemeltetési engedélyével rendelkezik.”⁸

A definícióból következik, hogy a kikötők működtetéséhez, kialakításához széles körű infrastruktúrát szükséges biztosítani. Jellemzésüket széles körű feladatrendszer miatt célszerű csoportosítás alapján elvégezni.

A vízi közlekedéssel kapcsolatban általánosságban kijelenthető, hogy a kikötők felszereltségük, kapacitásuk, a part menti tulajdonságaik és természetesen a víz fajtájától (szárazföldi felszíni vizek, tengerek, óceánok vizei) függően egymástól eltérő kialakításúak lehetnek. Ebből következik, hogy a kikötők csoportosítását különböző szempontok szerint is el lehet végezni, amelyek a következők:⁹

- földrajzi elhelyezkedésük szerint lehetnek:
 - tengeri,
 - folyami,
 - tavi,
 - csatornakikötők;
- létrejöttük szerint:
 - természetes,
 - mesterséges (nyílt vízi vagy medencés);
- rendeltetésük alapján:
 - hadi,
 - kereskedelmi (személyforgalmi vagy áruforgalmi),

⁸ 2000. évi XLII. törvény a víziközlekedésről.

⁹ SIMONGÁTI et al. 2012: 130.

- üzemanyag-fellevő,
- halászati,
- telelési és/vagy menedék,
- sportkikötők;
- üzemeltetés szerint:
 - közforgalmú,
 - saját, illetve üzemi használatú;
- tulajdonlás alapján:
 - állami,
 - önkormányzati,
 - magán.

A kikötőket napjainkban a nagyságuk és a kereskedelmi jelentőségük alapján is megkülönböztetik. Az úgynevezett nemzetközi jelentőségű kikötők főbb jellemzője, hogy egy-egy nagyobb gazdasági régió igényeit szolgálja ki, biztosítva a térségbe érkező áruk és személyek fogadását, illetve az exportra kínált termékek feladását. Idesorolható például az amszterdami tengeri, a duisburgi folyami vagy a chicagói tavi kikötő.

A regionális jelentőségű kikötők már csak kisebb térségek szállítási szükségleteit elégítik ki, amelyeknek „gazdasági hatósugaruk” néhány 100 km-ig terjed.¹⁰ Példaként lehet említeni a marseille-i, az alexandriai tengeri, illetve a csepei és a pozsonyi folyami kikötőket.

A helyi jelentőségű kikötők rendszerint kisebb hajók fogadására (be- és kirakodására) alkalmasak, amelyek főként egy-egy nagyobb ipari létesítmény kiszolgálását tudják biztosítani. A csoportosítás mellett érdemes kitérni arra is, hogy melyek a fő elemei egy-egy kikötőnek. Az eltérő kialakítások ellenére a legtöbb tengeri kikötő rendelkezik:¹¹

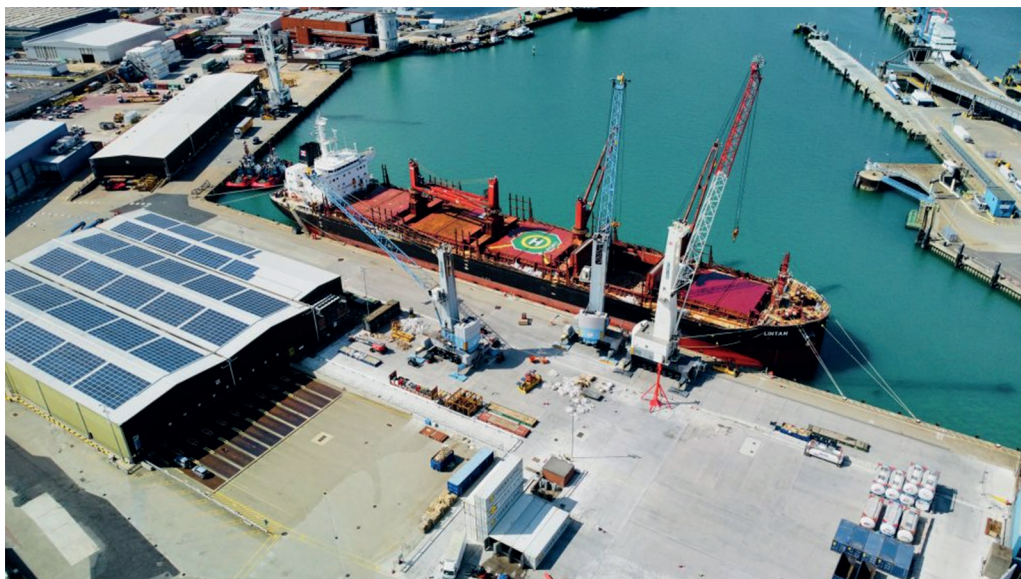
- hullámtörővel,
- kikötői vízterülettel,
- szárazföldi rakodóállomásokkal,
- partfalakkal.

A hullámtörő, amely lehet természetes (például sziklaképződmény) vagy mesterséges építmény (gát, móló vagy töltés) azt a célt szolgálja, hogy megvédje a nagyobb hullámoktól a kikötőt, biztosítva ezáltal, hogy az általa elválasztott partterületen a víz nyugodtabbá és biztonságosabbá váljon, mint a nyílt vizeken.

A hajók kikötését elsődlegesen a kikötői vízterületen végzik el, ahol megtalálhatók a hajóállások, dokkok (1. ábra). Ezek az elemek segítik a hajók rögzítését és biztosítják például a rakodási feladatok sikeres teljesítését.

¹⁰ SIMONGÁTI et al. 2012: 62.

¹¹ Sea Ports and Terminals. 2022.



1. ábra: Portsmouth Flathouse rakpart hajóállása

Forrás: <https://portsmouth-port.co.uk/commercial/conventional-berths/>

A kikötők kialakítását számos tényező befolyásolhatja. Ezek közül kiemelhető a kereskedelembe betöltött szerepe, a földrajzi adottságai, a pénzügyi és emberi erőforrások rendelkezésre állása, valamint a hozzá kapcsolódó infrastruktúra megléte és kiépítettsége. Általánosságban kijelenthető, hogy egy nagyobb áruforgalmat lebonyolító kikötőknél megtalálhatók továbbá a:

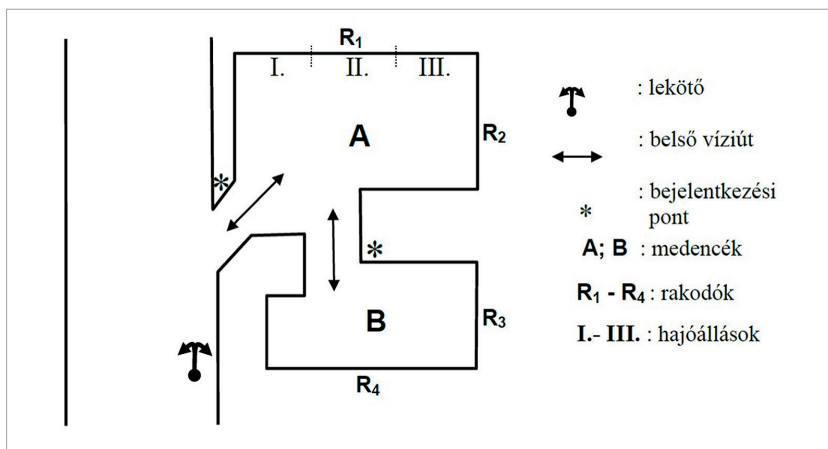
- rakodóberendezések, raktárak, tárházak, silók,
- közúti, vasúti elemek (Ro-Ro kikötő),¹²
- üzemi, igazgatási és szociális épületek,
- közművek, energiaellátás, információs rendszerek,
- hajójavító dokkok, műhelyek, daruk,
- kommunikációs és meteorológiai állomás,
- lakóövezetek, kábel, mosoda, egészségügyi szolgálatok és rekreációs körletek.

A hullámtörők méretei, kialakítása, a hajóállások felszereltsége, darabszáma, a rakodókapa-
citás mértéke, a kikötő vízmélysége és megközelíthetősége jelentősen befolyásolhatja
a „fogadható” úszó létesítmények típusát, mennyiségét. Ezért is fontos, hogy a logisztikai

¹² Az 510/2017. (XII. 29.) Korm. rendelet a kikötő, komp- és révátkelőhely, továbbá más hajózási létesítmény létesítéséről, használatbavételéről, üzemben tartásáról és megszüntetéséről alapján: a Ro-Ro kikötő olyan közlekedési infrastruktúra, amely biztosítja a közúti/vasúti járművek ki- és behajózását, várakozását, kereskedelmi eljárásait, a járművekkel kapcsolatos egyéb szolgáltatásokat. Katonai szempontból rendkívül fontos, hogy a kikötő rövid távolságon belül megközelíthető legyen a közlekedési alágazatokkal (út- és vasúthálózatokkal), annak érdekében, hogy az erők továbbmozgatását gyorsan és zökkenőmentesen tudják végrehajtani a feladatra kijelölt szervezetek és személyek.

felderítés végrehajtásakor a szemrevételezést végző csoportok megvizsgálják, értékeljék ezeket a tényezőket. Ennek megfelelően a szemrevételezési listában is célszerű hasonló szempontokat szerepeltetni.

A partfalak szintén fontos elemei a kikötőknek, mivel biztosíthatják a szárazföldi rakodási munkálatok biztonságosabb munkavégzését. Az erős, masszív szerkezetek fő feladata, hogy elválasszák a szárazföldet a vízterülettől, ezzel megakadályozzák a hullámhatásokat és az által okozható károkat, áradásokat. Természetesen a felsorolt főbb elemek kiegészülhetnek további infrastruktúrával, példaként lehet említeni a folyami kikötőket, amelyeknél jellemzően kiépíthetnek horgonyzóhelyeket, belső vízi utat, bejelentkezési pontot vagy medencét is (2. ábra).



2. ábra: Kikötők hálózati rendszerének vázlata

Forrás: SIMONGÁTI et al. 2012: 135.

A 2. ábrán látható, hogy a lekötő (horgonyzóhelyek) biztosítják az úszó létesítmények időszakos kikötését, amelyre akkor lehet szükség, ha a hajóknak várakozniuk kell a ki- vagy berakodási műveletek végrehajtására. A belső vízi út segítségével a hajók meg tudják közelíteni a hajóállomásokat, amelynek irányításában (forgalomszabályozásában) közreműködhetnek a bejelentkezési ponton kialakított infokommunikációs rendszerek és a megfelelő képesítésekkel rendelkező személyek. A medencék pedig lehetővé teszik a rakparton a biztonságos munkavégzést, az áruk fogadását, illetve a termékeket feladását.

Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a katonai vízi közlekedés (és a műveletek) sikeres végrehajtása érdekében hadikikötőket is létrehozhatnak, kialakíthatnak, amelynek célja, hogy biztosítsa a hadihajók kikötését, ellátását, felszerelését, javítását, építését, valamint a katonai céloknak megfelelően garantálja az objektumok védelmét a többirányú támadási lehetőségekkel szemben.¹³ A gazdasági és védelmi szempontok figyelembevételével a hadikikötők különböző módszerek alapján is működhetnek, üzemelhetnek.

¹³ 41/2005. (XI. 24.) HM-GKM együttes rendelet a katonai célú víziközlekedésről.

A védelmi képességek kialakítása alapján a kikötők három fajtája a kizárólagos katonai használatú (például Norfolk), a kombinált felhasználású (például Konstanca, Barcelona) és az időszakosan működő kikötők (például Mulberry, Gooseberry, Falkland-szigetek). A katonai felhasználást tekintve a kereskedelmi kikötők kiegészülhetnek speciális infrastrukturális elemekkel is, mint például:¹⁴

- felderítést segítő eszközökkel: radar- és szonárrendszerekkel, műholdas kapcsolatot biztosító berendezésekkel, környezeti mozgásérzékelőkkel;
- védelmet garantáló létesítményekkel: kerítésekkel, őrtornyokkal, víz alatti bombákkal;
- fegyver- és hadianyagraktárokkal, fegyverjavító műhelyekkel;
- demagnetizáló mólókkal (hadihajók fogadására alkalmas rendszerek);
- műveleti/parancsnoki épületekkel;
- speciális dokkokkal;
- kiképzéssel kapcsolatos objektumokkal;
- egyéb katonai célú épületekkel (például fogda, katonai rendészet).

A kikötők logisztikai szemrevételezésekor ezeket a szempontokat is érdemes figyelembe venni, megvizsgálni, milyen infrastruktúrák állnak rendelkezésre, biztosítva ezáltal (a felmérésen keresztül) a katonai célú felhasználás kialakításának lehetőségét is. A helyszíni szemrevételezéshez használható listát véleményem szerint ezekkel a szempontokkal is szükséges kibővíteni.

A tengeri és folyami kikötők rövid jellemzéséből levonható a következtetés, hogy több szempontot is érdemes tehát figyelembe venni a hadszíntéri logisztikai felderítés végrehajtásakor. A következőkben ennek megfelelően a logisztikai helyszíni szemrevételezés oldaláról – a tanulmány első részében leírt jellemzőket is felhasználva – vizsgálom meg a kikötőket és teszek javaslatot egy szemrevételezési szempontokat tartalmazó lista összeállítására.

A kikötők hadszíntéri logisztikai felderítése

A kikötők fontos szerepet töltenek be a stratégiai jelentőségű átcsoportosítások sikeres végrehajtásában különösen akkor, ha a koalíciós erőknek – egymástól vízzel elválasztott – kontinenseket átívelő katonai műveletekben kell részt venniük. A Magyar Honvédség (MH Magyarország természetföldrajzi adottsága miatt) nem rendelkezik haditengerészeti komponenssel, így képességekkel sem. Felmerülhet a kérdés például, hogy miért van szükség szemrevételezési listákra, ha nem rendelkezik az MH haditengerészettel és tengeri hadikikötőkkel. Egyrészt az MH jelenleg a világ szinte minden pontján – a NATO-csatlakozást követően – megközelítőleg 18 misszióban és mintegy 700 fővel (az országgyűlés által jóváhagyott felajánlásokon keresztül) vesz részt különböző béketámogató műveletekben, ezzel is segítve a nemzetközi béke és biztonság

¹⁴ RÉTI 2005: 112.

megőrzését. A lehetséges felajánlások és szerepek természetesen a már meglévő vagy a tervezetten létrehozandó képességek függvényében változhatnak.

Számos példa mutatja azonban, hogy a többnemzeti katonai műveleteket csak a szövetséges tagországok hozzájárulásain keresztül tudja a NATO végrehajtani (például a KFOR-misszió). Érdemes tehát figyelembe venni azt a tényezőt, hogy az MH-nak azon kívül, hogy folyamatosan biztosítani kell szükséges erőket a jelenlegi missziókhoz, elképzelhető, hogy további feladatokba (béketámogató műveletekbe) is bevonhatják (természetesen az országgyűlés jóváhagyásán keresztül). Erre szükséges – megfelelő kiképzésekkel, a szabályzók pontos ismeretével felkészülni a logisztikai támogatást tervező és szervező személyeknek. A NATO-kötelékek logisztikai támogatásának folyamataira is igaz, hogy csak a szövetséges tagországok hozzájárulásaival biztosítható eredményesen az erők mindenoldalú ellátása. Általánosságban elmondható, hogy a műveletek logisztikai támogatásának megszervezéséért és tervezéséért a NATO alárendeltségében működő Összhaderőnemi Logisztikai Támogató Csoport (ÖLTCS) (*Joint Logistic Support Group*) felel. A műveletek kezdeti szakaszában rendszerint az ÖLTCS aktivizálja az Összhaderőnemi Logisztikai Felderítő Csoportot (ÖLFCS), hogy a hadszíntérre kikerelve elsőként felderítést végezzen a logisztikai támogatás szempontjából fontos objektumokról, létesítményekről, a közlekedési hálózatokról, tartalmazva a légi és tengeri kikötőket, a létfontosságú út- és vasúthálózatokat, amelyekkel biztosítható az erők fogadása, állomásoztatása és előremozgatása¹⁵ (RSOM-műveletek).¹⁶

Az ÖLTCS működtetése is a szövetséges tagországok hozzájárulásain keresztül valósul meg. Érdemes tehát az MH-ban szolgálatot teljesítő logisztikai szakembereket is felkészíteni azokra a feladatokra, amelyek a logisztikai felderítéshez köthetők és biztosítani számukra helyszíni szemrevételezési szempontokat tartalmazó listákat. Természetesen az ÖLTCS-nek van saját egységes műveleti utasítása (EMU) és a szemrevételezésekhez irányelvei, ennek ellenére a hazai eljárásrendek kibővítésével már a hazai felkészítéseken is megismerkedhetnek a logisztikai szakemberek a logisztikai felderítés sajátosságai-val, amely a későbbiekben segítségükre lehet nemzetközi szerepvállalásaik (például az ÖLTCS-ben) sikeres teljesítésében. Másrészt a missziókon kívül az MH készenléti erők biztosításával is részt vállal a szövetséges feladatokból. Példaként lehet említeni a zászlóalj harccsoportokat, amelyek a NATO Reagáló Erőknek (*NATO Response Force*, NRF) és az Európai Unió Harccsoportjának (*EU Battlegroup*, EU BG) egy-egy váltását biztosítják, illetve a 2023-ra tervezett telepíthető lövészdandár-képesség kialakítását is.¹⁷ A készenléti erők aktiválásával az MH-nak is fel kell készülnie, hogy a rendelkezésére álló erőforrások birtokában képes legyen tevékenyen szerepet vállalni egységeink hatékony támogatásában, a hadszíntéri mozgatási és szállítási feladatok végrehajtásában. Ez a hadműveleti terület alapos logisztikai felderítését feltételezi, amely kitér a köz-

¹⁵ Az RSOM-műveletek célja, hogy a feladatok végrehajtására kijelölt erők és eszközök az összhaderőnemi parancsnok követelményei szerint a megfelelő időben, a megfelelő állapotban érkezzenek meg a műveleti területre, és hatékony támogatásukkal az erők elérjék a teljes műveleti képességet. VENEKEI–SZAJKÓ 2020: 26.

¹⁶ SZAJKÓ 2018: 110.

¹⁷ VENEKEI–SZAJKÓ 2020: 38.

lekedési infrastruktúrák kapacitásaira és a Befogadó Nemzeti Támogatás keretében nyújtható szolgáltatásokra.

Ezenkívül 2020 decemberétől a magyar állami tulajdonban lévő Adria Port Zrt. 100%-os tulajdonába került a trieszti kikötő, így Magyarország sok év után újra rendelkezik saját tengeri kijáráttal.¹⁸ A terület kereskedelmi célú üzembe helyezése és működtetése előtt még infrastrukturális (például logisztikai központok kiépítését) beruházásokat is megvalósít a vállalat, hogy pár éven belül alkalmassá váljon áruk és személyek fogadására, feladására. Véleményem szerint érdemes lehet a későbbiekben a katonai célú felhasználását is megvizsgálni és értékelni, a szélesebb körű elemzés végrehajtásához pedig szemrevételezési listákat alkalmazni. Kijelenthető tehát, hogy indokolt a közlekedési hálózatok értékelésének szempontjaival is bővíteni a logisztikai eljárásrendeket taglaló doktrínákat, szabályzatokat és utasításokat.

A szemrevételezési listák összeállításakor célszerű követelményeket is figyelembe venni (a Magyar Honvédség Közlekedési Támogatási Doktrínában¹⁹ és a NATO AJP-4 Szövetséges Összhaderőnemi Logisztikai Doktrínában²⁰ leírt támogatási elvek alapján), amelyek beazonosítják a főbb szempontokat. A kikötőkkel kapcsolatos logisztikai felderítési adatok összegyűjtésekor az alábbi követelmények teljesülésére mindenképp érdemes figyelmet fordítani:²¹

- a táblázat tartalmazzon általános szempontokat a kikötőkre vonatkozóan;
- a feladatlistában szerepeljenek olyan adatok, amelyek a kikötők bejárhatóságára, kiépítettségére, méretére vonatkoznak;
- tartalmazzon szempontokat a kikötők megközelíthetőségére és a belső hálózatának vizsgálatára vonatkozóan;
- a feladatlistában szerepeljenek információk, amelyek a kikötők legfőbb infrastrukturális és speciális elemeivel kapcsolatosak;
- vegye figyelembe a folyamatos működést biztosító létesítmények, erőforrások kapacitásadatait.

A táblázat összeállításakor – a követelmények mellett – a Többszemzeti Interoperabilitási Tanács²² (a továbbiakban: Tanács) által megfogalmazott (nyílt adatforrású) javaslatokat is figyelembe vettem. A Tanács által 2012-ben kiadott dokumentum²³ a tengeri és folyami kikötőkre, öt tárgykörre vonatkozóan összesen 53 tényezőt sorol fel a logisztikai felderítéshez kapcsolódóan, amelyeket kiegészítettem a tanulmány első fejezetében taglalt jellemzőkkel és katonai szempontokkal (1. táblázat).

¹⁸ Újra van tengeri kikötője Magyarországnak 2021.

¹⁹ Magyar Honvédség Közlekedési Támogatási Doktrína 2005.

²⁰ AJP-4 Allied Joint Doctrine for Logistics 2018.

²¹ SZAJKÓ–HORVÁTH 2022: 379.

²² Multinational Interoperability Council.

²³ Common Record of ... 2012.

1. táblázat: Szemrevételezési lista kikötők értékeléséhez

Fsz.	Szempontok	Megjegyzés
I. Alapadatok		
1.	Szemrevételezés időpontja	
2.	Időjárási körülmények	
3.	Alapvető tengeri/folyami jellemzők	
4.	A helyszínen rendelkezésre álló tengeri/folyami vizet leíró diagramok	
5.	Kikötőt érintő helyi problémák	
6.	A kikötőben alkalmazott korlátozások (például a veszélyes anyagok rakodásával, tárolásával kapcsolatos külön szabályok)	
7.	A kikötő rövid általános leírása (például a katonai tevékenység mennyire engedélyezett, és befolyásolhatja-e a helyi napi rendszerű kikötői munkavégzést)	
II. Részletezett adatok kikötői vízterület		
8.	Belső vízi utak/bekötőcsatornák leírása (például hány darab található a kikötőben, milyen szélességgel, hosszúsággal, mélységgel rendelkezik, milyen korlátozások vannak érvényben)	
9.	Belső vízi utak közlekedési lehetőségei (például a közlekedést segítő irányítók, vízi vontató és navigációs eszközök megléte)	
10.	A kikötő kommunikációs rendszere (például frekvenciatartományok, hívójelek)	
11.	Horgonyzóhelyek/Hajóállások leírása (például darabszámuk, elhelyezkedésük, mélységük, rögzítést biztosító eszközök, medencék megléte, mélysége)	
12.	A part jellemzése (például a part elhelyezkedése, koordináták, a part meredeksége, összetétele, milyen típusú hajók fogadására alkalmas)	
13.	A kikötő tengeri/folyami vízének jellemzői (például a víz mélysége a kikötő bejáratánál és a kikötőben, maximum merülési mélység)	
14.	Árapályjellemzők (például árapálydiagramok megléte, a dagály és apály kialakulásakor jelentkező mélységi eltérések)	
15.	A kikötőben a hajókkal történő fordulásokat korlátozó intézkedések, akadályok	
16.	A kikötőben jelentkező izaposodási problémák (például tömege, elhelyezkedése, a tisztításért felelős személyek/szervezetek)	
17.	A kikötőben található mesterséges és természetes akadályok	
III. Részletezett adatok kikötői létesítmények, objektumok, infrastruktúrák, szolgáltatások		
18.	A kikötőt ábrázoló topográfiai térképek megléte	
19.	Kikötőmester megléte, elérhetősége	
20.	A kikötő kapacitását leíró adatok (például a kikötő fogadóképessége hajó/nap)	
21.	Kikötői hajóállások/dokkok/mólók leírása, kapacitásadatok (például konténerrakodó képesség, terminálok, veszélyes anyagok rakodási lehetőségei, vízmélység, munkaterületek száma, hosszúsága, szélessége, silók megléte, akadályok, esetleges korlátozások leírása)	
22.	A kikötő üzemeltetése (óra/nap)	
23.	A kikötő raktárkapacitásai (például a raktárak elhelyezkedése, méretei, állaga, veszélyes anyagok tárolási lehetőségei)	
24.	A rakodást segítő eszközök, gépek, berendezések (konténerrakodó eszközök, daruk, targoncák megléte, darabszáma)	
25.	Hajók karbantartását/javítását biztosító létesítmények, szolgáltatások	
26.	A kikötőhöz tartozó úszó létesítmények (például tűzoltást biztosító felszerelések, hajók, kotróhajók/kompok megléte állapota)	
27.	A kikötőben alkalmazott hulladékkezelési eljárások/szabályok/egyezmények	
28.	A fekete/szürke vizek (szennyvizek) kezelésére/elvezetésére vonatkozó eljárások/szabályok	
29.	A veszélyes hulladékokat (például hajtó-kenőanyagokat) kezelő/mentesítő épületek megléte/állapota	
30.	Ivóvíz (édesvíz) elérhetősége/biztosítottsága	

Fsz.	Szemponatok	Megjegyzés
31.	A kikötői vízterületen kotrási lehetőségek	
32.	A kikötői vízterületen a hajók vontatását biztosító úszó létesítmények	
IV. Részletezett adatok kikötő működését biztosító egyes szolgáltatások, infrastruktúrák		
33.	A kikötőhöz közeli lakott övezetek jellemzése (például elhelyezkedése, népesség száma, munkanélküliségi ráta stb.)	
34.	Helyi munkavállalók alkalmazhatósága (például rakodómunkások száma, szakképzettséggel rendelkezők száma, helyi szakszervezetek működése elérhetősége stb.)	
35.	Egészségügyi ellátást biztosító infrastruktúrák, szakemberek (például elhelyezkedése, milyen típusú egészségügyi ellátás biztosított, legközelebbi kórház távolsága, elhelyezkedése stb.)	
36.	Üzemanyag-ellátást biztosító infrastruktúrák, létesítmények, kapacitások	
37.	A kikötői rakodásban szerepet vállaló szervezetek, cégek elérhetőségei/kapacitásai	
38.	Elérhető energiaellátások (például víz, gáz, villamos energia)	
39.	A kikötőben rendelkezésre álló infokommunikációs eszközök, rendszerek. (például telefon/fax elérhetősége, fontosabb telefonszámok: tűzoltóság, rendőrség, mentőszolgálat stb.)	
40.	A szárazföldi tűzoltó kapacitások jellemzése	
41.	A kikötői vámkezelés szabályai (például vámhatóság megnevezése, elhelyezkedése, irodái stb.)	
42.	A kikötő közelében működő kereskedelmi vállalatok/cégek	
43.	Kikötő közelében működő szervizszolgáltatást biztosító vállalatok/cégek (például gépjárművek/rakodóeszközök/infokommunikációs eszközök karbantartásával, javításával foglalkozó vállalkozások, cégek)	
44.	Étkeztést biztosító vállalkozások (például elhelyezkedése, működése, kapacitása stb.)	
45.	A kikötő közelében elérhető szálláslehetőségek (például típusa, férőhelyek száma, működése stb.)	
V. A kikötő megközelíthetősége/igénybevétele		
46.	A kikötő igénybevételére vonatkozó szabályok	
47.	A kikötő közúti csatlakozási lehetőségei (például az útvonalak osztályozása, átbocsátó képessége, az útburkolatok minősége stb.)	
48.	A kikötő vasúti csatlakozási lehetőségei (például a vasútállomás jellege, állomási vágányok hossza, rakodási lehetőségek, a vasúti pálya nyomtávolsága, tengelyterhelése, villamosított-sága stb.)	
49.	A kikötőhöz közeli vízi közlekedési lehetőségek (például csatornák, folyók jellemzése, ha van, azok mélysége, szélessége, akadályozó tényezők stb.)	
50.	A kikötőhöz közeli repülőtér (például a repülőtér kapacitásadatai, működése, jellege stb.)	
VI. Katonai szempontok		
51.	Katonai felderítést segítő sonar- és radarrendszerek megléte	
52.	A kikötő védelmét biztosító rendszerek, létesítmények kiépíthetősége (például őrtornyok, kerítések stb.)	
53.	A lehetséges zárt információközlést biztosító létesítmények/parancsnoki épületek értékelése	
54.	A katonai kiképzésekhez szükséges infrastruktúrák rendelkezése állása/kiépíthetősége	
55.	Egyéb katonai célú épületek kialakíthatósága (például fogda, katonairendész-épületek, fegyverek tárolására alkalmas létesítmények/objektumok)	
56.	A kikötő kapacitása (például a kikötő alkalmazhatósága a konténerek, haditechnikai eszközök és anyagok egyidejű kirakodására, rendszerezésére)	
VII. A kikötő rövid összessége		
57.	A kikötőről szerzett információk rövid értékelése (kikötő jellemzése, például a fejlesztési lehetőségek, ha szükségesek)	
58.	A BNT képviselőivel az együttműködés minősége (nehezítő körülmények, ha vannak)	
59.	A kikötő alkalmazhatósága (például alkalmas ki- és berakodásra, a kikötőben lévő személyzet jellemzése az együttműködés minősége)	

Forrás: Common Record of ... 2012: 59–66. alapján a szerző szerkesztése

Látható, hogy az általam elkészített listában hét fő tárgykörre vonatkozóan összesen 59 szempont szerepel. A kibővített táblázatban már összevontam azokat a szempontokat (a kikötőmester elérhetősége, ivóvíz/édesvíz megléte, a hajó karbantartási kapacitások jellemzése), amelyek – a Tanács által közzétett listában – két helyen is szerepeltek. A táblázat az alapadatokkal kezdődik, ahol szükséges megadni a szemrevételezés időpontját, az uralkodó időjárási körülményeket (például milyen éghajlati övezetben helyezkedik el) és a kikötő alapvető jellemzőit. Itt érdemes lehet elemezni (amennyiben rendelkezésre áll a helyszínen) a tenger vizét leíró diagramokat. A batimetrikus diagram egy típusával – az izaritmikus térképekkel – például az óceán és a tenger fenekének elmerült domborzatáról és fiziográfiai jellemzőiről lehet információkat gyűjteni. Elsődleges céljuk a tenger vagy óceán domborzatának részletes mélységi kontúrjának ábrázolása, valamint a víz alatti jellemzők méretének, alakjának és eloszlásának biztosítása.²⁴ Ez fontos lehet abból a szempontból, hogy a felderítő csoportok adatokat szerezzenek a kikötő és a környező terület vízmélységéről, amely befolyásolhatja az úszó létesítmények biztonságos közlekedését is. Az alapadatok utolsó része az általános működéshez kapcsolódó feltételekre kérdez rá. Itt célszerű megvizsgálni, hogy a kikötő katonai célú felhasználása, igénybevétele mennyire biztosított. Természetesen arról is érdemes információt gyűjteni, hogy a kikötőt milyen vállalatok, állami tulajdonú cégek vagy magánszemélyek üzemeltetik, mennyire együttműködők a katonai célú felhasználásban és egyáltalán a napi rendszerű munkavégzés végrehajtását mennyire befolyásolhatja a hadihajók megjelenése. Ezek a tényezők alapvetően meghatározhatják a kikötők katonai alkalmazhatóságát, ezért mindenképpen érdemes kitérni rájuk a szemrevételezések teljesítéseihez.

A táblázat következő része a vízterülethez kapcsolódó szempontokkal folytatódik. A bekötő csatornák, belső víziutak kialakítása (darabszáma, mélysége, szélessége, hosszúsága), a közlekedést irányító, segítő eszközök, a horgonyzóhelyek, hajóállások tulajdonságai mind lényeges tényezők egy kikötőnél, mivel szabályozhatják a kikötő kapacitását, egyáltalán a teher-, valamint konténerszállító hajók fogadását. Példaként lehet említeni, hogy egy RSOM-műveltnél a tengeri kirakó állomással (és annak üzemeltetésével) szemben egyik alapvető követelmény, hogy képes legyen normál működési rendben egy nap/hajó fogadására, ahol az úszó létesítmények 1500-tól 5000-ig terjedő sávmérettel²⁵ rendelkeznek. Ehhez a fentiekben túlmenően szükséges felmérni a part elhelyezkedését, összetételét, meredekségét, hogy alkalmas-e kikötői műveletek végrehajtására, valamint értékelni a kikötő vízmélységét, az árapály-²⁶ jellemzőket. Az árapályjelenségnél szükségesnek tartom megjegyezni, hogy a dagálymagasság befolyásolhatja a napi munkavégzést, mivel alacsonyabb vízállásnál (apálynál) elképzelhető, hogy a hajók csak korlátozással közlekedhetnek a kikötőkben. Ezért is lényeges, hogy a felderítőcsoportok részletes elemzést hajtsanak végre a vízterület értékelésekor. Az iszaposodási

²⁴ What is bathymetry 2022.

²⁵ A sávmérő a roll-on/roll-off teherhajók fedélzeti mérőszáma, ahol a sáv hosszúsága 1 méternek, míg a szélessége 2 méternek, így egy sávmérő 2 négyzetméternek felel meg. Meaning of lan meters 2022.

²⁶ Az árapályjelenség a Nap és a Hold tömegvonzásának köszönhető. A legalacsonyabb vízállástól a legmagasabbig terjedő időszakot dagálynak, a legmagasabbtól a legalacsonyabb szintig terjedőt pedig apálynak nevezik. A két szint közötti vízálláskülönbség a dagálymagasság. BALOGH 2017.

problémák vagy a vízterületen található mesterséges és természetes akadályok szintén hatással lehetnek a vízi közlekedésre, így ezekre a szempontokra és megszüntetésük lehetséges módszereire is kiemelt figyelmet célszerű fordítani a felderítőcsoportoknak.

A szemrevételezési lista a kikötői infrastruktúrák, létesítmények, objektumok szempontjaival folytatódik. A táblázat kitér a topográfiai térképek meglétére, a kikötőmester elérhetőségére, amelyek segíthetik a helyszíni szemrevételezések végrehajtásakor az információgyűjtő folyamatok sikeres elvégzését. A hajóállások, dokkok, mólók elhelyezkedése, méretei, a ki- és berakodást segítő eszközök (konténerrakodók, daruk, silók megléte), a raktárak kialakításai, a vontató úszó létesítmények vagy a hajók karbantartását, javítását biztosító létesítmények, objektumok mind a kikötő kapacitását befolyásoló adatok, ennek megfelelően a vizsgálatuk is elengedhetetlen. Természetesen a táblázatban szerepelnek a tűzoltást segítő rendszerekre, a veszélyes hulladékok kezelésére, szennyvízkezelési szabályokra vagy az ivóvíz biztosítottságára vonatkozó szempontok is, amelynek értékelése azért fontos, mert a biztonságos munkavégzés feltételeit határozzák meg.

A táblázat következő része a kikötő közvetlen szárazföldi infrastruktúrájával, a szolgáltatások elérhetőségével foglalkozik. A kikötőt körülvevő lakóövezetek jellemzése (népességadatok, a népesség megoszlása, munkanélküliségi ráta), az egészségügyi ellátás minősége, a raktárműveletekben és a kereskedelemben (rakodás, elosztás, szállítmányozás) részt vevő vállalatok képességei, elérhetősége, az energiaellátás biztosítottsága, akkor lehet lényeges tényező a „kirakóállomás” értékelésekor, ha a stratégiai átcsoportosítások tervezésért és szervezésért felelős szervezetek az üzemeltetést kifejezetten a helyi erőforrásokra támaszkodva kívánják megvalósítani, megfelelően ezáltal a gazdaságossági elveknek is. A tűzoltó egységek rendelkezésre állása, képessége, a közelben működő szervizszolgáltatásokat végző vállalatok kapacitásai (például a konténerrakodó berendezések, rendszerek, daruk, rakodóeszközök karbantartását, hitelesítését végző cégek) a biztonságos munkavégzéshez járulhatnak hozzá. Az általános rakparti működés fenntartásához és a kikötőbe érkező erők ellátásához szükséges továbbá felmérni az üzemanyag-ellátást biztosító infrastruktúrákat, az étkezési szolgáltatásokat, és a szálláslehetőségeket. A kikötő nemzetközi, vagy regionális áruforgalmának sikeres és szabályos fenntartásához rendszerint szükség lehet vámkezelési eljárás lefolytatására. Ezért is szerepelnek a listában a vámhatóság kirendelt irodáinak működésére, elérhetőségére vonatkozó szempontok.

Természetesen a hadszíntér logisztikai felderítésekor érdemes megvizsgálni azt is, hogy milyen közlekedési alágazatok kapcsolódnak a kikötőhöz. Az út- és vasúthálózatok képességei, a repülőterek alkalmazhatósága, méretei befolyásolhatják az erők gyors telepíthetőségének megvalósítását. Elmondható, hogy (normál körülmények között) egy autópálya nagyobb átbocsátóképességgel rendelkezik, mint egy alacsonyabb osztályba sorolt főút, ennek megfelelően a személyek és eszközök szállítása is (két pont között) autópályán rövidebb idő alatt végrehajtható. Egy vasúthálózat, ha megfelelő tengelyterheléssel, nyomtávolsággal, több vasúti pályával, elegendő gördülő állománnyal és teherrakodásra alkalmas állomással rendelkezik, valószínű, hogy képessé válhat katonai szerelvények mozgatására is. Egy repülőtér, ha megfelelő kapacitásokkal rendelkezik (például elegendő hosszú futópályával, guruló úttal, bevezető irányító szolgálattal, kiszolgáló

egységekkel), valószínűsíthető, hogy utas- és teherszállító légi járművek fogadását is tudja biztosítani. Egy kikötő szemrevételezésekor tehát szükséges, hogy felderítőcsoport részletesen értékelje a létesítmény körüli közlekedési infrastruktúrákat és az egyéb szállítási kapacitásokat is.

A lista katonai szempontjai főként a védelemhez szükséges infrastruktúrák értékelését taglalják. A szempontok kitérnek a felderítést segítő eszközök telepíthetőségére, az illetéktelen behatolást megakadályozó rendszerek meglétére, kiépíthetőségére, a hadihajók fogadását, karbantartását biztosító létesítmények fejlesztési lehetőségeire, amelyek nélkülözhetetlenek a védelmi képességek kialakításában.

A táblázat végül egy rövid összefoglaló jelentéssel zárul, amely azt a célt szolgálja, hogy a logisztikai művelettervezést végző törzsek reális képet kapjanak a felderítőcsoportok általános tapasztalatairól és a kikötő alkalmazhatóságáról. Véleményem szerint a kibővített feladatlista segítséget nyújthat a hadszíntérre elsőként érkező felderítőcsoportoknak, hogy a kikötők vizsgálatát eredményesen tudják végrehajtani. A lista természetesen tovább bővíthető például a folyami kikötők jellegzetességeivel, a védelmet biztosító elemekkel vagy a hajók csoportosításával is. A lista összeállításánál a már korábban említett és meghatározott öt legfontosabb követelmény teljesülésére helyeztem a hangsúlyt, amelyek biztosíthatják az alapinformációkat a kikötő értékeléséhez.

Összegzés

A hadszíntér logisztikai felderítése komplex feladatként jelentkezik a műveletek logisztikai támogatásának tervezésekor és szervezésekor. A közlekedési hálózatok értékelése kiemelkedik ezen tevékenységek közül, mivel az erők honi területéről a kijelölt alkalmazási körletbe történő gyors és biztonságos átcsoportosítása főként a közlekedési infrastruktúrák igénybevételével valósítható meg. Jelentőségét jól mutatja, hogy nemcsak a katonai műveletek sikeres végrehajtása érdekében fontos az üzemeltetésük, fejlesztésük és védelmük, hanem az országok, régiók folyamatos működését tekintve is kulcsfontosságú elem a fenntartásuk.²⁷ Mindezeket figyelembe véve a tanulmányban kitértem rá, hogy a logisztikai támogatás sikeres tervezéséhez információkat szükséges szerezni a kikötők, repülőterek, út- és vasúthálózatok teljesítő képességét leíró kapacitásadatokról.

Megállapítottam, hogy ezt elsősorban – a logisztikai felderítést figyelembe véve – helyszíni szemrevételezések végrehajtásával célszerű teljesíteni, amelyhez érdemes szempontlistákat is alkalmazni. A feladatlisták segíthetik az adatok rendszerezését és egyéségesíthetik az értékelések eljárásrendjét is. Azonban az MH nem rendelkezik olyan logisztikai szabályzóval, intézkedéssel, szakutasítással, amely leírná a helyszíni szemrevételezésekhez köthető részletezett feladatokat. Ennek megfelelően célszerű kidolgozni ezeket a listákat és kibővíteni velük a hazai szabályzókat, eljárásrendeket. A kikötő, bár csak az egyik eleme a közlekedési hálózatoknak, meghatározó jelentőségű, mivel

²⁷ HORVÁTH 2016.

fontos szerepet tölt be – a korábban már említett – stratégiai jelentőségű (kontinenseket átívelő) átcsoportosítások eredményes végrehajtásában. Ezért (a műveleti körülményeket szem előtt tartva) az értékelésükre is érdemes hangsúlyt fektetni a logisztikai felderítés elvégzésekor. Ezt a célt szem előtt tartva a tanulmányban elsőként röviden jellemeztem a kikötők felépítését, majd a Többszemélyes Interoperabilitási Tanács útmutatásait is figyelembe véve javaslatot fogalmaztam meg a kikötők logisztikai felderítéséhez használható szempontlistákra vonatkozóan.

Az általam összeállított – a kikötők értékeléséhez kapcsolódó – szemrevételezési szempontokat tartalmazó lista segítséget jelenthet a felderítést végző csoportoknak a műveleti területen jelentkező feladataik sikeres végrehajtásához. A táblázat alapján összegyűjtött információkkal véleményem szerint eredményesen lehet támogatni a hadszíntéri közlekedési feladatok tervezését és szervezését, valamint növelni az ellátási láncok működtetésének hatékonyságát.

Felhasznált irodalom

2000. évi XLII. törvény a víziközlekedésről.

41/2005. (XI. 24.) HM-GKM együttes rendelet a katonai célú víziközlekedésről.

AJP-4 *Allied Joint Doctrine for Logistics. Edition B Version 1.* (2018). Brussels: NATO Standardization Office.

AJP-4.4 (STANAG 2506) *Allied Joint Movement And Transportation Doctrine* (2013). Brussels: NATO Standardization Agency.

Ált/217. *Magyar Honvédség Logisztikai Támogatási Doktrína* (2015). 3. kiad. Budapest: Magyar Honvédség.

ATP 3.13.1 *Reception, Staging and Onward Movement Procedures* (2014). Brussels: NATO Standardization Agency.

Az 510/2017. (XII. 29.) Korm. rendelet a kikötő, komp- és révátkelőhely, továbbá más hajózási létesítmény létesítéséről, használatbavételéről, üzemben tartásáról és megszüntetéséről.

Common Record of Logistic Reconnaissance for Coalition Partners. Version 1.1. (2012). Washington, D.C.: Multinational Interoperability Working Group.

Magyar Honvédség Közlekedési Támogatási Doktrína (2005). Budapest: Magyar Honvédség.

Meaning of lane meters. Aydin, Maritime Goods, 2022. Online: www.maritimegoods.com/en/word/lane-meter-meaning.html?I=1425

RÉTI Tamás (2005): Ideiglenes Kikötői Létesítmények alkalmazása NATO műveletekben, multinacionális logisztikai környezetben. *Katonai Logisztika*, 13(4), 103–122. Online: http://epa.oszk.hu/02700/02735/00056/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_2005_4_103-122.pdf

Sea Ports and Terminals (2022). Girona: ESFC Investment Group. Online: <https://esfccompany.com/en/services/sea-ports-and-terminals/seaport-construction/>

SIMONGÁTI Győző et al. (2012): *Hajózás I.* Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar – Typotex.

SZAJKÓ Gyula – HORVÁTH Attila (2022): A közlekedési hálózatok értékelése a hadszíntéri logisztikai felderítés végrehajtásakor. In FÖLDI László (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből III.* Budapest: Ludovika, 371–387.

- SZAJKÓ Gyula (2018): A Műveleti Összekötő és Felderítő Csoport szerepe az információk biztosításában. *Hadmérnök*, 13(4), 105–112. Online: http://hadmernok.hu/184_08_szajko.pdf
- Újra van tengeri kikötője Magyarországnak (2021). *Portfolio*, 2021. január 30. Online: www.portfolio.hu/ingatlan/20210130/ujra-van-tengeri-kikotoje-magyarorszag-nak-467544
- VE NEKEI József – SZAJKÓ Gyula (2020): Magyarország lehetséges szerepe a NATO RSOM-műveleteiben. *Hadtudományi Szemle*, 13(4), 23–40. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hsz/article/view/4516/4298>
- What is bathymetry* (2022). Washington, D.C.: National Ocean Service. Online: <https://ocean-service.noaa.gov/facts/bathymetry.html>

Szilágyi Tibor¹

Az emberiség világűrbeli jelenlétének környezetbiztonsági szempontú elemzése

A világűr egyre nagyobb jelentőséggel bír az államok és a szövetségi rendszerek stratégiai gondolkodásában. Hatalmas lehetőséget is nyújt az emberiség számára, ugyanakkor olyan mértékű kihívást jelent, amelynek csak világméretű összefogással lehet megfelelni. A 21. században már rendelkezünk azokkal a képességekkel, amelyekkel nemcsak a földi környezetünket, de a Föld-közeli űrt is képesek vagyunk alakítani.

Kulcsszavak: űrkörnyezet, űrszemét, környezetbiztonság

Human Presence in Space from an Environmental Security Perspective

Space is getting higher and higher importance in the strategic thinking of states and alliances. It is a great opportunity for the humankind as well, and at the same time it represents such a huge challenge that can be met only with global cooperation. In the 21st century, we already have all the necessary capabilities by which we can transform not only the natural and manmade environment surrounding us but also the near-Earth space environment.

Keywords: space environment, space debris, environmental security

Bevezetés

A Szputnyik–1 műhold 1957. október 7-i Föld körüli pályára juttatása az az esemény, amelytől az űrkorszak hivatalosan kelteződött. Az azóta eltelt 65 év mindennapjaink részévé tette a világűrrrel kapcsolatos híreket, tudományos eredményeket. Az időjárás-előrejelzés egyik fő forrása a műholdak által a földi légkör és a világóceán állapotáról továbbított telemetrikus² adatok halmaza. Napjaink átfogó földfelszíni, légi és tengeri közlekedési rendszere időben és térben is függ a globális helymeghatározó rendszereket alkotó műholdak által továbbított időjelek vételi lehetőségétől. Úgy a távközlési rendszerek jelentős része, mint a globális pénzügyi rendszer szinkronban történő műkö-

¹ Vezető szakreferens (vezető mentor), Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Felsőfokú Vezetőképző Intézet; e-mail: SzilagyiTibor@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0002-7452-8989.

² Mérés adatok nagy távolságra való továbbítása, érzékelők messziről történő vezérlése.

dése, mind-mind azon eszközök megbízható működésétől függ, amelyeket az emberiség a világűr Föld-közelébe juttatott és folyamatosan üzemeltet.

Ugyanezen világűrbe telepített rendszerek biztosítják a globális éghajlatváltozás hatásainak nyomon követését, lehetővé téve a bioszféra egésze szempontjából kedvezőtlen vízrajzi, talajdegradációs és levegőminőségi változások különböző időtávra vonatkozó előrejelzését, a válaszlépések időbeni és hatékony előkészítését. A műholdakra telepített szenzorrendszerekből származik a természeti és civilizációs katasztrófák lefolyásáról beszerzett adatok jelentős része, lehetővé téve a célzott védekező/kármentő mechanizmusok időbeni mozgósítását.³

A Föld-közelébe világűr az a fizikai tér, ahol a globális biztonságot potenciálisan veszélyeztető emberi tevékenységről folyamatos adatokkal szolgáló civil és katonai kettős felhasználás vagy dedikáltan katonai célú műholdak keringenek.⁴

Előbbi – a teljességre nem törekvő – felsorolás talán elég példával szolgált arra vonatkozólag, hogy az űrkorszak tudományos eredményei és ennek következtében a világűr hasznosítására tett eddigi lépések milyen sokrétű hatást gyakorolnak mindennapjainkra.

A világűrben folyó emberi tevékenységek valós eredményeket felmutatni képes megvalósítására, a lehetőségek célirányos kutatására és szabályozott keretek közt történő végzésére számos állami (például NASA,⁵ Roszkoszmosz⁶), nemzetközi/regionális (ESA)⁷ és globális (UN OOSA,⁸ IADC⁹) szakosított szervezet jött létre, amelyek mindegyikének céljai közt szerepel az emberi civilizáció világűr közti egyre intenzívebbé és összetettebbé váló kölcsönhatások, különböző aspektusok (például humánegészségügyi, radiológiai, energetikai, gazdasági/pénzügyi, meteorológiai) szerinti vizsgálata.

A világűr biztosította lehetőségek ki- és felhasználása terén eddig elért eredmények és az esetenként emberi áldozattal járó kudarcok ugyanakkor rámutattak arra, hogy különösen az űrtechnológia terén tapasztalható gyors ütemű fejlődés nemcsak új lehetőségeket, de új kockázatokat és sebezhetőségeket is jelenthet. A világűrkutatás és -használat emberi tudásban, kutatási infrastruktúrában, innovációs képességben és pénzügyi forrás szükségletében megnyilvánuló erőforrás-igényes volta, valamint a feladatrendszerek összetettsége és magas fokú koordinációs igénye ugyanakkor rámutatott arra is, hogy a világűr és az ember kapcsolata csak globális szinten – az államok, nemzetközi szervezetek, nem kormányzati szervezetek, a tudományos közösség és a magánvállalatok összehangolt részvételével – értelmezhető.

A világűr és emberiség/ember viszonyának vizsgálata során a biztonsággal kapcsolatos kérdések mindig elsődleges fontosságúak voltak/lesznek. Különösen azt kell vizsgálni, hogy az ember űrbeli tevékenysége milyen hatással lehet az emberiség létére

³ PADÁNYI 2022; FARKAS et al. 2017.

⁴ Jelen tanulmánynak nem célja, hogy akár példálózó jelleggel bemutassa azokat a rendszereket, amelyek elemei életciklusukat tekintve különböző ideig a világűr Föld-közelébe tartózkodnak.

⁵ *National Aeronautics and Space Administration* – Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal.

⁶ *Федеральное космическое агентство* – Orosz Szövetségi Űrügynökség.

⁷ *European Space Agency* – Európai Űrügynökség.

⁸ *United Nations Office for Outer Space Affairs* – Egyesült Nemzetek Szervezete Világűriroda.

⁹ *Inter-Agency Debris Committee* – Űrügynökségek közti Űrszemét-koordinációs Bizottság.

és fejlődésére, az élő és élettelen természeti környezetre, valamint a világűr azon térségeire, ahol az emberi jelenlét egyre intenzívebben nyilvánul meg.

Előbbi gondolatmenetből következően felmerül a kérdés: az ember egyre fokozódó űrbeli jelenléte, a világűr emberi szervezetre és a technológiai rendszerekre gyakorolt többértékű hatása, valamint a világűrből a földi természetes és mesterséges rendszereket érő behatások következményei indokoltá teszik-e az (emberi) környezet,¹⁰ illetve a környezetbiztonság¹¹ fogalmi és tartalmi kiterjesztését a világűr Föld-közelі térségeire, az ember és az űrkörnyezet egymásra gyakorolt hatásainak fejlődés- és fennmaradás-fókuszú vizsgálatára.

Jelen tanulmány az emberiség Föld-közelі világűr közötti, minőségileg és mennyiségileg egyre erőteljesebbé váló kölcsönhatások okán, a környezetbiztonság fogalmi és tartalmi kiterjesztésének indokoltságát és lehetőségét vizsgálja.

A tanulmány összeállításánál alkalmazott kutatási módszer a tartalomelemzés volt. A kutatási szakasz során nem történt elsődleges adatgyűjtés, a megállapítások és eredmények a releváns források szekunder elemzésén alapulnak.

Űrstratégiák és nemzetközi szabályozás¹²

A világűr növekvő fontossággal bír az államok és a nemzetközi szervezetek stratégiai távlatokban gondolkodó szereplői számára, legyenek (szak)politikusok, gazdasági szereplők vagy a tudományos élet képviselői. Az emberi elme azon tulajdonságai, mint a kíváncsiság, a tudásszomj és az anyagi javak birtoklása iránti vágy, azok a hajtóerők, amelyek folyamatosan a világűr – mint kiaknázásra váró térség és lehetőség – felé irányítják a figyelmünket.

A világűr sajátos fizikai jellemzőkkel bíró térséget jelent, ezért az általa támasztott kihívások olyan különleges megoldások alkalmazását igénylik, amelyek tudás- és erőforrás-intenzív voltak okán csakis stratégiai távlatokban értelmezhetők, folyamatos költség–haszon–kockázat elemzések útján, a legfrissebb tudományos/technológiai eredményeket integrálni képes proaktív innovációs térben valósulhatnak meg.

Az *Európai Unió Űrstratégiája*¹³ megállapítja, hogy a világűr hatalmas lehetőséget jelent Európa számára, amely ugyanakkor olyan méretű kihívást is képvisel, amelynek csak globális összefogással lehet megfelelni. Leszögezi, hogy nincs olyan tagállam, amely egyedül fel tudná vállalni a terheket, ezért az Európai Uniónak egységben és felelősséggel kell hozzájárulnia az átfogó kihívásokhoz. Ugyanakkor Európa nem engedheti meg magának, hogy lemaradjon a világűr jelentette lehetőségek kiaknázásában, ellenkezőleg,

¹⁰ GALLÉ 2012: 21.

¹¹ HALÁSZ–FÖLDI 2014: 16.

¹² A tanulmány olyan országok és nemzetközi szervezetek világűrrrel kapcsolatos forrásait dolgozza fel, amelyek értékrendje közös, érdekeik hasonlóak, továbbá céljaik megvalósítása érdekében hagyományosan együttműködnek egymással; lehetővé téve ezzel az egységes szempontok szerinti elemzést.

¹³ COM (2016) 705 final. *Space Strategy for Europe* 2016: 2.

az élen kell járnia, építve a meglévő tudásbázisra és célzottan felhasználva a tőkebefektetéseket.¹⁴

A *NATO* (a továbbiakban: Szervezet) *Átfogó Űrirányelve*¹⁵ aláhúzza, hogy a világűr jelentősége növekszik a Szervezet egészének biztonsága és fejlődése szempontjából. Olyan területek, mint az időjárási jelenségek figyelemmel kísérése, a környezet, a mezőgazdaság, a szállítás, a tudomány, a kommunikáció és a bankszektor mind-mind előnyt kovácsolhatnak az űrszektor fejlődéséből. Kiemeli, hogy a világűr használata fokozta a szövetségesek és a NATO veszély-előrejelző képességeit, lehetővé téve, hogy gyorsabban, hatékonyabban és célzottabban reagálhassanak a kialakuló válságokra. A világűr hasznosításának fokozatos fejlődése, valamint az űrtechnológia terén bekövetkezett ugrásszerű fejlődés új lehetőségeket, ugyanakkor új kockázatokat és potenciális fenyegetéseket is jelentenek a Szervezet és tagjai biztonságára nézve. Rámutat, hogy napjainkban az űrbe való feljutás és annak használata nem csak azon néhány nemzet előjoga, amely rendelkezik az eszközök felbocsátásának, valamint azok űrbeli működtetésének technikai képességével.¹⁶

Az *Amerikai Egyesült Államok (USA) Nemzeti Űrirányelve*¹⁷ – miközben kinyilvánítja vezető szerepét a világűrnek az emberiség közös jóléte érdekében történő hasznosításában – többek között a következő alapelveket fogalmazza meg a világűrben végrehajtott műveletek vonatkozásában:

- a nemzetek közös érdeke, hogy felelősséggel tevékenykedjen a világűrben a biztonság, a stabilitás és az űrtevékenységek hosszú távú fenntarthatósága érdekében;
- minden országnak joga van – az emberiség egésze érdekében és összhangban a vonatkozó jogszabályokkal – a világűr felfedezéséhez és békés célú használatához.¹⁸

Leszögezi, hogy az USA:

- vezeti az együttműködést a kölcsönösen előnyös űrtevékenységek terén, amelyek az egész emberiség javát szolgálják;
- biztonságos és fenntartható környezetet teremt az űrtevékenységek számára, különös tekintettel a Föld körüli űrtörmelék csökkentésére vonatkozó intézkedésekre;
- az űrindíttatású tudományos és gazdasági képességek művelése és fejlesztése útján növeli az emberiség egészének életminőségét.¹⁹

Az Egyesült Királyság (UK) űrügynöksége által kiadott *Polgári Űrstratégia 2012–2016* című dokumentum²⁰ rögzíti, hogy az olyan témakörök alapos ismerete, mint

¹⁴ COM (2016) 705 final. *Space Strategy for Europe*: 13.

¹⁵ NATO overarching Space Policy 2022.

¹⁶ NATO overarching Space Policy 2022: 1.

¹⁷ National Space Policy of the United States of America 2020.

¹⁸ National Space Policy of the United States of America: 3.

¹⁹ National Space Policy of the United States of America: 5–6.

²⁰ Civil Space Strategy 2012–2016 2012: 4.

a szélsőséges űridőjárás²¹ hatásai, valamint az űrhulladékok kezelése, állandó odafigyelést igényel. Kijelenti, hogy UK központi szerepet tölt be az új alkalmazások kifejlesztésében, amelyek segítséget nyújtanak az olyan kritikus globális problémák kezelésében, mint a természeti erőforrásokkal való gazdálkodás, az éghajlatváltozás megértése és a lehetséges válaszok kidolgozása, az épített környezet tervezése és folyamatos figyelemmel kísérése.²²

*Magyarország űrstratégiája*²³ az alábbi stratégiai célokat határozza meg:

- az űrszektorban rejlő, a nemzetgazdaság egészét érintő innovációt és fenntartható növekedést ösztönző lehetőségek kiaknázása;
- Magyarország nemzetközi szerepének erősítése, kapcsolatainak szélesítése, illetve a koordináció szervezeti kereteinek megteremtése;
- az űrszektor fellendüléséhez elengedhetetlen, tudásalapú társadalmi és gazdasági feltételek és infrastrukturális háttér fejlesztése.²⁴

A stratégia megállapítja, hogy a technológiai fejlődés, az űr hasznosítása terén már a kisebb országok előtt is megnyitotta az utat, amelyek akár már középtávon is meghatározó űripari, űrtechnológiai képességekre tehetnek szert. Víziójában a stratégia olyan csírájukban már létező szolgáltatásokban lát valóságos esélyt az ország számára, mint az űridőjárás-előrejelzés, az űrerőforrás-kutatás és -hasznosítás, az űrkémia és -biológia, vagy a Hold körüli kommunikáció. A hatályos *Nemzeti Biztonsági Stratégia*²⁵ 73. pontjában foglaltakkal összhangban, a nemzeti biztonságra különös hangsúlyt fektetve leszögezi, hogy a világűrbe telepített eszközök nélkül elképzelhetetlen a modern hadviselés.

Anélkül, hogy akár érintőlegesen is elemzésnek vetnénk alá az űrre, az ott folyó tevékenységekre vonatkozó hatályos nemzeti szabályzókat,²⁶ tekintsünk át röviden a világűrre vonatkozó nemzetközi jogi szabályzók közül két ENSZ-dokumentumot, nevezetesen a *Szerződés a világűr – beleértve a Holdat és más égitesteket – kutatásában és felhasználásában az államok tevékenységét szabályozó elvekről*²⁷ (*Világűr Szerződés*), valamint a *Világűr békés felhasználásával foglalkozó bizottság űrszemét-csökkentési iránymutatásai*²⁸ (*Iránymutatás*) címűt.

Az 1967. január 27-én elfogadott *Világűr Szerződés* keretszerződésként szabályozza a részes államok tevékenységét a világűr békés, együttműködésen alapuló, az emberiség egészének előnyére történő felfedezése és használata terén. Jelen tanulmány szempontjából kiemelendő a IX. cikk, amely kimondja, hogy:

²¹ A Nap hatása egy égitest közvetlen környezetére, légkörére, ionoszférájára, magnetoszférájára.

²² *Civil Space Strategy 2012–2016* 2012: 12.

²³ 1606/2021. (VIII. 18.) Korm. határozat Magyarország űrstratégiájának elfogadásáról.

²⁴ 1606/2021. (VIII. 18.) Korm. határozat: 7.

²⁵ 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

²⁶ A tanulmány témája nem indokolja, a terjedelmi korlátok pedig nem teszik lehetővé, hogy a nemzetek világűrre vonatkozó belső jogi környezetét elemezze.

²⁷ Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies. 2017.

²⁸ Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space 2017

„A szerződés részes Államai kötelesek úgy tanulmányozni és felfedezni a világűr, beleértve a Holdat és más égitesteket, hogy elkerüljék azok káros beszennyezését, valamint hogy káros változásokat okozzanak a földi környezetben bármely Földön kívüli anyag behurcolása által, valamint ahol szükséges, meg kell tenniük a szükséges megelőző intézkedéseket.”²⁹

Az ENSZ Közgyűlése által 2007. december 22-én jóváhagyott *Iránymutatás* a tagállamok és nemzetközi szervezetek önkéntesen bevezetett, de kötelező intézkedésére bízva a dokumentumban rögzített, alábbi tartalmú iránymutatásokban foglaltak végrehajtását:

- normál műveletek során a hulladékok kibocsátásának korlátozása;
- a műveletek fázisai során a roncsolódás lehetőségének megelőzése;
- a röppályán való véletlen ütközések bekövetkeztének korlátozása;
- a szándékos rombolás és egyéb káros tevékenységek elkerülése;
- a tárolt energia következtében a műveletek befejezését követő roncsolódás lehetőségének minimalizálása;
- az űrhajók és rakéták keringési pályán lévő fokozatainak Föld-közelében röppályán való hosszú idejű jelenlétének korlátozása feladatuk befejezése után;
- annak korlátozása, hogy küldetésük befejeztét követően az űrhajók és rakéták keringési pályán lévő fokozatai hosszú távon zavarják a geoszinkron Föld körüli röppályákat.

A fentiekben – a tanulmány szempontjából releváns részeit kiemelve – bemutatott űralapelvek- és stratégiák, valamint keretszabályzók főként a gazdasági fejlődés új irányát és térségét vizionálják az űrben. Szabályozott keretek között, együttműködés útján elérhető lehetőségként értelmezik, amely a tudományos-technikai fejlődés jelenlegi fókán a Földre és az emberiségre visszaható, főképp gazdasági jellegű fejlődést és gyarapodást segítheti elő. Az igazán távlatokban gondolkodók már látják azokat a veszélyeket is, amelyeket az űrben folyó tevékenységek jelenthetnek akár már rövid távon is.

Földi környezet, űrkörnyezet és környezetbiztonság³⁰ – emberközpontú összevetés

Az ember környezete szűken értelmezve a bioszféra azon része, ahol az élethez szükséges létfeltételek rendelkezésre állnak. Az emberi környezet kiterjesztett értelmezésének alapvető indoka az, hogy egyrészt az ember az egyetlen gerinces faj, amely a Föld valamennyi térségében jelen van, ha szükséges, mesterségesen teremtmeg a létfeltételeket. Másrészt rendelkezünk azokkal a képességtöbbszörözőkkel (technológia, eszköz, módszer), amelyekkel nemcsak a természetes szárazföldi közegünkben vagyunk képesek mesterséges környezetet (települések, közlekedési infrastruktúra, bányászati tevékenység) kialakítani, de minden olyan természeti közegben, amelyhez valamilyen társadalmi, valamint gazdasági érdekünk fűződik. Ezáltal korunkra a földi környezet

²⁹ A szerző fordítása.

³⁰ Jelen tanulmánynak nem célja a biztonság fogalmában, illetve összetevői bővülésében főképp az utóbbi három évtizedben bekövetkezett átalakulást bemutatni.

szinte egésze emberi környezetté vált, utat nyitva a hagyományos környezetértelmezés emberközponthú megközelítésének.

Űrkörnyezetről az űrkorszak kezdetétől beszélünk. Minden olyan mesterséges tárgyat – beleértve azok alkotóelemeit és részegységeit – értünk alatta az ESA *Éves Űrkörnyezet Jelentése* szerint, amely jelenleg vagy a múltban Föld körüli pályán tartózkodott.³¹ Már maga a meghatározás is emberközponthú, hiszen űrkörnyezet alatt az emberiség által a Föld-közeli űrbe valaha is feljuttatott mesterséges tárgyakat érti.

Megállapítható tehát, hogy mind a földi környezet, mind az űrkörnyezet értelmezésének közös pontja maga az ember, amely mindkét térségben jelen van, és azokat mesterségesen képes befolyásolni.

A környezetbiztonságnak többféle értelmezése létezik. Barry Buzan az *Új mintázatok a 21. század globális biztonságában*³² című munkájában, az átfogóan értelmezett biztonság elemei – katonai, politikai, gazdasági, szociális – között ötödikként a környezetbiztonságra is kitér, és annak a földi bioszférának a biztonságát érti alatta, amelyen, mint támogató rendszeren, a teljes emberi faj léte és minden tevékenysége nyugszik.

Nicole Detraz és Mitchele M. Betsill *Éghajlatváltozás és környezetbiztonság: amiért az értelmezés változik* című tanulmányukban³³ környezetbiztonság alatt a környezeti degradáció emberiségre gyakorolt negatív hatásait értik, különös tekintettel azon környezeti folyamatokra, amelyek biztonsági kockázatot jelentenek az emberi populációra.³⁴

Roland Dannreuther *International Security (Nemzetközi Biztonság)* című művében³⁵ kifejti, hogy a környezetbiztonság fogalmának alkalmazása azért szükséges, mivel kézzel foghatóan jeleníti meg a környezet és az ember közötti egyre intenzívebb kölcsönhatások törékeny voltát.

Halász László és Földi László *Környezetbiztonság* című egyetemi jegyzete a környezetbiztonság fogalmának megalkotása során cselekvő kölcsönhatást mutat be a környezeti tényezők és az emberi közösségek között, és azt az állapotot tekinti mindkét fél (ti. ember és környezet) szempontjából biztonságosnak, amikor sem az ember a maga technológiai jellegű beavatkozásaival, sem a környezet a természeti folyamatok által nem veszélyeztetik egymást.³⁶

A földi és az űrkörnyezet, valamint a környezetbiztonság különböző megközelítésű értelmezéseinek fogalmi és tartalmi összevetését követően megállapítható, hogy az emberiség, mint cselekvő – egyre inkább beavatkozó – résztvevő az a közös pont, amely mind-egyik viszony- és kölcsönhatásrendszerben tevékenységei és azok hatásai által jelen van. Az emberiség tudása, technológiai fejlettsége okán esetenként már a környezeti tényezők építő-romboló folyamataival megegyező hatású szereplőként vesz részt környezetének társadalmi, továbbá gazdasági érdekeinek megfelelő alakításában. Az emberi civilizáció eddigi története a földi környezet belakásáról – közösségei előnyére történő használatáról,

³¹ ESA's Annual Space Environment Report 2021: 9.

³² BUZAN 1999.

³³ DETRAZ–BETSILL 2009.

³⁴ DETRAZ–BETSILL 2009: 306.

³⁵ DANNREUTHER 2016.

³⁶ HALÁSZ–FÖLDI 2014: 16.

átalakításáról – szólt, az űrkorszak kezdetével ez a szisztematikus, megismerés/kiaknázás célzatú humán hatás kiterjed a világűr Föld-közelі környezetére is.

Mivel az emberiség a természetes és mesterséges földi környezeten túl a Föld-közelі űrtérşegben – egyelőre korlátozott létszámban/időtartamban fizikálisan, de főképp esz-közrendszerei által – is jelen van, ezért a környezet fogalmának és tartalmának antropocentrikus megközelítése indokolja, hogy mind a környezet fogalmát és tartalmát, mind a környezet és az ember kölcsönhatásai térben kibővült értelmezési tartományát, a környezetbiztonság fogalmát és tartalmát is kibővítsük.

Ember az űrben – következmények az emberiségre és kiterjedt környezetére nézve

Amióta az ember előşször felnézett az égre, tapasztalja, hogy így vagy úgy, de hatással van rá mindaz, ami „fentről érkezik”. Amióta viszont tudományos céllal és módszerekkel vizsgáljuk, elemezzük és értékeljük a világűrből érkező fizikai tényezőknek a földi környezetre, benne az emberre és környezetére gyakorolt közvetlen és közvetett hatását, egyre inkább tisztában vagyunk az ok-okozati összefüggésekkel, valamint a következményekkel is.³⁷

Az első, az emberiség íratlan és írott emlékezete³⁸ által megőrzött, valamint a régészeti/archeobiológiai feltárások tárgyi bizonyítékai által alátámasztott – olykor kataklizmus következményekkel bíró³⁹ – első földön kívüli hatást azok a meteoritok⁴⁰ jelentik a földi természetes és mesterséges környezetre, amelyek méretüktől, összetételüktől, illetve becsapódási helyüktől függően pusztítást vihettek végbe.⁴¹

A következő, a földi környezetre, de különösen az éghajlatra, az élővilágra (benne az emberiségre) jelentős hatást gyakorló külső hatást az űridőjárás jelenti. Az űridőjárás a Napból kiáramló intenzív sugárzás, valamint a nagyenergiájú töltött részecskék alkotta anyagáramok által jelentős hatást gyakorol mind a földi, mind a Föld-közelі űrkörnyezetre. A Nap mágnesesen aktív területeiről indulnak ki a napkitörések,⁴² amelyek során az elektromágneses spektrum különböző tartományába (például rádióhullámok, röntgensugárzás, ibolyántúli sugárzás) tartozó sugárzások hagyják el központi csilla-

³⁷ A dolgozat nem tekinti feladatának, hogy a Napból, a Naprendszerből, a világűr külső térségeiből érkező fizikai hatásoknak a földi élet kialakulására, az állati és növényi törzşfejlődésre gyakorolt következményeit áttekintse.

³⁸ Az első hiteles modern kori eset 1954. november 30-án történt az Egyesült Államokban, ahol egy, a lakóház tetőszerkezetén áthatoló meteorit eltalált egy embert, aki komoly sérüléseket szenvedett.

³⁹ A dinoszauruszok tömeges kihalását egy, a földtörténeti kréta korban bekövetkezett meteoritbecsapódás közvetlen és közvetett következményei okozták.

⁴⁰ A világűrből érkező természetes tárgy (kőzet, fém vagy kőzet és fém összetételű), amely a földi légkörbe érve nem semmisül meg, eléri a felszínt. Általánosságban meteorit egy tárgy bármely égitest felszínén, amely az űr más részéből származik.

⁴¹ Ugyanakkor a meteoritok pozitív hatást is gyakoroltak az emberiségre, hiszen a vasérc feldolgozása és a nyersvas előállítása technológiájának ismerete előtt a földfelszínen talált vasmeteoritok képezték az egyetlen hozzáférhető nyersvasforrást. (A szerző megjegyzése.)

⁴² Sun flare – a Nap felszínén kipattanó hatalmas energiájú robbanás.

gunkat. A kitörések során nagy energiájú protonok, elektronok is kidobódnak. Az aktív területeken történnek koronakidobódások is, amelyek során több ezer km/mp sebességgel milliárdtonnányi anyag hagyja el a Napot. Központi csillagunk légkörének külső rétegéből indul ki a napszél, amely elérve a mágneses térrel rendelkező égitestek – így a Föld – mágneses terét, eltorzítja annak szimmetrikus alakját, a Nap felőli oldalán mintegy benyomva azt. Az így deformálódott mágneses tér nem képes a koronakidobódások által szállított anyagáramot teljes mértékben elterelni, így kialakul a geomágneses vihar, amely mind az űrben keringő műholdakban/űrállomásokban/űrjárművekben, mind a földfelszíni elektromos hálózatokban jelentős kárt okozhat, valamint zavarokat vált ki a felső légköri rádióhullám terjedésében is.⁴³

Az embernek a Föld-közelí űrtérre gyakorolt hatását, a maga anyagiasult világában, elsősorban az ide eljuttatott technikai eszközök (hordozóeszközök és részegységek, műholdak), valamint az ember űrben való huzamosabb idejű tartózkodását lehetővé tevő mesterséges környezet (űrállomások, űrhajók, űrrepülőgépek) kialakítása jelenti. Az ember és eszközei ezen űrtérben való, immár tartósnak mondható jelenléte kölcsönhatás-mechanizmusok kialakulásához vezetett, amelyet szűken értelmezve az előző fejezetben bemutatott űrkörnyezet fogalma és tartalma ír le. Az ember–űr kölcsönhatás azon funkciójukat veszített (elhasználódott, meghibásodott) eszközökben, ezen eszközök és tárgyak pályájukon való összeütközésük során keletkezett törmelékben fogható meg legközvetlenebbül, amelyeket az űrrel foglalkozó tudomány űrszemétnek⁴⁴ (*space debris*) nevez. A tudományos szakirodalom, valamint az űrszemét kérdéskörével (felszámolás, begyűjtés, újrafelhasználás, ütközések megelőzése) foglalkozó szervezetek az azonosított űrszemét⁴⁵ kategóriájába sorolják:

- azon rakományokat, beleértve a műholdakat és beszabályzó eszközeiket, de kizárva a hajtóműveket, amelyek űrbeli feladattal bírtak;
- az előbbi eszközök működésbe helyezéséhez szükséges eszközöket, amelyek az űrben maradtak;
- az előbbi rakományok véletlen vagy szándékosan előidézett ütközése eredményeképpen képződött törmelék;
- a rakéták gyorsító fokozatait, beleértve a hajtóműveket is;
- a rakétákról levált részegységek törmelékét.

Az űrszemét (darabszám,⁴⁶ össztömeg, érintett térség/röppálya) okozta problémakör sokrétű:

⁴³ KECSKEMÉTHY 2016.

⁴⁴ Valamennyi funkcióját veszített mesterséges tárgy, beleértve részegységeit és darbjait, amely Föld körüli pályán kering, vagy visszatér a Föld légkörébe (a szerző fordítása). *ESA's Annual...* 2021: 9.

⁴⁵ Az űrszemét kategorizálásának két alaptípusa létezik: az egyik, amely visszavezethető valamely indítási eseményhez, küldetéshez (azonosított), és amely nem köthető ilyen eseményekhez (azonosítatlan).

⁴⁶ Már az Űgynökségközi űrszemétjelentés 1995-ös nyilvántartása szerint is mindösszesen 7929 darab volt a követett (azonosított) űrszemét száma. *Interagency Report on Orbital Debris* 1995: 11.

- az űrszemét jelenléte önmagában is gond, hiszen az űrkorszak beköszöntéig ez a térség az ember által érintetlen, tiszta volt;⁴⁷
- az alacsony (LEO)⁴⁸ és geoszinkron (GEO)⁴⁹ keringési pályák esetén kritikus az űrszemét jelenléte, mivel ezen keringési pályákon kering a legtöbb, tartósan az űrbe feljuttatott eszköz (kommunikációs, navigációs műholdak). Erre utal a Kessler-szindróma is;⁵⁰
- a további űreszközök felbocsátása szempontjából is gondot jelent az űrszemét jelenléte, hiszen komoly képességeket igényel azon „tér- és időablakok” kiszámítása, ahol és amikor a felbocsátott űreszköz nem ütközik űrszemétbe;
- az űrállomásokon tartózkodó személyzet életfeltételei biztosítása szempontjából kritikus fontosságú, hogy akár mikroméretű osztályba tartozó űrszemét se csapódjon az űrállomásba;
- sajátos problémát jelenthet azon, tervezetten, megsemmisítési céllal a földi légkörbe visszajuttatott űrszemét, amely a légkörbe lépést követően nem ég el teljes mértékben, és darabjai/törmelékei lakott területen földet érve kárt tehetnek emberéletben, illetve jelentős anyagi kárt is okozhatnak;
- bár definíció szerint nem tartoznak az űrszemét kategóriába, de jellemzőiket tekintve idesorolhatók (ti. használaton kívüli vagy meghibásodott, ember által az űrbe juttatott tárgyak) a Hold- és Mars-küldetések immár funkciójukat veszített, használaton kívüli vagy meghibásodott eszközei (leszálló egységek, holdjárók és Mars-járók, műszerek, eszközök), ezek törmelékei.⁵¹

Az űrszemét jelentette probléma- és feladatkör komoly kihívást jelent az űrkutatás elméletével és gyakorlatával foglalkozó országoknak és szervezeteknek. Az űrkorszak kezdetétől fogva több űrszemét kering bolygónk körül, mint működő műhold. A problémával először az USA-ban kezdtek el foglalkozni az 1960-as években, míg a nemzetközi közösség csak jóval később kapcsolódott be. 1993-ban alakult meg az Ügynökségközi Űrszemét-koordinációs Bizottság (*Inter-agency Space Debris Coordination Committee*, IADC), amelynek napjainkra már 13 űrügynökség a tagja.

⁴⁷ Különös fontosságú azon kis méretű, hasadó üzemanyagot tartalmazó reaktorok vagy sugárzó izotópot tartalmazó generátorok esete, amelyek Föld-közei keringési pályákon az 1980-as évekig voltak használatban, és feladatukat teljesítve, hosszú idejű keringési pályákon keringenek a Föld körül. *ESA's Annual...* 2021: 43.

⁴⁸ Low Earth Orbit – alacsony Föld körüli keringési pálya. A földfelszíntől számított 160–1000 km távolságra lévő pályák. A műholdak keringési sebessége 7,8 km/mp körüli (ESA).

⁴⁹ Geosynchronous Earth Orbit – geoszinkron keringési pálya. Különleges esete a geostacionárius keringési pálya, amely földfelszíntől számított távolsága 35 786 km. Az itt működő műholdak keringési ideje 23 óra 56 perc 4 másodperc, megegyezik a Föld tengely körüli forgási idejével (ESA).

⁵⁰ Donald J. Kessler NASA-kutató 1978-ban arra hívta fel a figyelmet, hogy a műholdak ütközései során keletkező törmelék jelentősen megnöveli az újabb ütközések esélyét, és öngerjesztő folyamattá válhat.

⁵¹ Szemléletes példával szolgált a WE0913A jelzésű, hivatalosan is űrszemétnek minősített objektum, amely 2022. március 4-én csapódott a Holdba, és amely a NASA számításai szerint a kínai Csang'e-5-T1 űrszondát az űrbe juttató, 2014. október 23-án felbocsátott Hosszú Menetelés 3C rakétának a gyorsító fokozata volt.

Az USA kormánya által 2019-ben kiadott *Űrszemétkezelési szabványos megoldások* című dokumentum⁵² – miközben öt kategóriába⁵³ sorolva nyújt útmutatást az űrszemét kezelésére – általános feladatként fogalmazza meg az űreszközök, hordozók és missziók olyan szempontú tervezését és kivitelezést, amely eleve minimalizálja az űrszemét véletlen vagy szándékosan előidézett képződését. Az okmányban foglalt módszerek és feladatok megoldását segítik azok a szimulációs, tervezési és technológiai megoldások, amelyeket már az *Űrszemét – műszaki áttekintés* című tanulmány⁵⁴ is felsorakoztatott.

Az Európai Űrügynökség az *ESA Agenda 2025* című kiadványában⁵⁵ azt az ambíciózus célt tűzi ki, miszerint 2030-ra az ESA lesz a világon az első űrügynökség, amely a technológiai fejlődés eredményeit a gyakorlatban alkalmazva törekszik az űr űrszemétképződés nélküli használatára, illetve az űrszemét felszámolására. Az első aktív űrszemétbegyűjtő küldetést 2025-re prognosztizálta, 800 km-es keringési pályán fogva be a kijelölt tárgyat.⁵⁶

Napjainkra bebizonyosodott, hogy az űrszemét jelentette globális problémát nemzetközi összefogással, szabványos eljárások alkalmazásával, már az eszközök és missziók tervezésének kezdetétől az űrszemétképződés megelőzésére koncentrálni lehet csak kezelni és távlatosan – lehetőleg az újrahasznosítás, a körkörös gazdaság modelljét követve – megoldani.

Összegzés, következtetések

A világűr egyre nagyobb jelentőségű az államok és a szövetségi rendszerek stratégiai gondolkodásában. Az űr által támasztott kihívások olyan különleges megoldások alkalmazását igénylik, amelyek tudás- és erőforrás-intenzív voltak okán csakis stratégiai távlatokban értelmezhetők, folyamatos kockázatelemzések útján, a legfrissebb tudományos/technológiai eredményeket integrálni képes innovációs térben valósulhatnak meg.

Ezzel együtt a világűr hatalmas lehetőséget jelent az emberiség számára, amely ugyanakkor olyan méretű kihívást is képvisel, amelynek csak világméretű összefogással lehet megfelelni. A világűr hasznosítására tett erőfeszítések fokozatos kiteljesedése, valamint az űrtechnológia terén bekövetkezett ugrásszerű fejlődés új lehetőségeket, ugyanakkor új kockázatokat is jelentenek.

Napjainkra elfogadottá vált, hogy olyan módon tanulmányozzuk a világűrt, hogy elkerüljük annak és a földi környezetnek a további szennyezését. A 21. században már rendelkezünk azokkal a képességekkel, amelyekkel nemcsak a természetes közegünkben vagyunk képesek mesterséges környezetet kialakítani, de minden olyan közegben – így

⁵² Orbital Debris Mitigation Standard Practices 2019.

⁵³ Normál működés, véletlen robbanások, biztonságos keringési pályák tervezése, küldetés utáni feladatok, különleges esetek. *Orbital Debris...* 2019: 2–8.

⁵⁴ Orbital Debris – A technical assessment 1995.

⁵⁵ ESA Agenda 2025. 2021.

⁵⁶ *ESA Agenda 2025*. 2021: 9.

az űrben is –, amelyhez valamilyen érdekünk fűződik. Ezáltal korunkra a környezet mindegyik eleme az emberi környezet elemévé vált.

Megállapítható: ahogy a földi környezet emberközpontú, úgy az űrkörnyezet is azzá vált, hiszen közös pontjuk maga az ember, amely mindkét térségben jelen van, azokat mesterségesen képes befolyásolni. Az emberiség tudományos-technológiai fejlettsége, a földi és az űrkörnyezetre gyakorolt hatáspotenciálja már-már összevethető a természeti folyamatok építő/romboló hatásaival.

Mivel az emberiség a természetes és mesterséges földi környezeten túl a Föld-közelі űrtérségben is jelen van, ezért a környezet fogalmának és tartalmának antropocentrikus megközelítése alapján javasolt mind a környezet fogalma és tartalma, mind – a környezet és az ember kölcsönhatásai térben kibővült értelmezési tartománya okán – a környezet-biztonság fogalma és tartalma kibővítése indokoltságának vizsgálata.

Felhasznált irodalom

- 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.
1606/2021. (VIII. 18.) Korm. határozat Magyarország űrstratégiájának elfogadásáról.
- BUZAN, Barry (1991): *New Patterns of Global Security in the Twenty-First Century. International Affairs*, 67(3), 431–451. Online: www.jstor.org/stable/pdf/2621945.pdf?refreqid=excelsior%3A16e94f415f257847dc0242bde2208013
- Civil Space Strategy 2012–2016*. (2012). Swindon: UK Space Agency. Online: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/286219/uk-space-agency-civil-space-strategy.pdf
- COM (2016) 705 final. *Space Strategy for Europe* (2016). Brussels: European Committee.
- DANNREUTHER, Roland (2016): *International Security*. Budapest: Antall József Tudásközpont.
- DETRAZ, Nicole – BETSILL, Michele M. (2009): Climate Change and Environment Security: For Whom the Discourse Shifts. *International Studies Perspectives*, 10(3), 303–320. Online: <https://doi.org/10.1111/j.1528-3585.2009.00378.x>
- ESA Agenda 2025 (2021). Párizs: Európai Űrügynökség. Online: https://esamultimedia.esa.int/docs/ESA_Agenda_2025_final.pdf
- ESA's Annual Space Environment Report (2021). Darmstadt: European Space Agency Space Debris Office. Online: www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf
- FARKAS Ádám et al. (2017): A Magyar Honvédség feladatai, szerepének és helyzetének jogi aspektusai a tömeges migráció kapcsán. In: TÁLAS Péter (szerk.): *Magyarország és a 2015-ös európai migrációs válság*. Budapest: Dialóg Campus Kiadó.
- GALLÉ László (2012): Ökológiai alapok. In: GALLÉ László (szerk.): *Természet- és tájvédelem*. Veszprém: Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet, 10–81.
- HALÁSZ László – FÖLDI László (2014): *Környezetbiztonság*. Budapest: Nemzeti Közszoigálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar.
- Interagency Report on Orbital Debris* (1995). Washington: The National Science and Technology Council Committee on Transportation Research and Development. Online: www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/iar_95_document.pdf

- KECSKEMÉTHY Károly (2016): *Nap–Föld kölcsönhatások, a bolygók plazmakörnyezete*. Budapest: Wigner Fizikai Kutatóközpont Űrfizikai és Űrtechnológiai Osztály. Online: <https://slideplayer.hu/slide/11307017/>
- National Space Policy of the United States of America* (2020). Washington D.C.: Federal Register. Online: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2020/12/National-Space-Policy.pdf>
- NATO overarching Space Policy* (2022). Brussels: NATO. Online: www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_190862.htm
- Orbital Debris – A technical assessment* (1995). Washington D.C.: Committee on Space Debris, National Academy Press. Online: www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/a-technical-assessment.pdf
- Orbital Debris Mitigation Standard Practices* (2019). Washington D.C.: U.S. Government. Online: www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/usg_orbital_debris_mitigation_standard_practices_november_2019.pdf
- PADÁNYI József (2022): *Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatása a katonai erőre*. Budapest: Ludovika.
- Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (2017). In *International Space Law: United Nations Instruments*. Vienna: United Nations Office. 89–93. Online: www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2017/stspace/stspace-61rev_2_0_html/V1605998-ENGLISH.pdf
- Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies (2017). In *International Space Law: United Nations Instruments*. Vienna: United Nations Office. 3–9. Online: www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2017/stspace/stspace61rev_2_0_html/V1605998-ENGLISH.pdf

Vákát

A repülőbázisok biztonságának és védelmi lehetőségeinek kérdései a modern technológiák figyelembevételével

Mint ahogy az egyik legjelentősebb légierő-teoretikus, Giulio Douhet is megfogalmazta A légiuralom című művében, az ellenséges légierő legyőzésének legbiztosabb és leghatékonyabb módja felszíni bázisainak megsemmisítése,² gondolatait pedig maga Winston Churchill is osztotta. A repülőbázisok mint „erőkivetítési platformok”³ ahogy a történelem folyamán, úgy napjainkban is jelentős célponti értéket képviselnek, amire a jelenleg zajló orosz–ukrán háború is felhívja a figyelmet. Korunk technikai fejlődése olyan fenyegetéseket hívott életre, amelyek a forradalmi technológiák, a mesterséges intelligencia és a kibertér egyre szofisztikáltabb felhasználásával eddig nem látott kihívások elé állítják a repülőterek védelmét. Ebben a technikai újításokkal átszőtt környezetben kell megtalálnunk azokat a megoldásokat, amelyek biztosíthatják a hazai és szövetséges repülőbázisok hatékony védelmét az újszerű fenyegetésekkel szemben a fejlett technológia védelmi rendszerekbe történő integrálása által.

Kulcsszavak: repülőbázis, biztonság, védelem, mesterséges intelligencia, forradalmi technológiák

The Safety and Security of Airbases in the Context of Modern Technologies

As one of the foremost air power theorists, Giulio Douhet put it in his work “The Command of the Air”, the surest and most effective way to defeat the enemy’s air power is to destroy its surface bases, a thought shared by Winston Churchill himself. Airbases as “power projection platforms” have been and still are a significant target throughout history, as the current Russian–Ukrainian conflict also highlights. The technological evolution of our times has given rise to threats that, with the increasingly sophisticated use of revolutionary technologies, artificial intelligence, and cyberspace, pose unprecedented challenges to the defense of airfields. In this environment of technological innovation, we must find solutions to ensure the effective protection of domestic and allied airbases against emerging threats by integrating advanced technology into defense systems.

Keywords: airbase, safety, security, artificial intelligence, revolutionary technologies

¹ Egyetemi tanársegéd, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Informatikai Tanszék; e-mail: Taborszky.Jozsef.Peter@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0003-2185-426X.

² DOUHET 1942: 53.

³ CSENGERI 2018.

Bevezetés

A légibázisok biztonsága és védelme már a repülőgépek katonai alkalmazásának kezdetétől aggodalomra ad okot. Az első légibázis elleni támadás 1914. augusztus 24-én történt, amikor a brit Királyi Légierő egysége egy, a földön tartózkodó német repülőgépekből álló csoportot támadott meg egy bomba segítségével. Az akció ugyan nem járt sikerrel, azonban fontos előhírnöke volt a nagy háború második felében rendszeressé váló és azóta is számtalan alkalommal végrehajtott, repülőbázisok elleni támadásnak.⁴

Míg az I. világháborúban előkészített vagy előkészítés nélküli mezőket, mezőgazdasági területeket használtak kifutópályaként, addig az egyre kifinomultabb és drágább repülőgépek megkövetelték a repülőterek fejlődését, a mindenféle időjárási viszonyok között és minden napszakban használható kifutópálya kialakítását, a kapcsolódó műszaki és logisztikai kiszolgáló létesítmények, a vizuális és műszeres irányítás kiépítését.⁵ Azonban jelentőségükhöz mérten a repülőbázisok fenyegetettsége is egyre erősödött, amihez nagymértékben hozzájárultak a két világháború közti légierő-teoretikusok elméletei. Giulio Douhet az 1920-as években felhívta a figyelmet, hogy a repülőgépek elpusztításának leghatékonyabb módja azok földi bázisain való megsemmisítése.⁶ Az ő gondolatai széles körben elterjedtek, és jelentős hatást gyakoroltak a légi műveletekre. A légi uralom megszerzése, amely elméletei egyik fő motívuma, garantálhatja a saját erők mozgási és cselekvési szabadságát, és végső soron biztosítja a háború kedvező kimenetelét. Ezek az elvek napjainkra sem fakultak meg, sőt, az orosz–ukrán háborút elemezve megállapíthatjuk, hogy ugyanolyan igazak, mint születésük pillanatában.

Tanulmányomban választ keresek arra, hogy vajon megfigyelhetők-e tendenciák a légibázisokkal szembeni fenyegetésekben a megjelenésüktől napjainkig tartó időszakban. Megvizsgálom a történelem során a repülőbázisokkal szemben alkalmazott támadási formákat, elemzem ezek mennyiségét és gyakoriságát. Feltárom, hogy a védelem milyen módon tudott alkalmazkodni a fenyegetésekhez, és ez milyen hatással volt a repülőbázisok biztonságára. Fontos kérdésnek tartom, hogy melyek azok a forradalmi technológiák, amelyek hatékonyan képesek megzavarni egy repülőbázis földi védelmi rendszerét és ezáltal korlátozni a légi műveleteket. Ugyanakkor a forradalmi technológiák a védelem oldalán is jelentős többletképességeket generálhatnak, és lehetőséget adnak arra, hogy az új és újszerű technológiákkal szemben megfelelő védelmet tudjunk kialakítani.

A repülőbázisokkal szembeni fizikai fenyegetések változása

A repülőbázisok mint stratégiai objektumok már a kezdetektől komoly fenyegetésnek voltak kitéve. Ahogy azt a két világháború közti légierő-teoretikusok megfogalmazták, a győzelemhez a légi fölény kialakításán keresztül vezet az út, aminek legkézenfekvőbb

⁴ KREIS 1988: 5–6.

⁵ PRICE 2020.

⁶ DOUHET 1942: 52–55.

módja a repülőgépek földi bázisokon történő elpusztítása.⁷ Az I. világháborúban még csak körvonalazódott a repülőbázisok kialakításának szükségessége, viszont a technikai fejlődéssel egyre fejlettebbé és érzékenyebbé váló repülőgépek csakhamar megkövetelték a mindenféle időjárási körülmények között, napszaktól és évszaktól függetlenül használható futópályák kialakítását. A futópálya mellett később megjelentek a hangárok és szerelőműhelyek, ahol gondoskodhattak a repülőgépek javításáról, a légénységi barakkok a kiszolgáló állomány elhelyezésére, valamint a raktárépületek az anyagi-technikai biztosítás megvalósítása céljából. A futópálya és a kiszolgáló létesítmények azonban hasznosságuk mellett könnyen felderíthető célpontot is jelentettek, ami szükségessé tette a védelmi létesítmények és eszközök fejlesztését, a védelemre trenírozott szakszemélyzet fenntartását és a védelem elveinek kialakítását. A támadóeszközök ugyancsak modernizáción mentek keresztül, így egyre specifikusabbak és pontosabbak lettek, ami a megfelelően képzett személyzettel és alkalmazási elvekkel komoly károkat okozhat a szemben álló fél légierijében.

Az I. világháború

A repülőeszközök tömeges alkalmazása első alkalommal az I. világháborúban valósult meg, amikor kifejlődtek annak szervezeti keretei, alkalmazási elvei, és jelentős innovációs folyamaton mentek keresztül a levegőnél nehezebb repülőeszközök. A háború elején jellemzően nem találkozhattunk kiépített futópályával, mivel a kor repülőgépeinek elegendő volt egy előkészített vagy akár előkészítetlen mező, mezőgazdasági terület, ahol landolhattak.⁸ Az első *sikeres*, légi támaszpont elleni támadásra 1914. október 8-án került sor, amikor a brit Királyi Légierő a düsseldorfi zeppelinhangárokat támadta.⁹ Az akciók kiforratlanok voltak, a katonák a fedélzeten magukkal vitt gránátokat, bombákat, kézfegyvereket, Molotov-koktélokot használhatták. A légibázisok ellen elkövetett műveletek kezdetben kevesebb sikerrel jártak, azonban az eszközök és eljárások fejlődésével, valamint a felhalmozódó tapasztalatok felhasználásával jelentősen javult az eredményességük. A háború végére már rendszeressé váltak a légi támaszpontok ellen elkövetett bombázások, amelyekben részt vettek az erre a célra kifejlesztett bombázó repülőgépek és az őket támogató vadászipülőgépek is.

A II. világháború

Németország az általa alkalmazott villámháborús elveknek köszönheti a háború első éveiben elkönyvelt sikereit. A repülőgépek és gyors harckocsik révén olyan dinamikus hadviselést tudtak kialakítani, amely 1942-ig szinte megállíthatatlannak bizonyult. Ehhez

⁷ PURSER 1989: 5–6.

⁸ PRICE 2020.

⁹ VICK 2015.

nagy szükség volt a repülőgépek alkalmazási elveinek megfogalmazására és az összehangolt – összhaderőnemi – műveletek végrehajtására. Stratégiájuk alapján a repülőterek környezetében tűzérsgéi tűzzel kényszerítették be a védőket az óvóhelyekre, akik onnan kijöve a felfegyverzett ejtőernyős és légi szállítású erők csapdájába futottak bele. Ezzel a taktikai húzással a németek rengeteg repülőteret foglaltak el, amelyeket aztán saját céljaikra tudtak felhasználni a légi főlény kialakítása érdekében.

Ahogy az 1. táblázatban is látható, a háború első éveiben, egészen 1941-ig a tengelyhatalmak szinte ellenállás nélkül foglalták el a kiszemelt repülőgépbázisokat. 1942-től azonban jelentősen csökkent ez irányú aktivitásuk, ami a támadások számában és eredményében is megmutatkozik. Időközben a támadási célok is megváltoztak: míg a háború elején szinte kizárólag a légibázisok elfoglalása volt a fókuszban, addig 1942-1943-ban megjelent a repülőgépek elpusztítása és a repülőterek korlátozása, amelyek 1944-1945-re, a háború végső szakaszára kizárólagos céllá váltak.¹⁰

1. táblázat: Repülőbázisok elleni támadások a II. világháborúban

Év	Támadó	Megtámadott	Támadások száma	Sikerarány	Támadás módja
1940	tengelyhatalmak	szövetségesek	8	1	légi szállítású
	szövetségesek	tengelyhatalmak	2	1	szárazföldi
1941	tengelyhatalmak	szövetségesek	10	0,90	légi és szárazföldi
	szövetségesek	tengelyhatalmak	14	0,71	légi és vízi szállítású
1942	tengelyhatalmak	szövetségesek	3	0,34	légi, tengeri, vízi szállítású
	szövetségesek	tengelyhatalmak	41	0,71	szárazföldi, vízi szállítású
1943	tengelyhatalmak	szövetségesek	1	1	légi szállítású
	szövetségesek	tengelyhatalmak	7	0,71	légi és vízi szállítású
1944	tengelyhatalmak	szövetségesek	4	1	
	szövetségesek	tengelyhatalmak	4	0,87	légi szállítású, szárazföldi
1945	tengelyhatalmak	szövetségesek	31	0	szárazföldi
	szövetségesek	tengelyhatalmak	5	1	szárazföldi, vízi szállítású
Összesen			130+	0,59	

Forrás: VICK 2015: 5–6. és VICK 1995: 113–158. alapján a szerző szerkesztése

A szövetségesek a kezdeti sokkból csak 1940-re tudtak felocsúdni, viszont ettől kezdve jó eredményeket értek el a légibázisok elleni támadásokban. Kezdetben céljuk az elleneséges repülőeszközök elpusztítása volt, amit igen sikeresen végeztek, főként az afrikai hadszíntéren. 1942-1943-ban már megjelent a repülőterek elfoglalására irányuló tevékenység is, amely a háború végén kizárólagos céllá vált.

Mindkét oldalon megjelentek légi, vízi és szárazföldi eszközök a feladatok előkészítésében és végrehajtásában, azonban a háború egyes fázisaiban jelentős célként azonosítható a repülőgépbázisok elfoglalása. Ennek során leginkább ejtőernyős és légi szállítású katonákat alkalmaztak, viszont megfigyelhető, hogy sok esetben a különleges műveleti, illetve a szárazföldi erők is nagymértékben hozzájárultak a sikerekhez.

¹⁰ VICK 1995.

A vietnámi háború

A vietnámi háború a kommunista és a kapitalista értékrend összecsapásának egyik jelentős helyszíne volt, ahol a két oldal szövetségesei támogatásával vívta az egymás elleni háborút.¹¹ Ahogy a 2. táblázatban látható, a Vietkong és az észak-vietnámi hadsereg összesen mintegy 484 támadást vezetett a Dél-Vietnámot támogató USA légibázisai ellen, amelyek 79%-ban voltak sikeresek, továbbá amelyek során több mint 100 repülőgépet pusztítottak el és több mint 1000 repülőgépet rongáltak meg. Akcióikat szinte kizárólag gerillatámadások képezték, amelyeket gránátvetőkkel, automata fegyverekkel és rakétákkal valósítottak meg. Amíg céljuk 1964–1965-ben kizárólag a repülőgépek megsemmisítése volt, addig az elhúzódo műveletek további részében egyfajta egyensúly alakult ki a repülőgép-megsemmisítések és repülőterkorlátozások mint támadási célok között, amelyeket 75%-os sikerarány jellemez.¹²

2. táblázat: Repülőbázisok elleni támadások a vietnámi háborúban

Év	Támadó	Megtámadott	Támadások száma	Sikerarány	Repülőgép-megsemmisítés /-rongálás	Támadás módja
1964	Vietkong	Vietnám	1	1	7/18	szárazföldi
1965	Vietkong	Vietnám	7	0,86	13/14	szárazföldi
1966	Vietkong	Vietnám	8	0,75	5/100	szárazföldi
1967	Vietkong	Vietnám	18	0,78	19/146	szárazföldi
1968	Vietkong	Vietnám	122	0,70	42/478	szárazföldi
	Vietkong	Thaiföld	1	1	0/3	szárazföldi
1969	Vietkong	Vietnám	108	0,69	7/117	szárazföldi
	Vietkong	Thaiföld	1	1	0/2	szárazföldi
1970	Vietkong	Vietnám	106	0,79	2/28	szárazföldi
	Vietkong	Thaiföld	1	0	0	szárazföldi
1971	Vietkong	Vietnám	55	0,76	1/30	szárazföldi
1972	Vietkong	Vietnám	52	0,83	11/208	szárazföldi
	Vietkong	Thaiföld	3	0,67	1/3	szárazföldi
1973	Vietkong	Vietnám	7	0,71	2/27	szárazföldi
Összesen:	csak Vietnámban		484	0,75	109/1166	nagyrészt szárazföldi
	minden Vietnámmal kapcsolódó		490	0,74	110/1174	

Forrás: VICK 2015: 5–6. és VICK 1995. 113–158. alapján a szerző szerkesztése

Napjaink háborúi

A 3. táblázatban látható, hogy a vietnámi háborút követően a konfliktusok kiváltó okaiban változás állt be: az államok közti összecsapások mellett megjelentek a gerilla- és a terrorista támadások is. A közös, amit megfigyelhetünk, hogy viszonylag kevés

¹¹ SIDOTI 2001: 52–61., 95–125., 225–270.

¹² VICK 1995.

„akció” történt, és a támadók nagy hatékonysággal teljesítették támadási céljaikat. Az elkövetés módja ugyancsak változatos volt: megjelentek a légi műveletek, illetve a légi és a vízi támogatású szárazföldi műveletek, a terrorista támadások.¹³ Az 1991-es Öbölháborúban figyelhető meg egyfajta paradigmaváltás, ugyanis az Egyesült Államok ekkor kezdte tudatosan kiaknázni az információs fölényben rejlő lehetőségeket.¹⁴ Az ezredfordulót követően pedig Oroszország fejlesztette jelentős beruházásokkal információs képességeit, és a 4. generációs hadviselés¹⁵ elveinek alkalmazásával több kisebb konfliktus után jutottunk el a napjainkban is zajló orosz–ukrán háborúig. Ennél megfigyelhettük, hogy az információs fölény kialakítása mellett továbbra is hatalmas szerepe van a fizikai térben megjelenő műveleteknek. 2014-ben, a krími háború idején az orosz erők földi támadással foglalták el a belbeki légi támaszpontot, 2022-ben pedig, a fizikai térben zajló háború első napján 11 ukrán repülőgépbázis ellen követtek el légi támadásokat az ellenséges légierő korlátozása céljából.¹⁶

3. táblázat: Repülőbázisok elleni támadások napjaink konfliktusaiban

Év	Támadó	Megtámadott	Támadások száma	Sikerarány	Repülőgép-megsemmisítés/-rongálás	Támadás módja
1979	Szovjetunió	Afganisztán	1	1	-	légi szállítású
1981	terroristák	Puerto Rico	1	1	9/2	terrorista
	gerillák	Salvador	1	1	15/7	gerilla
1982	Argentína	Falkland-szigetek (Nagy-Britannia)	1	1	30%	
1983	USA és a Kelet-karibi Államok Szervezete	Grenada	2	1	-	vízi
1986	gerillák	Afganisztán	2	1	9/0	gerilla
	terroristák	Kolumbia	1	1	1/0	terrorista
1989	magányos fegyveres	Panama	1	1	-	szárazföldi
	USA	Panama	3	1	1/0	légi, vízi, szárazföldi
1990	gerillák	Salvador	1	1	0/1	gerilla
	USA	Irak	2	1	29+/-	
1991	kurd lázadók	Irak	1	1	7/0	gerilla
	terroristák	Puerto Rico	1	1	0/1	terrorista
1992	gerillák	Fülöp-szigetek	1	1	2/1	
1999	NATO	Szerbia	-	-	100/-	légi
2001–2013	USA	Afganisztán, tálibok	-	-	-	légi, szárazföldi
2003–2011	USA	iraki felkelők	-	-	-	légi, szárazföldi

Forrás: VICK 2015: 5–6. és VICK 1995: 113–158. alapján a szerző szerkesztése

¹³ VICK 1995.

¹⁴ HAIG 2018.

¹⁵ A 4. generációs hadviselés szakít a korábbi hadviselési elvekkel. Itt elsősorban már nem államok egymás elleni küzdelméről van szó, és a katonák mellett a civilek is megjelennek a harcokban. A fizikai dimenzió mellett egyre szofisztikáltabban használják az információs és a kognitív dimenziót, amelyek komplex látásmóddal segítik a célok minden eszközzel történő elérését. Bővebben lásd: SOMKUTI 2009.

¹⁶ GAZDA 2022.

Az első légibázis elleni támadás 1914. augusztus 24-én történt, ugyanakkor az ebben rejlő lehetőségeket a háború második felére ismerték fel igazán. A repülőgépek diverzifikációja és a megfelelő eljárások kidolgozása ekkorra jutott el a megfelelő hatékonyság eléréséhez szükséges szintre. A további háborúkban megfigyelhettük, hogy az érdekek, a stratégia, a lehetőségek és a háború állásának tükrében különböző célok fogalmazódhatnak meg, például: a repülőgépek elpusztítása, a repülések korlátozása és a repülőtér elfoglalása. A stratégiai szinten megjelenő célokhoz pedig hadművelleti és harcászati tevékenységek igazodnak, amelyek esetében taktikai szinten határozzák meg a megfelelő eredmény elérését szolgáló eszközöket és eljárásokat. A repülőterek kapcsán alapvetően légi- vagy szárazföldi támadásokról beszélhetünk, amelyek mindegyike tovább osztható. A szárazföldiek lehetnek légi, vízi, szárazföldi szállítású, ejtőernyős, szárazföldi vagy különleges művelleti egység által, valamint gerillák, felkelők vagy magányos fegyveres által elkövetett támadások vagy szabotázsakciók. A legfontosabb cél a művelleti hatékonyság biztosítása, amely a váratlanságon és egyediségen keresztül valósítható meg legkedvezőbben.

A repülőbázisok fizikai védelmének fejlődése

A repülőbázisok védelme egykorú maguknak a repülőbázisoknak a megszületésével. A ballontechnológiának köszönhetően a katonai vezetők már az 1700-as évek végén találkozhattak a hadviselést a harmadik dimenzióra kiterjesztő eszközökkel, amelyekkel szemben szükségessé vált a védelem kialakítása. 1914. október 8-án még szinte felkészületlenül érte a düsseldorfi zeppelinbázis személyzetét az ellenük elkövetett támadás, amelyben a magányos támadó repülőgép megsemmisített egy zeppelint és egy hangárt is. A védők géppuskákkal tudták viszonzni a tüzet, és olyan sérülést ejtettek a repülőgépen, hogy az nem volt képes visszatérni a bázisára. Az azóta eltelt hosszú idő alatt a repülőbázis-védelem komoly fejlődésen ment keresztül, azonban a felkészültség továbbra is kritikus kérdés maradt.¹⁷

Az I. világháború

A nagy háború első felében még nem voltak kiforrott eszközök és módszerek a repülőbázisok védelmére, erre jószerével csak géppuskákat és ágyúkat tudtak használni. A háború második felére megszaporodó támadások azonban nagy hatást gyakoroltak a terület fejlődésére: az aktív védelmi eszközök korszerűsítése mellett megjelentek olyan passzív védelmi elemek is, mint az álcázás, rejtés és a repülőgépek szétszórása.¹⁸ Az I. világháború meghatározta a légibázisok kialakításának szükségességét, és egyúttal determinálta azok biztonsági helyzetét is. A két világháború közötti időszakban pedig az események

¹⁷ VICK 2015: 1–3., 62.

¹⁸ VICK 2015.

és tapasztalatok feldolgozása által lehetőség nyílt a védelem elveinek és eszközrendszerének modernizálására annak érdekében, hogy felkészülten tudjunk szembenézni egy újabb fenyegetéssel.

A II. világháború

A németek villámháborús stratégiája sokként hatott a megtámadott országokra és azok repülőbázisaira. Az 1. táblázat tanúsága szerint 1939–1941-ben olyan váratlanul érte a szövetségeseket ez a támadássorozat, hogy képtelenek voltak védekezni vele szemben. Az I. világháború tapasztalataira építkezve a tüzérségi tűz hatására a védők visszavonultak az óvóhelyekre, ahonnan visszatérve már egyenesen a felfegyverzett német ejtőernyősök és légi szállítású alegységek csapdájába sétáltak bele. 1942–1943-ban – köszönhetően a korai előjelző rendszerek kialakításának és az alkalmazott aktív és passzív védelmi mechanizmusoknak – a tengelyhatalmak előrenyomulása lelassult, és a szövetségesek is egyre hatékonyabban vették fel a harcot a támadókkal. Ebben az időben Winston Churchill elvárásainak megfelelően megemelték a légibázisok létszámát, és hatékony földi védelem felállításával biztosították azok védelmét. Megtörtént a légvédelmi hálózatok kialakítása, amelyekben radaregységeket, elfogó repülőgépeket, légvédelmi tüzérséget és keresőlámpás egységeket is rendszeresítettek.¹⁹ Ez jelentette a fordulópontot a tengelyhatalmak stratégiájában: egyre inkább megváltoztak lehetőségeik, majd a támadások számának csökkenésével 1944–1945-ben már céljuk egyértelműen az ellenséges repülőgépek elpusztítása és a repülőterek korlátozása volt. A szövetségesek sikeresen alkalmazkodtak a kialakult helyzethez, és mindinkább ők kényszerítették védekezésre a tengelyhatalmakat, amelyek ennek következtében jelentős veszteségeket szenvedtek.²⁰

A vietnámi háború

Míg a koreai háború három évében az Egyesült Nemzetek Szervezetének légibázisai nem voltak kitéve jelentős fenyegetésnek, addig a vietnámi háborúban teljesen más képpel kellett szembesülniük az amerikai erőknek. Az 1964–1965. években, bár a támadások száma viszonylag alacsony volt, a repülőbázisok védelmével megbízott helyi erők meglehetősen rossz eredményeket könyvelhettek el. Ebben az időben a támadók 86% feletti sikerarányral büszkélkedhettek. William Westmoreland tábornok, tanulva a kudarcokból, megkezdte a légibázisok földi védelmének megszervezését, és azt az amerikai erők hatáskörébe helyezte át. Erőfeszítéseinek hatására a háború további éveiben sikerült átlagosan 75% körüli értékre visszaszorítani az ellenséges erők sikerarányát, bár a támadások számának növekedése a veszteségeket is fokozta. A védelmi erők számát jelentősen

¹⁹ VICK et al. 2020.

²⁰ VICK 1995.

megemelték, és a védelmet kiterjesztették a repülőbázis határain kívülre, illetve hírszerzési információkkal igyekeztek megerősíteni azt.²¹ Az amerikai erők meglehetősen nehéz helyzetben voltak, azonban az általuk alkalmazott eszközök, eljárások, kiképzési módszerek jelentős hatást gyakoroltak a repülőbázis-védelem további fejlődésére.

Napjaink háborúi

A vietnámi háborút követő időszakban megfigyelhetjük, hogy nagy jelentősége volt a támadók felkészültségének, felszereltségének és a támadások előkészítettségének. A fellelt források alapján láthatjuk, hogy az egyes háborúkban a védelem helyzete különösen nehéz, ha az állomány nem elég felkészült, illetve még megfelelő felkészítés esetén is komoly hátrányban vannak a védőerők a támadókkal szemben, mivel utóbbiak bírják a meglepetés előnyét. Ezeket az előnyöket pedig nagy hatékonysággal használják ki a támadók: a vietnámi háború óta csaknem 100%-os sikerarányral teljesítik a célt.²²

Részösszegzés

A történelmi visszatekintés alapján megállapíthatjuk, hogy a légierő és a repülőbázisok jelentősége változáson ment keresztül az idők folyamán. Az I. világháborúban még csak a szárnypróbálgatás stádiumában lévő „légierő” a háború második felére már fontos képességgé vált, az azóta eltelt időkben pedig a háború nélkülözhetetlen részévé lett. A repülőbázisok kritikusságával viszont nem nőtt arányosan azok védelmi képessége. A támadások sikerarányából láthatjuk, hogy a háborúk közötti nyugodt, békés időszakok elégtelen forrásbiztosítása, a vezetők és végrehajtók felkészültségének hiánya, a technikai eszközök elégtelensége kedvezőtlenül hatottak a bázisvédelemre. Ennek és a támadások váratlanságának következtében a védelem nagyon nehéz helyzetben van, különösen a háborúk elején és a ritkán indított műveleteknél. Azt is megfigyelhetjük, hogy egy elhúzódó háborúban nagyobb valószínűséggel tudnak a védőerők alkalmazkodni a támadásokhoz, azonban még ekkor is több mint 2/3 az esélye a támadóerők sikerének. A védelem szempontjából nagy jelentőségűek a kor fejlettségi szintjének megfelelő védelmi eszközök, valamint az ezekhez igazított elvek és képzett személyzet alkalmazása, másrészt fontos a hírszerzési, felderítési információk beépítése a döntéshozatali folyamatba.

²¹ VICK et al. 2020.

²² VICK 1995.

Forradalmi technológiák a földi támadásokban

A repülőbázisok elleni földi támadások sem az I. világháborúban, sem a koreai háborúban nem voltak kifejezetten jellemzők. A II. világháborúban és a vietnámi háborúban annál nagyobb szerep jutott a földfelszíni támadásoknak, amelyekben a szárazföldi és a különleges műveleti erők, illetve a gerillák jelentős hatékonysággal hajtották végre küldetéseiket. A támadások végrehajtásához kezdetben gránátvetőket, automata fegyvereket, kézi- és gépjárműfedélzeti fegyvereket, valamint vállról indítható rakétákat használtak. Napjainkban azonban számtalan olyan eszköz születik, amely veszélyeztetheti egy repülőbázis biztonságát.

A robotok általi fenyegetés

A robotok és autonóm járművek egyre nagyobb szerepet kapnak a jövő katonai műveleteiben, ugyanis autonóm vagy távirányított módon képesek harc-, támogató- és kiszolgálófeladatok megoldására, továbbá az élőerő megóvására. Mindkét eszköztípus rendelkezik szenzorokkal a külvilágból érkező jelek érzékeléséhez, irányítóegységgel a kiadott utasítások értelmezéséhez és tevékenységekké alakításához, valamint robotszegmensekkel, effektorokkal a fizikai világgal való kapcsolatba lépéshez.²³ Számos kedvező tulajdonsággal bírnak: nem fáradnak el, nem felejtenek, célorientáltak, hagyományos módon nem befolyásolhatók és szükség esetén az elkövető inkognitójának fenntartására is alkalmasak. Számos jó tulajdonsága ellenére még meglehetősen drágák, ami a gyakorlati alkalmazhatóságot jelentősen korlátozza. Egyes források szerint 2020-ban a Mohsen Fakhrizadeh iráni atomtudós ellen elkövetett merényletben is autonóm fegyvereket használtak, bár más források kételkednek ebben.²⁴ Mindenesetre a fejlesztések nagy erővel folynak, és többek között az Elbit Systems és a Kongsberg is készített már távirányítású fegyvereket. A robotika terén szintén több fejlesztőcéggel ért el jó eredményeket, amelyek közül például a Boston Dynamics által kifejlesztett Atlas akrobatikus ügyességgel hajtja végre a beprogramozott feladatokat.

A digitális katona jelentette fenyegetés

A *Digitális katona* projekt egy több országban futó program, amelynek célja a katona harci, túlélő- és hálózatos képességeinek javítása korunk legfejlettebb technikai újításain keresztül, az infokommunikációs lehetőségek minél kedvezőbb kiaknázása által. A projekt keretében olyan eszközöket használnak fel, amelyekkel kiterjeszthető az emberi érzékelés, multispektrális és származtatott információk segítik a felhasználókat, és amelyek

²³ VIRÁGH 2021.

²⁴ KLEINMAN 2020.

különböző készülékek segítségével hang- vagy képformátumban projektálhatók.²⁵ Emellett megjelennek a különböző információtároló, feldolgozó- és továbbítóberendezések is, amelyek a pontos helyzetkép kialakításán és a hálózatos képességek kiterjesztésén keresztül támogatják a felhasználót. A *Digitális katona* projekt elemei egyenként is többletképességeket biztosítanak, együttes, összehangolt alkalmazásuk viszont kifejezetten erősokszorozó hatású, egy embert egy kis alegység képességeivel ruházva fel. Egy ilyen fejlett katona, illetve katonák egy csoportjának különleges műveleti erőként való alkalmazása még egy jól védett légibázis számára is komoly kihívást jelenthet.

A mesterséges intelligencia (MI) általi fenyegetés

A jelenlegi, korlátozott képességekkel rendelkező MI már ma is részt vesz mindennapi tevékenységeinkben mint virtuális segéd, biometrikus azonosítórendszer, önvezető jármű vagy egészségügyi diagnosztizáló eszköz. A következő jelentős lépés az lesz, amikor az MI öntudatra ébred, ugyanis onnantól kezdve egy önálló akarattal rendelkező, fejlett eszköz lesz a társunk, amelynek létezése számtalan pozitív képessége mellett jelentős veszélyeket is hordoz.²⁶ Bár Blake Lemoine, a Google egyik korábbi MI-mérnöke szerint ez már megtörtént, tudományosan még nem igazolták.²⁷ A gyenge MI már ma is sok helyen megtalálható, és speciális területeken, szűk keretek közé szorítva rendkívüli hatékonyságnövekedést eredményez. Az általános, erős MI megjelenésével azonban arra kell számítanunk, hogy új identitás jelentkezik a környezetünkben, a maga erősségeivel és hibáival. Egy ilyen, potenciálisan hibákat is tartalmazó, önálló döntéseket hozó összetett algoritmus felügyelete nem lesz egyszerűen kivitelezhető, hiszen az képes lesz otthonosan mozogni a fizikai és logikai térben, valamint befolyásolni a kognitív dimenziót. Az MI a maga speciális területein már ma is túlmutat egy ember képességein. Belegondolva, hogy fejlettebb változata akár véletlenül, akár szándékosan egy támadó művelet során emberéleteket, egy repülőbázis vagy egy ország sorsát veszélyeztetheti, beláthatjuk, hogy már most meg kell határoznunk azokat a garanciákat, amelyek a biztonságos felhasználás és hatékony védelem irányában hatnak.

A pilóta nélküli légi járművek általi fenyegetés

A pilóta nélküli légi jármű (*unmanned aerial vehicle*, UAV) a drónok légi változata, az utóbbi húsz esztendőben megindult drónfejlesztések következtében, a technológia miniaturizációja és sorozatgyárthatósága által jelent meg a földi támadásokat közvetlenül támogató eszközök között. A drónok akár a légibázis közvetlen környezetéből is indíthatók és alacsony repülési magasságuk, valamint anyagösszetételük miatt sokszor

²⁵ COPELAND 2007.

²⁶ RUSSELL–NORVIG 2005: 22–23., 834–856.

²⁷ BODNÁR 2022.

nem detektálhatók a hagyományos repülőeszközökre jellemző módszerek alkalmazásával.

Méret szempontjából és a katonai felhasználást tekintve megtaláljuk közöttük a legkisebb egyéni használatú mikrodrónokat, mint a Black Hornet Nano, amely a közelfelderítés eszköze, és természetesen léteznek a nagyobb méretű, raj, szakasz, század vagy magasabb egységek kiszolgálására alkalmas, akár stratégiai csapásmérésre felhasználható eszközök, mint amilyen az MQ-9 Reaper.

Az ilyen járművek által elvégezhető műveletek meglehetősen sokrétűek. Alkalmazhatók megfigyelésre, felderítésre, tűzéségi tűzhelyesbítésre, közvetlen támadások végrehajtására, támadás utáni felmérésre és felhasználhatók a támogatás eszközeiként, kutató-mentő tevékenységhez, anyagi-technikai ellátás megvalósításához, zavaráshoz.²⁸ Feladatukat önállóan vagy távolról irányítva is megoldhatják. A drónokban rejlő lehetőségeket a hadseregek mellett a terrrorszervezetek is felismerték, a Hezbollah és az Iszlám Állam is komoly drónalkalmazási stratégiával rendelkezik. További veszélyt jelentenek az akár jó-, akár rosszindulatú egyéni felhasználók, akik a drón kinetikai energiáját kiaknázva, az eszközre fegyvert, veszélyes anyagot applikálva vagy csak egy véletlen berepülés által kockáztathatják embertársaik életét vagy akár egy repülőtér biztonságát.²⁹

A katonai repülőbázisok elleni támadásokat különböző érdekcsoportok különböző célok megvalósítása érdekében hajthatják végre. A közös ezekben a csoportokban, hogy igyekeznek felhasználni a modern technológiák adta lehetőségeket a hatékonyság biztosítására. A korunkban exponenciális sebességgel keletkező új technológiák és ezek innovatív alkalmazása pedig olyan váratlan helyzeteket okozhat, amelyekre nincs felkészülve a repülőbázisok védelme. Napjainkban az infokommunikációs technológiák eluralkodtak a katonai műveleteken, így a támadó fegyverek esetében is fontos szerepet töltenek be. A bemutatott potenciális fenyegetések közül mégis kiemelkedik az MI, ugyanis ennek felhasználása új szintet fog jelenteni a hadviselésben. Az erős MI alkalmazása esetén az emberi irányítás mellett meg fog jelenni egy mesterséges tudat általi vezérlés, amely, mindamelllett, hogy precízebb és pontosabb lesz, mint bármelyik ember, súlyos etikai kérdéseket vet fel, és beláthatatlan következményekkel jár.

Forradalmi technológiák a védelemben

Technikai újításokkal átszőtt világunkban számtalan lehetőséget találhatunk, amely segítségünkre lehet a védelem kialakításában. A védelem bármelyik rétegéről is beszélünk, fontos, hogy komplex szemléletben megalkotott rendszert hozzunk létre, ahol megfelelő egyensúlyt teremtsünk a bemeneti, a feldolgozó és a kimeneti oldal között. A bemeneti oldalon található a különböző korai előjelzést biztosító szenzorok, szenzorhálózatok, a feldolgozó oldalt jelen pillanatban leginkább a humán erőforrás jelenti, bár egyes rendszerekben már megjelenik a gépi előfeldolgozás, a kimeneti oldalon pedig

²⁸ KOMJÁTHY–CSENGERI 2017.

²⁹ KRAJNC 2018.

szintén a humán reagálóerő tevékenységét kell alapul vennünk a távirányítású és autonóm eszközök térhódításáig.

Szenzorok, szenzorhálózatok

A szenzorok alapvetően az érzékelés eszközei, amelyek segítségével a teljes elektromágneses spektrum lefedhető, továbbá biztosítható az összadatforrású felderítés megvalósítása. Azonban a szenzorok az érzékelő mellett központi feldolgozó-, átalakítóegységet, memóriát, adatátviteli, energiaellátó és – adott esetben – helymeghatározó modult is tartalmaznak.³⁰ A forradalmi technológiákkal és az MI-vel szembeni védelem megszervezésénél nélkülözhetetlen lesz ezeknek a szenzorhálózatoknak a kialakítása. Ezeknek az eszközöknek a hálózatba szervezése a repülőbázis belső védelme esetében megoldható vezetékes technológiával, azonban a repülőbázist körülvevő biztonsági zónában szükséges a harctérre fejlesztett vezeték nélküli technológiák felhasználása is. A repülőbázis kerítéssel körbevett területének szenzorhálózata is jelentős fejlesztést igényel a kor színvonalának megfelelő érzékelőrendszer kialakításához, a biztonsági zóna esetében pedig ki kell alakítani azokat a jogi és technikai feltételeket, amelyek lehetővé teszik az ottani alkalmazást. Jelenleg a belső védelem felállításánál olyan mértékben építünk az elektronikus szenzorhálózatok előjelző képességére, ami talán túlmutat annak minősített helyzetben garantálható megbízhatóságán. A minden körülmények között stabilan, hatékonyan üzemelő szenzorhálózat ezért ma még nem nélkülözheti a humán megfigyelőket, így ehhez megfelelő mennyiségű személyi állományt és infrastruktúrát kell biztosítani.

Adatfeldolgozás, adatfúzió

Az egyre nagyobb számban alkalmazott érzékelők és az általuk szolgáltatott adatok több problémát is felvetnek. Az egyik a minden körülmények között megfelelő sávszélesség és adattovábbítás, amely a vezeték nélküli hálózatok egyre nagyobb sebességével, az 5G-hálózat megjelenésével és a 6G-hálózat fejlesztésével biztosítottak látszik.³¹ A másik, hogy az adattömeg növekedésével megjelent a big data, amely ma már csak igen korlátozottan teszi lehetővé a humán adatfeldolgozást, -értékelést és döntéstámogatást. Bár az adatfeldolgozás sok esetben ma is támogatott infokommunikációs eszközökkel, az adatfúzió, a különböző rendszerekből származó adatok egymással történő kiegészítése még szinte egyáltalán nem valósul meg, ami pedig feltétele a kikövetkeztetett információk kinyerésének, az időben történő reagálásnak. Jelenleg az adatértékelésnél és döntéselőkészítésnél a humán erőforrás dominanciája jellemző, amely erőforrás könnyen megteveszthető, fáradékony, egyszerűsít, és ez sok esetben a biztonság rovására megy. Ezért itt minél előbb szükség van az infokommunikáció adta lehetőségek és az MI felhasználására.

³⁰ HAIG 2018: 113–134.

³¹ HAIG 2018: 73–81., 160–164., 305–309.

Beavatkozó eszközök

A beavatkozó oldalt ma szinte kizárólag a humán reagáló erő jelenti, bár egyes területeken alkalmaznak távirányítású és autonóm fegyvereket, beavatkozó egységeket, amelyek segítségünkre lehetnek a bázisvédelemben is. Ezeket felhasználva lehetőség lesz a megfelelő időben megfelelő mértékű beavatkozásra a támadóval szemben. Az optimális automatizáltsági szintet képviselő UAV-ok, robotok és fegyverek a védelmi hálózat elemeként a jövőben képesek lesznek önálló döntéseket hozni és a védelem érdekében érvényt szerezni a bázisvédelemnek. A közeljövőben ez még nem elképzelhető, viszont ezen eszközök távirányított társai már nagy valószínűséggel üzemelni fognak. A védelem oldalán nagy jelentősége lenne a digitális katona megjelenésének is, ami erősokszorozó képességet jelenthet, továbbá biztosíthatja a kis létszámú védőerő hatékony alkalmazását. A támadó oldalon megjelenő robotok, UAV-ok és autonóm járművek nélkülözhetlenné teszik az elektronikai hadviselés fejlesztését és felhasználását velük szemben. Már több olyan rendszert kifejlesztettek, amely hatékony védelmet nyújthat UAV-okkal szemben, ilyenek például az izraeli Elbit Systems vagy a Skylock által létrehozott antiróntrendszerek.³² A robotok, hasonlóan az UAV-okhoz olyan elektronikus rendszereket tartalmaznak, amelyek lehetőséget biztosítanak a jogosulatlan hozzáférésre és ezáltal az elfogásra, korlátozásra vagy akár az irányítás átvételére és saját céljaink szerinti felhasználására.

A fizikai dimenzióban megjelenő védelem a történelmi hagyományoknak megfelelően rengeteg passzív és aktív elemet tartalmaz. Az aktív elemek jelentős változásokon mentek keresztül, és ahogy a támadásnál, úgy a védelem kialakításánál is hatványozottan több elektronikus eszköz jelenik meg. Ezek a berendezések megkövetelik az elektronikai hadviselés elemeinek egyre kiterjedtebb alkalmazását, amely elemeket felhasználhatjuk a saját eszközök védelmében és az ellenséges erők berendezései elleni támadásban. Az elektronikai rendszerek használata jelenleg leginkább a szenzoroldalon jelenik meg, viszont az ilyen típusú támadó eszközök bővülésével elkerülhetetlen, hogy felhasználjuk őket az adatfeldolgozásban, döntés-előkészítésben és a beavatkozó oldalon is, ami az innovációk motiválásán keresztül valósulhat meg. A következő évtizedekben azonban még nem építhetünk kizárólag az elektronikai rendszerek működésére. Ezért és a romló biztonsági világkép miatt szükség van a légibázisok földi védelmi rendszerében a személyi állomány létszámfejlesztésére, a védendő területek felülvizsgálatára és a korábban kialakított fizikai védelmi infrastruktúrák megőrzésére.

Összegzés

A technológia fejlődésével a repülőgépek és a kiszolgálásukhoz szükséges infrastruktúra felértékelődött, az ellenük elkövetett támadások megsokszorozódtak. A támadási célok között a legmeghatározóbb a repülőgépek elpusztítása és a repülőtér elfoglalása, viszont egyes esetekben a repülések korlátozása is biztosította a hadműveleti célok elérését.

³² SERBAKOV 2019.

Ha megnézzük, hogy milyen módon változtak ezek a törekvések, akkor megállapíthatjuk, hogy a légibázisok elfoglalása a területi vagy gazdasági igények felmerülése esetén jellemző. A célok változása leginkább az elhúzódó konfliktusoknál figyelhető meg, ahol az erőviszonyok átalakulásával a gyengülő félnek le kell mondania a kezdeti célkitűzésekről, az erősödő félnél pedig fokozódó igények jelenhetnek meg, ahogy ez a II. világháborúnál is látható.

A történelmi példákat tekintve megállapíthatjuk, hogy a repülőbázisok jelentősége erősödött az idők során. Viszont ugyanezek a példák igazolják, hogy a védelem, még ha fejlődött is, a konfliktusok kezdeti szakaszára mindig meggyengült, és nem tudta hatékonyan felvenni a harcot a támadókkal. Természetesen ennek egyéb tényezői is vannak, úgymint a háborúk közötti időszakban kifejlesztett új támadótechnikai eszközök alkalmazása, a támadó oldalon megjelenő új elvek, eljárások bevezetése és a támadó oldali előnyök kiaknázása. Ugyanakkor fontos tény, hogy a háborúk elején, illetve a ritkán elkövetett akciók esetén a támadók közel 100%-os sikerarányal tudták teljesíteni küldetéseiket, ami a jelenleg vizionált romló biztonsági világkép mellett megköveteli a védelem minden irányú fejlesztését.

A jelenkor technikai fejlettsége és a fejlesztések katonai keretek közül való kikerülése aggodalomra ad okot. Korábban is csak hozzávetőlegesen tudtuk, hogy milyen újítások várhatók a támadóeszközökben, és csak késleltetéssel jelenhettek meg a védelmi oldalon, ma viszont olyan sokrétű az innováció, hogy nehéz a védelem irányainak meghatározása. Amivel mindenképpen számolnunk kell, az a robotok, az UAV-ok és az autonóm támadóeszközök fejlődése, amelyek akár alacsony költségvetéssel is komoly kárt tudnak okozni. Az innováció, amely megmaradt a katonai fejlesztések között, az a *Digitális katona* projekt, amelyet a különleges erők már ma is felhasználhatnak. Ugyanakkor a legnagyobb változás az erős MI megjelenésével prognosztizálható, amely kifejlesztőjének hatalmas helyzeti előnyt fog adni.

A repülőbázisok földi védelme ma még nagyban épít a humán erőre, amely feltehetően mindig is része lesz annak, csak a szerepe fog átalakulni. Éppen ezért és a technikai rendszerek hibalehetőségei miatt az emberi erőforrás és a földi védelem infrastruktúráinak megtartása indokolt. A forradalmi technológiákkal és az MI-vel szembeni hatékony védelemnek azonban alapfeltétele a terület aktív kutatás-fejlesztési tevékenységének felépítése, a szövetségesek hasonló területen folytatott kutatásaival való együttműködés és az innovációk eredményeinek folyamatos beépítése a védelembe. Ugyanakkor fontos lenne a légibázisaink esetében egy a kor szellemének megfelelő kockázatelemzés elvégzése, a védelem elveinek újbóli meghatározása és a tudomány eredményeiből materializálódott képességek felhasználása.

Felhasznált irodalom

- BINGHAM, Price T. (2020): The Air Base: The Air Force's Achilles' Heel? *Air & Space Forces Magazine*, 2020. október 1. Online: www.airforcemag.com/article/the-air-base-the-air-forces-achilles-heel/
- BODNÁR Zsolt (2022): Öntudatra ébredt a mesterséges intelligencia? Veszélyben érzi magát? Ügyvédet fogadott? Mi folyik a Google-nél? *Qubit*, 2022. június 28. Online: <https://qubit.hu/2022/06/28/ontudatra-ebredt-mesterseges-intelligencia-veszelyben-erzi-magat-ugyvedet-fogadott-mi-folyik-a-google-nel>
- COPELAND, Douglas (2007): Stryker Unit Deploys with Land Warrior. Getting Dismounted Soldiers in the Future Network. *Infantry*, 96(3), 16–22.
- CSENGERI János (2018): A légibázis, mint erőketvitési platform. *Repüléstudományi Közlemények*, 30(2), 55–66. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/4326/3536>
- DOUHET, Giulio (1942): *The Command of the Air*. New York: Coward McCann.
- GAZDA Albert (2022): 74 katonai objektum, ezen belül 11 repülőter megsemmisítését jelentették be az oroszok. *444.hu*, 2022. február 24. Online: <https://444.hu/2022/02/24/74-katonai-objektum-ezen-belul-11-repuloter-megsemmisiteset-jelentettek-be-az-oroszok>
- HAIIG Zsolt (2018): *Információs műveletek a kibertérben*. Budapest: Dialóg Campus.
- KLEINMAN, Zoe (2020): Mohsen Fakhrizadeh: 'Machine-gun with AI' Used to Kill Iran Scientist. *BBC News*, 2020. december 7. Online: www.bbc.com/news/world-middle-east-55214359
- KOMJÁTHY Lajos – CSENGERI János (2017): A távirányított és pilóta nélküli repülőrendszerek alkalmazási lehetőségei a felkelők elleni műveletek során. *Honvédségi Szemle*, 145(6), 81–92. Online: <https://honvedelem.hu/images/media/5f58c04d0992b539459450.pdf>
- KRAJNC Zoltán (2018): Drónok, hibrid fenyegetés, terrorizmus a légtérből: A légi hadviselés privatizálása. *Hadmérnök*, 13(4), 358–369. Online: http://hadmernok.hu/184_29_kranjc.pdf
- KREIS, John F. (1988): *Air Warfare and Air Base Air Defense 1914–1973*. Washington, D.C.: Office of Air Force History.
- PURSER, Wayne (1989): *Air Base Ground Defense: An Historical Perspective and Vision for the 1990s*. Alabama: Air War College Maxwell Air Force Base.
- RUSSELL, Stuart – NORVIG, Peter (2005): *Mesterséges intelligencia modern megközelítésben*. Budapest: Panem.
- SERBAKOV Márton (2019): A terroristák drónhasználata. *Nemzetbiztonsági Szemle*, 7(4), 30–43. Online: http://real.mtak.hu/111497/1/WEB---NSZ_2019_4-3_Serbakov_30-43.pdf
- SIDOTI, Sal (2001): *Airbase Operability. A Study in Airbase Survivability and Post-attack Recovery*. Canberra: Aerospace Centre RAAF Base Fairbairn.
- SOMKUTI Bálint (2009): A 4. generációs hadviselés. *Hadtudományi Szemle*, 2(2), 42–51. Online: https://epa.oszk.hu/02400/02463/00005/pdf/EPA02463_hadtudomanyi_szemle_2009_2_042-051.pdf
- VICK, Alan J. (1995): *Snakes in the Eagle's Nest. A History of Ground Attacks on Air Bases*. Santa Monica: RAND.
- VICK, Alan J. (2015): *Air Base Attacks and Defensive Counters. Historical Lessons and Future Challenges*. Santa Monica: RAND.
- VICK, Alan J. et al. (2020): *Air Base Defense. Rethinking Army and Air Force Roles and Functions*. Santa Monica: RAND.
- VIRÁGH Krisztián (2021): *Szárazföldi katonai robotok*. [H. n.]: [k. n.].

Árvízvédelmi töltések empirikus szivárgás- és mozgásvizsgálata²

Az árvízvédekezések során mindig is problémát tudtak okozni az árvízvédelmi töltéseken keletkező szivárgások, amelyek az árvízvédelmi jelenségek kialakulásához vezethetnek. Árvizes időszakban a töltés alatti altalajban és a töltés testében szivárgások jönnek létre. A töltéstartományban a szivárgás során kialakuló szivárgási vonalat számos tényező – a töltés szerkezete, anyaga, állapota – befolyásolja. A szivárgások és mozgásvizsgálatok empirikus kutatásához nagymintakísérletet terveztem, egy meglévő inhomogén árvízvédelmi töltés szivárgási és zsugorodás-duzzadási jelenségeinek meghatározása érdekében. A tanulmány az árvízvédelmi töltés empirikus vizsgálatához szükséges nagyminta kiépítését mutatja be.

Kulcsszavak: árvízvédelmi töltés, talajmechanika, geofizika, állékonyság, rézsűcsúszás, nagymintakísérlet

Empirical Analysis of Leakage and Movement of Flood Protection Embankments

During flood defenses, seepages on flood protection embankments can cause problems, which can lead to the occurrence of various flood phenomena. They develop in the subsoil under the embankment and in its body during flooding. The seepage line formed during leakage in the body of the dike is influenced by many factors: the structure, material, and stability of the embankment. For the empirical investigation of seepages and movement tests, I designed a large-scale experiment on an existing inhomogeneous flood protection dike in order to determine its leakage and shrinkage-swelling phenomena. This study the construction of the experiment site required for these empirical investigations.

Keywords: flood protection dike, soil mechanics, geophysics, stability, slope slide

¹ Kiemelt műszaki referens, Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság Árvízvédelmi és Folyószabályozási Osztály; e-mail: timar.attila@kovizig.hu; ORCID: 0000-0001-8637-4887.

² Jelen tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj elnevezésű programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési És Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Bevezetés

A kialakult jelenségek elleni sikeres védekezéshez a probléma mértékéhez képest mindig változó, de nagy létszámú erő, illetve eszköz szükséges. Gondoljunk csak egy árvíz-védekezés során kialakult suvadás elleni védekezésre, amelyet az 1. ábra is szemléltet.

Nem véletlen az, hogy az éghajlatváltozás miatt bekövetkező és egyre gyakoribb árvizek kiemelt kockázatként szerepelnek a stratégiai dokumentumokban. Mind a *Nemzeti Biztonsági Stratégia*,³ mind a *Nemzeti Katonai Stratégia*⁴ a kockázatok között nevesíti a természeti katasztrófákat. A hadtudományi kutatók figyelmét sem kerülte el a helyzet, így ebben a tudományágban is kiemelt figyelmet kap ez a kérdés.⁵

Különösen fontos ez – a vízügy és a katasztrófavédelem mellett – a Magyar Honvédség számára is, hiszen az éghajlatváltozás okozta veszélyeztetés, az árvízi helyzetek számának és intenzitásának növekedése fokozottan nagy terhet ró a honvédségre is.⁶



1. ábra: Az endrődi szennyvíztelepnél bordás megtámasztással való védekezés, 2006

Forrás: Árvíz 2006. Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság kiadványa

³ 1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról.

⁴ 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

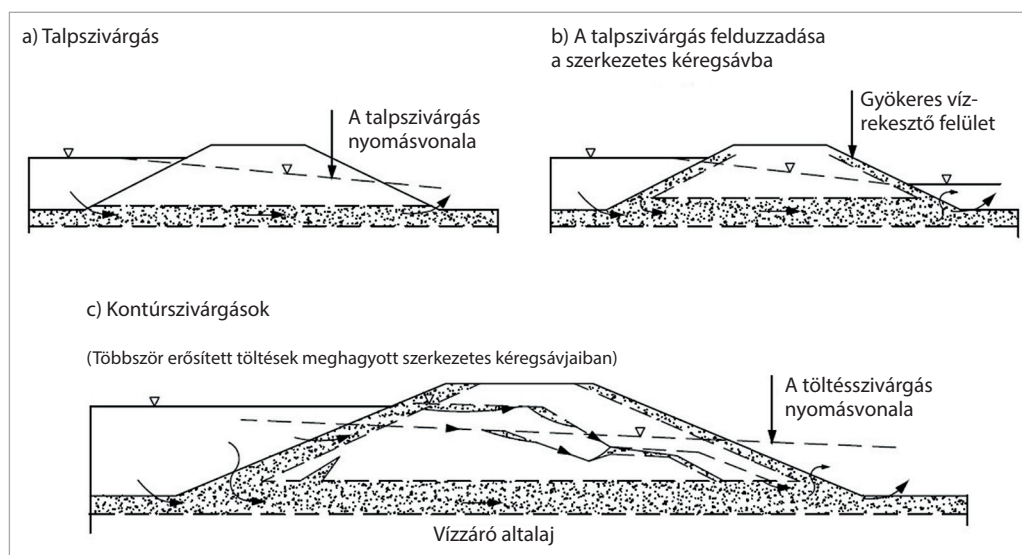
⁵ BODA et al. 2016; BLESZITY et al. 2016.

⁶ PADÁNYI 2006; 1994.

Szivárgások kialakulása

Az árvízvédelmi töltések állékonyságát a kialakuló árvizes jelenségek, valamint az ismert vagy becsült talajállapot alapján ítéljük meg. A jelenségeket kiváltó ok pedig nem más, mint a szivárgás. Tehát az árvízvédelmi gátak tönkremenetele szinte mindig valamilyen szivárgási folyamat következménye. Ahhoz, hogy a védvonalaink veszélyeztetettségét vagy biztonságát meg tudjuk ítélni, minél pontosabban ismernünk kell az árvízvédelmi védvonalon és annak környezetében zajló szivárgási folyamatokat.

Az árvizek alatt végzett vizsgálatok szerint a töltések heterogenitása a szivárgások szempontjából három formában jelentkezhet: szerkezetes talpréteggként, áteresztő kontúrsávok és áteresztő járatok formájában, a 2. ábrán látható módon.



2. ábra: Szivárgások heterogén anyagú töltésekben

Forrás: GALLI 1976: 50.

A növényzettel benőtt területeken a fedőréteg felső része – hasonló módon, mint a töltés-rézsűk szerkezetes kéregsávja – gyökérnyomos, féregjáratos és morzsalékos szerkezetű, tehát erősen áteresztő, még akkor is, ha a réteg anyaga önmagában vízzáró.

A töltések építésénél és erősítésénél ez a szerkezetes áteresztő réteg kisebb-nagyobb vastagságban rendszerint a töltés alatt maradt. Ennek anyagát építették be a töltésbe az anyagárok felső részéből is, és foltokban vagy lencsékben ilyen anyagok találhatók a töltéserősítéseknél az új töltésrész alatt. Árvízkor tehát ebben a szerkezetes talpsávban jelentős mértékű talpszivárgások, a töltés belsejében megmaradt szerkezetes kontúrsávokban pedig kontúrszivárgások tudnak kialakulni, még akkor is, ha az altalaj fedőrétege és a töltés anyaga különben vízzáró.

A kötött talajokból épült töltésekben változik az anyagok kötöttsége és természetesen a beépítés tömörsége is. Ezek a minőség- és tömörségváltozások pedig azt jelentik, hogy

árvízkor a töltésben az egyik anyag gyorsabban, a másik lassabban, az egyik erősebben, a másik gyengébben duzzad. Az árvíz utáni kiszáradáskor pedig az egyik anyag már zsugorodni kezd, amikor a másik még tartja megduzzadt térfogatát. A töltésben tehát már az első árvízi telítődés és az utána következő kiszáradás hatására anyagsűrűsödéseknek és -lazulásoknak kell bekövetkeznie, másodlagos hézagoknak, hajszálrepedéseknek kell kialakulnia. A következő árvizeknél természetesen a telítődés folyamatát és a duzzadások mértékét már ezek a másodlagos jelenségek is erősen befolyásolják, tovább növelik a töltés belsejének tagoltságát és ezzel a töltés (szerkezeti eredetű, rövidebben szólva: szerkezetes) áteresztőképességét is. Akkor pedig, ha a töltésben valamilyen formában már határozottabb keresztzivárgások is létrejönnek, megindulhat a kilúgozódás és ezzel az egyes részek morzsalékos szerkezetűvé alakulása is. A töltés belseje tehát járatossá válhat, elöregedhet.

A töltés- és az altalajszivárgások – leszámítva a fakadó vizek esetleges károkozásait – önmagukban még nem feltétlenül káros jelenségek. Akármilyen foltokban vagy már összefüggő felületeken megjelenő ázalás vagy szivárgás, csurgás jelentkezik is tehát a rézsűn, vagy felületi nedvesedés, szivárgás stb. a biztonsági sávon, azok csak akkor veszélyeztethetik a védvonal állékonyságát, ha a töltésben vagy az altalajban olyan talajmechanikai folyamatokat indítanak meg, amelyek a védvonal átszakadásához vezethetnek. A védvonalak állékonyságát és az árvízvédelmi beavatkozások, esetleg a védvonalak későbbi megerősítésének a szükségességét tehát nem a szivárgások, hanem minden esetben azok várható következményei alapján kell megítélni.⁷

A védvonalakon várható szivárgások törvényszerűségeinek számbavételére igen sok vizsgálati-számítási módszer ismeretes a szakirodalomban.

A vizsgálati módszerek és kutatások alapján megállapítható, hogy ezeket a szivárgásokat számos helyi tényező is befolyásolja, de leginkább a töltés homogenitása, szerkezete, anyaga és geometriája határozza meg.

A GEO5 szoftver állékonysági moduljával végzett modellezéshez felhasznált töltés-keresztmetszvény belső szerkezetét geofizikai mérések eredményeinek talajmechanikai fúrások eredményeivel való kalibrálása útján állapítottam meg. Így részletesebb képet lehetett kialakítani a töltés belső szerkezetéről, ami által több adat állt rendelkezésre a pontosabb állékonyságvizsgálathoz.

A Körösök árvízvédelmi töltései kivétel nélkül anyagárokból, a kötött fedőrétegek anyagának válogatás nélküli felhasználásával épültek, valamint ugyanígy történtek többszörös megerősítéseik is. Ebből az építési eljárásból következik, hogy a töltések belseje majdnem kivétel nélkül heterogén.

A vizsgálataim során a töltéstartestben kialakuló szivárgási görbét a Kozeny–Casagrande-féle feltételezés⁸ szerint szabályos keresztzivárgásként határoztam meg, amelyet a töltésben lévő rétegek hasonlósága indokolt.

⁷ GALLI 1976: 49–50.

⁸ GALLI 1976: 214.

Árvizes jelenségek kialakulása

A vegyes anyagú töltéseknél általában olyan szivárgások jelentkezhetnek, mint az áteresztő anyagú töltéseknél. A különbség az, hogy a szivárgások a töltés áteresztőbb részein, a töltés járataiban indulnak meg, és azonos típusú szivárgási vagy telítődési vonalak csak a nyomásvonalak keresztirányú kiegyenlítődése után alakulnak ki.

A vegyes anyagú töltésekben az átszivárgások hatása a mentett oldali rézsúlábnál vagy a rézsű felületén mindig szabálytalanul, kisebb-nagyobb átnedvesedő foltokban jelentkezik.

A foltok mögötti járatokban azonban áramvonal-sűrűsödés következhet be. Ezért a vegyes anyagú töltéseknél rézsúhámítások vagy – ha a járatok víze a mentett oldalon egy-egy gyökérnyomban vagy főregjában összesűrűsödik – töltéscsurgások mindig előfordulhatnak.⁹

A felszinközeli talajrétegek mindig ki vannak téve telítődésnek és kiszáradásnak, a fagy hatásának és a főregjában, gyökérnyomok lazító hatásának. Ezen hatások következtében pedig a kötött talajok egyes alkatrészei kémiai és ásványi adottságaik szerint összeesomósodhatnak, a kis szemcsék nagyobb aggregátumokká tapadhatnak össze, a talaj pedig olyan szerkezetes kötött talajjá alakul át, amelynek áteresztőképessége a tapasztalatok szerint elérheti, sőt meghaladhatja a homok vízvezető képességét is.¹⁰

Megítélésem szerint ezen a területen célszerű további vizsgálatokat végezni az árvízvédelmi töltések átázási folyamatainak megismerése érdekében.

Ezen folyamatok eredményei az árvízvédelmi jelenségek, amelyek típusából és intenzitásából tudunk következtetni a töltésszakadás veszélyeire.

Mivel az átázási folyamatok rejtettek, azok tanulmányozásához szükséges egy olyan nagymintakísérleti terv kidolgozása, amelynek keretében az átázás várható időtartamát, a szivárgási útvonalat empirikus úton tudjuk vizsgálni egy meglévő árvízvédelmi töltésen.

Az I. rendű árvízvédelmi védműveken adódó fenntartási munkák akadályozásának elkerülése érdekében a vizsgálatokhoz célszerű volt egy méretben és szerkezetben hasonló árvízvédelmi töltést keresni, amely olyan paraméterekkel rendelkezik, mint egy a Körösök vidékén lévő, a helyszínen található duzzadásra hajlamos szerves kővér agyagból épült „hagymaszelvény”.

A nagyminta kialakítása

A választásom Békés város települési körtöltésére esett, amely a keresztmetszetet, valamint az építéshez felhasznált anyagokat tekintve hasonlóságot mutat a Kettős-Körös árvízvédelmi töltésével.

⁹ IHRIG–STAROSOLSKY 1971: 215.

¹⁰ IHRIG–STAROSOLSKY 1971: 216.

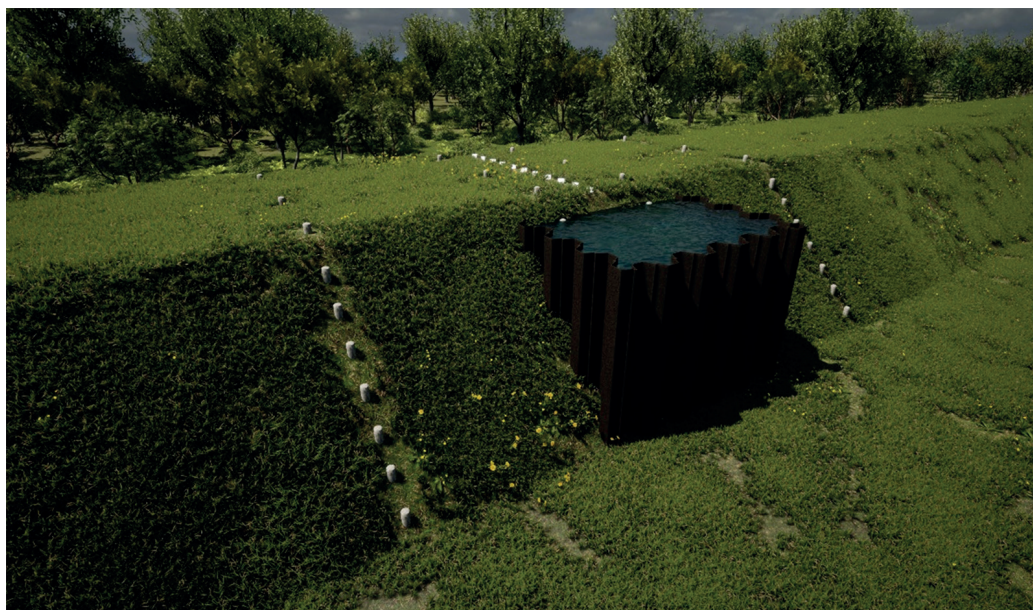
A kiválasztott töltésszakaszon a töltések szivárgási és állékonysági vizsgálatának módszertani fejlesztését kívánom megoldani egy nagyminta kialakítása során, amelynek keretében valós körülmények között biztonságos árvízi terhelést szimulálunk.

A vizsgálatok célja

Az üzemi körülmények között végzett kutatás két kísérletre összpontosul, amelyek közül az első keretén belül a gáttest duzzadási folyamatát, míg a másodikban a szivárgási folyamatok dinamikáját, térbeli eloszlását tanulmányozom.

A szimulált árvízi elöntés során a töltéstartestben bekövetkező víztartalom-változást, valamint a töltéstérfogat-változás (duzzadás-zsugorodás) dinamikája és mértéke közötti összefüggést vizsgálom.

A szimuláció keretét egy szádlemezekből kialakított medence fogja biztosítani, amelyben szabályozott körülmények között növelhető, illetve csökkenthető az elöntés (vízállás) (3. ábra).



3. ábra: A nagymintakísérlet látványterve távolnézetből

Forrás: a szerző felvétele

A nagymintakísérlet elvégzéséhez elsősorban a töltés belső szerkezetét kell megismernünk, amelyet a korábbi nyilvántartási tervek, feltárási, valamint új talajmechanikai fúrások eredményeiből kaphatunk meg. Ezek képezik a további vizsgálatunk alapját.

Talajmechanikai feltárás

A töltés talajmechanikai feltárása során öt 60 mm átmérőjű, köztük három 4,50 m és két 8,00 m mélységű fúrást végeztünk. Az ehhez alkalmazott fúrastechnológia folyadéköblítés nélküli, úgynevezett száraz geotechnikai fúrás volt. A 8,00 m mélységűek gépi fúróval, a 4,50 m mélységűek kézi fúróval valósultak meg. A gépi fúrásoknál fúróspirálról, a kézieknél 20 cm-enként, illetve talajrétegződésenként mindnél vettünk mintát későbbi laborvizsgálat céljából. A helyszíni mintavételezés után a talajmintákat az MSZ EN ISO 22475-1 szerint kezelve, megjelölve és hermetikusan lezárva laboratóriumba szállították.

A vizsgálati eredmények közül a talajrétegzettség az alábbiak szerint alakult az általam kiválasztott fúrási szelvényekben (a talajfizikai jellemzők bemutatása nélkül) (1. táblázat).

1. táblázat: Talajmechanikai fúrások eredményei

Talajmechanikai fúrások			
Réteg száma	Relatív magasság szintjei (m)	Minta száma	Talaj típusa
1. fúrás (árvízvédelmi töltés vízoldali töltéslábjánál kapott fúrási eredmények)			
1.	terepszint–0,90	1/1	Sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes kövér agyag
2.	0,90–2,00	1/2	Barna rozsdafoltos, közepesen meszes, iszapos finom homok
3.	2,00–2,60	1/3	Szürke rozsdafoltos, közepesen meszes, iszapos finom homok
4.	2,60–4,50	1/4	Szürke rozsdafoltos, közepesen meszes kövér agyag
2. fúrás (árvízvédelmi töltés vízoldali rézsűjében kapott fúrási eredmények)			
1.	terepszint–3,20	2/1	Sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes kövér agyag
2.	3,20–4,50	2/2	Barna rozsdafoltos, közepesen meszes kövér agyag
3. fúrás (árvízvédelmi töltés koronájában kapott fúrási eredmények)			
1.	terepszint–6,00	3/1	Sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes kövér agyag
2.	6,00–7,10	3/2	Barna rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes kövér agyag
5. fúrás (árvízvédelmi töltés vízoldali töltéslábjánál kapott fúrási eredmények)			
1.	terepszint–0,90	5/1	Sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes kövér agyag
2.	0,90–2,00	5/2	Barna rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes kövér agyag
3.	2,00–2,60	5/3	Szürke rozsdafoltos, közepesen meszes, homoklisztes iszapos finom homok
4.	2,60–4,50	5/4	Szürke rozsdafoltos, közepesen meszes kövér agyag

Megjegyzés: A 4. fúrás közzétételére nem volt szükség, mert az 5. fúrás eredményei jobbak lettek.

Forrás: a szerző szerkesztése

Az F1 és F5 fúrási pontokat a töltés két oldalán a töltéslábjánál tettük fel. A terepszinttől számított 0,90 m-ig sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes (2–5%) kövéragyag-réteget tártunk fel, amely részben tömör, részben morzsalékos állagú. Alatta 2,00 m-ig tömör állapotú, barna színű, rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes

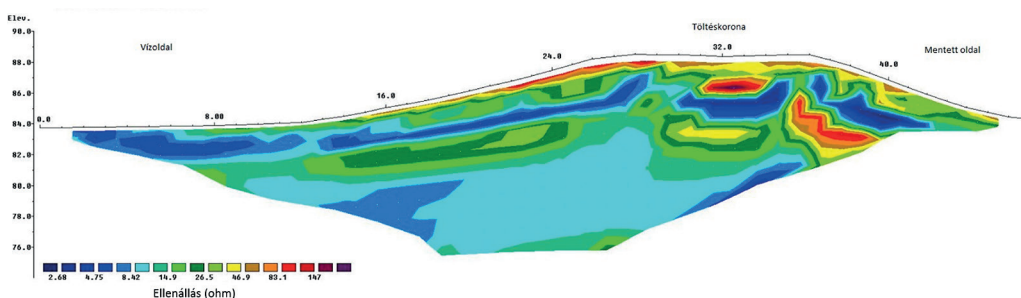
(5% feletti mésztartalom) kövéragyag-réteg található. 2,00 m-től 2,60 m-ig szürke rozsdafoltos, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom), iszapos finomhomok-réteg található, amely merev állapotú. 2,60 m-től 4,50 m-ig szürke rozsdafoltos, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom), tömör állagú kövéragyag-réteget tárt fel a fűrómester.

Az F2 fűrást a gát részsíkjában létesítettük, amelynek legfelső rétege 3,20 m-ig tart. Az eddig a mélységig megtalálható, sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes (2–5%) kövéragyag-réteg morzsalékos állapotú. 3,20 m-től 4,50 m-ig barna rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom) kövér agyag jellemző, amely tömör állapotú.

Az F3 fűrási pontban a talajfűrást a gáton végezte el a fűrómester. 6,00 m-ig tart a sötétbarna rozsdafoltos, közepesen szerves, enyhén meszes (2–5%) kövéragyag-réteg, amelyben körülbelül 3,00 m-ig morzsalékos állapotú a talaj, majd tömörre vált. 6,00 m-től 7,10 m-ig tártuk fel a barna színű rozsdafoltos, közepesen szerves, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom) kövéragyag-réteget, amely tömör állapotú. Alatta szintén tömör, szürke színű rozsdafoltos, közepesen meszes (5% feletti mésztartalom), homoklisztes sovány agyag található 8,00 m-ig.

Geofizika

A töltés belső szerkezetének részletesebb tanulmányozása érdekében elektromos ellenállás tomográfiával (*electrical resistivity tomography*, ERT) roncsolásmentes mérések (geofizikai vizsgálatok) történtek a töltésen, amelyek a belső szerkezet alapállapotát szolgáltatották a további elemzésekhez. A méréseket a töltés 11 szelvényében hajtottuk végre, amelyek között a távolság egy méter volt. Minden szelvényt a töltés tengelyére merőlegesen jelöltünk ki, a töltés teljes keresztmetszetét lefedve, a töltéslábtól 2–10 m távolságig kifutva.



4. ábra: A fajlagos elektromos ellenállás szelvénye a kialakítandó medence tengelyénél

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2D-modellképen jól azonosíthatók a különböző elektromos ellenállású rétegek a felszín alatt (4. ábra). A fajlagos ellenállás szelvényeinek kiértékeléséhez fontos tudni, hogy az egyes anyagokhoz rendelhető egy általános karakterisztikus ellenállás-tartomány,

ám ezt több effektus befolyásolhatja (például: víztelítettség, kompaktság, fém tartalom). Ezáltal nincs uniformizálható kiértékelése a szelvényeknek, mindegyik külön-külön megfontolást igényel.

A 2D-modellképen jól látható, hogy a töltés igen vegyes képet mutat a mérés alapján. A felső, valamint a mentett oldali töltéslábhoz közeli talajrétegekben 50,0–90,0 ohm ellenállású, lencseszerű területek a jellemzők. Ez igen kemény talajállapotú agyagos területre utalhat, amit a talajmechanikai fúrásszelvények talajfizikai jellemzői is igazoltak.

A szádlemez medence

A szimulált árvízi elöntést egy szádlemezekből kialakított medencében bonyolítjuk le, amelyben szabályozott körülmények között növelhető, ill. csökkenthető az elöntés (vízállás) (5. ábra).

A szivárgásvizsgálatok elvégzéséhez a szimulált árvízes elöntés vízszintjét egy erre a célra kialakítandó szádlemez medence fogja biztosítani, amelyet LARSEN típusú lemezek leverésével és megfelelő vízzárósággal alakítunk ki. A felhasználni kívánt lemezek hossza 10–4 m között változik. A medence töltéssel párhuzamos hossza 6,0 m, a töltés tengelyére merőleges pedig 12,5 m. A medencében a maximális vízmélység 4,0 m.



5. ábra: A kialakítandó szádlemez medence látványterve

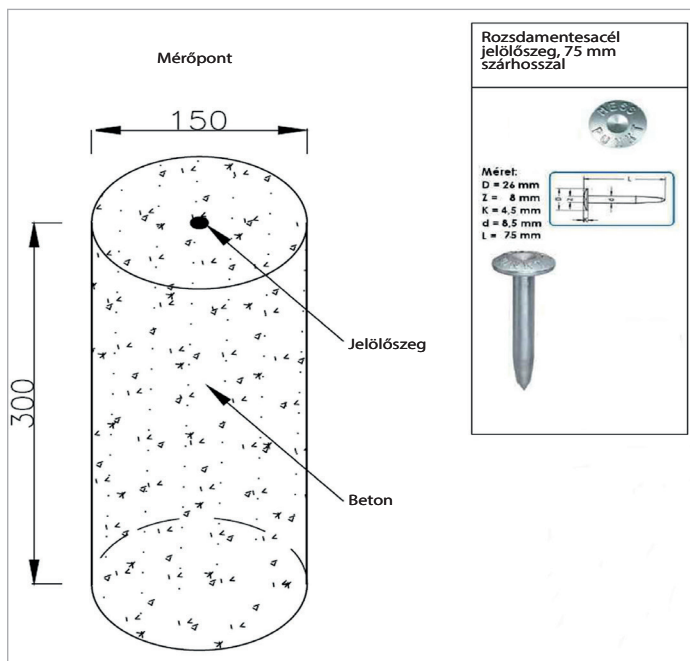
Forrás: a szerző felvétele

A töltés mozgásvizsgálata

A töltés mozgásvizsgálata (duzzadás-zsugorodás) során geodéziai módszerek segítségével tanulmányoztam a térfogatváltozást. A vizsgálatnál az adott töltésszakasz négy keresztaszelvényében szelvényenként 15 geodéziai mérőpontot helyeztem ki, amelyek mozgásának mérését 4 őrponttal ellenőriztem, esetenkénti geodéziai mérésekkel.

Geodéziai mérőpontok

A töltézsugorodás és -duzzadás mint alakváltozás vizsgálatának elvégzésére 15 darab $\varnothing 150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ betonhengert gyártattunk, amelynek felső felületében 1 darab 75 mm hosszúságú rozsdamentesacél jelölőszeg helyeztünk el (6., 7. ábrák).



6. ábra: A geodéziai mérőpont terve

Forrás: a szerző szerkesztése



7. ábra: A geodéziai mérőpont beépítés közben

Forrás: a szerző felvétele

A négy szelvényből kettő a medence szakaszán belül, míg a másik kettő a medencén kívül helyezkedik el (8. ábra).

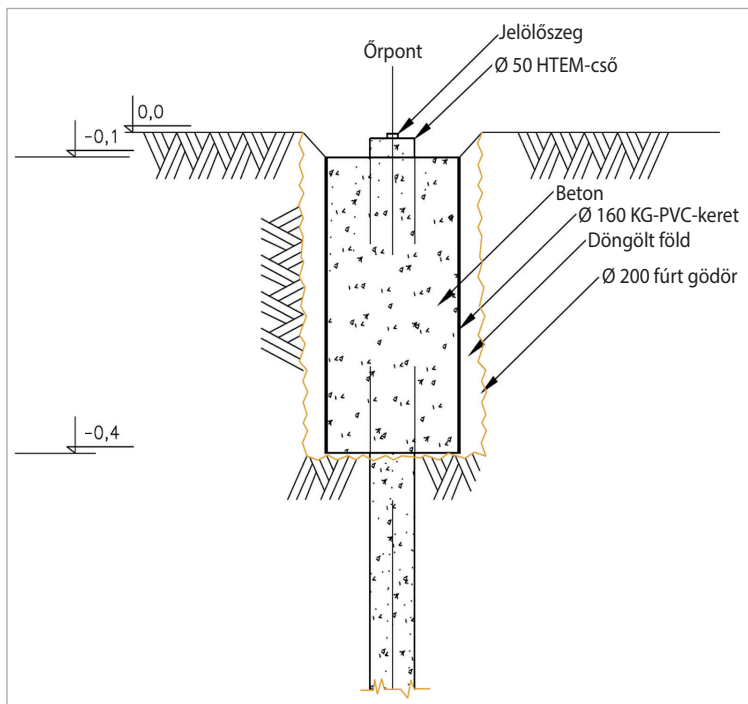


8. ábra: Nagymintakísérlet metszetének látványterve távolnézetből

Forrás: a szerző felvétele

Geodéziai őrpontok

A mérőpontok pontos működése érdekében négy darab geodéziai őrpontot helyeztünk el a vizsgált töltésszakasz környezetében, amelyekkel a mérőpontok mozgását kívántam ellenőrizni, esetenkénti geodéziai mérésekkel. A geodéziai őrpont egy $\varnothing 53 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$ betonnal kiöntött műanyag cső, amelynek felső középső részében egy darab 75 mm hosszúságú rozsdamentesacél jelölőszeget helyeztünk el. Az őrpont egy 2 m mélységű furatban volt, amelynek a felső terepszinthez közeli részét egy $\varnothing 150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ betonheger támasztja meg, ezzel stabilizálva azt (9. ábra).



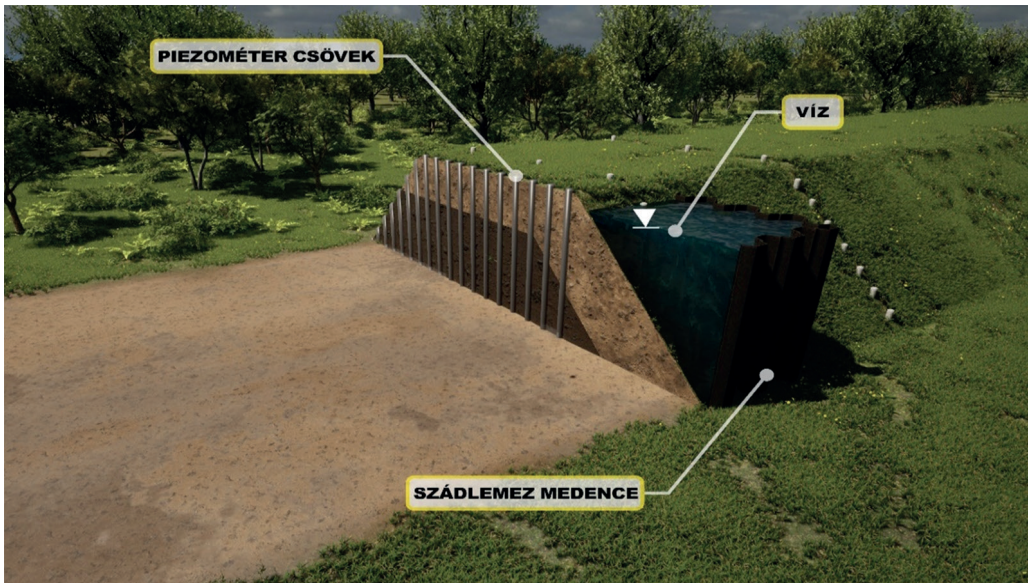
9. ábra: A geodéziai őrpont „fej” részének terve

Forrás: a szerző szerkesztése

A töltéstestben elhelyezett 60 darab mérőpont segítségével megfelelő adatmennyiséget kaphatok annak érdekében, hogy kellő részletességgel vizsgáljam a töltések térfogatváltozását (zsugorodás-duzzadás) a szimulált árvízi elöntés időszakában.

Szivárgási vizsgálatok

A szivárgási vizsgálatok elvégzéséhez a töltés vízdali koronaélétől a mentett oldali töltéslábig piezométer csöveket helyeztem el a megfigyelt töltésszakasz középső kereszt-szelvényében (10. ábra).



10. ábra: Nagymintakísérlet metszetének látványterve távolnétből

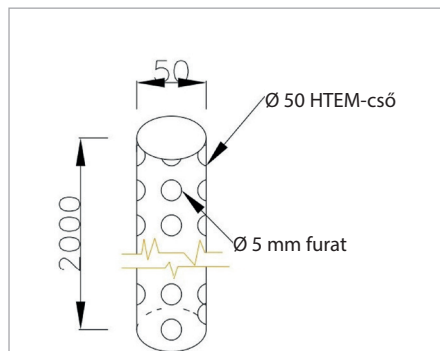
Forrás: a szerző felvétele

A piezométer csövek

A töltésen keresztüli szivárgás meghatározásához 20 darab piezométer csövet helyeztünk el a töltés vízföldi koronaélétől 1 méteres távolsággal a mentett oldali töltéslábig.

A piezométer csövek 2 m hosszú ($\text{Ø } 53 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$) műanyag perforált csövek, amelyeken teljes hosszukban 5 mm-es átmérőjű furatok vannak. Közülük kettőt 4 méter mélységig helyeztünk el a töltés felszínétől mérve (11. ábra).

A csövek segítségével tudtuk mérni a töltétestben kialakult szivárgást és meghatározni a szivárgási útvonalat, ami az elsődleges célom volt.



11. ábra: A piezométer cső terve

Forrás: a szerző szerkesztése

Az előntési szimulációs kísérlet során a töltéstartban végbemenő szivárgási folyamatok pontosabb dinamikai folyamatát geofizikai módszerekkel is kívántam vizsgálni.

Geofizikai mérések

Az előntési szimulációs kísérlet során a – *továbbiakban, illetve későbbiekben* – töltéstartban végbemenő szivárgási folyamatok dinamikájának tanulmányozását geofizikai, elektromos ellenállás tomográfiával, azaz ERT-vel végeztem el.

A piezométeres és az ERT-vizsgálatok a szivárgási folyamatok dinamikáját és a szivárgási útvonal pontosabb meghatározását segítik, amit a későbbiekben felhasználok az állékonyság modellezéséhez is. A vizsgálatokat a piezométer csövekhez közeli szelvényekben végzem el, amelyeket a szádlemez medence tengelyébe helyeztünk el. A mérésekkel az alapállapot és a szivárgás során mért állapot közötti fajlagosellenállás-változást határozom meg elsősorban, amely képet adhat a szivárgási útvonallról.

Kutatási célok és várható tudományos eredmények

A bemutatott nagymintakísérlet az alábbi kutatási célokat és új várható eredmények elérését tűzi ki.

Célok:

- az árvízvédelmi töltések tönkremenetelének feltárása és elemzése a Körösök vidékén;
- korszerű vizsgálatok és térinformatikai módszerek alkalmazása és bevezetése a töltések tönkremenetelének vizsgálati folyamatába;
- a szivárgási jelenségek folyamatainak elemzése, értékelése a töltések tönkremenetele szempontjából;
- a szivárgáshidraulikai modell felépítéséhez szükséges adatigény meghatározása;
- a modellezés során kapott eredmények elemzése, kiértékelése;
- a modellezési eredmények alapján javaslatok készítése az árvízvédelmi védvonal állékonyságszámítási módszertanához.

Várható új tudományos eredmények:

- a gáttest duzzadási folyamatának mértéke, dinamikája (empirikus úton);
- a szivárgási folyamatok dinamikája (empirikus úton);
- az árvízvédelmi töltések szivárgási vizsgálata során új módszertani javaslatok előállítása, kidolgozása;
- a töltések szivárgáshidraulikai vizsgálata során az árvizes jelenségek és a töltések tönkremenetele közötti összefüggések vizsgálata, elemzése, kiértékelése;
- a kapott eredmények alapján javaslatok kidolgozása a szivárgások realisabb megítélésére.

A tervezett nagymintakísérlet jelenleg megvalósítás alatt áll. A vizsgálatok a tervek szerint a 2023. március–május közötti időszakban kezdődnek. A nagymintakísérlet a Nemzeti Közszerződési Egyetemen végzett doktori tanulmányom részét képezi, amely a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal Kooperatív Doktori Programja alapján valósulhat meg, a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság (KÖVIZIG) támogatásával együtt. Az eredmények felhasználhatóak lesznek az árvízi védekezés tervezése és szervezése során, hatékonyabbá téve a munkát.

Felhasznált irodalom

- 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.
- 1393/2021 (VI. 24) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról.
- BLESZITY János et al. (2016): Műszaki kutatások és hatékony kormányzás. *Hadmérnök*, 11(3), (2016), 3. 221–242. Online: http://hadmernok.hu/163_18_bleszity.pdf
- BODA József et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16, 1–23. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/7247>
- GALLI László (1976): *Az árvízvédelem földműveinek állékonysági vizsgálata*. Budapest: Országos Vízügyi Hivatal.
- IHRIG Dénes – STAROSOLSKY Ödön (1971): Tiszavölgyi árvíz 1970. *Vízügyi Közlemények*, 53(3).
- Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság (2006): *Árvíz 2006*. Gyula: Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság
- PADÁNYI József (1994): *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti- és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következmények felszámolásában*. PhD-disszertáció. Magyar Tudományos Akadémia.
- PADÁNYI József (2006): *A NATO-tagság hatása a Magyar Honvédség szárazföldi csapatai műszaki támogatásának elméletére és gyakorlatára*. PhD-disszertáció. Magyar Tudományos Akadémia.

Vákát

Gázdugattyús automatikák számításai normál üzemállapot esetén

A tanulmány a gázfelvételes, azon belül is a gázdugattyús rendszerű automata fegyverek gázmotorjainak rendszerszintű fizikai leírásával foglalkozik. Ismerteti a gázmotor és kapcsolt rendszerei közötti összefüggéseket, egyenleteket. Szimulációs számítások eredményeit közli, azokról következtetéseket von le, valamint szimulációs paraméterek beállítására ad eljárást, mérési adatokból számított eredmények felhasználásával. Ismerteti a nagy sebességű videófelvevételek feldolgozásának metodikáját egy mérési feladat kiértékelésének bemutatásával.

Kulcsszavak: belső ballisztika, ballisztikai lengőrendszer, automata fegyver, gázmotor, gázdugattyú, normál üzemállapot

Calculations for Gas-Operated Automatic Weapons in Case of Normal Operating Condition

This paper deals with the system-level physical description of gas engines for gas-operated automatic weapons, including gas-piston automatic weapons. It shows the relationships and equations between the gas engine and the receiver-actuator systems, presents the results of simulation calculations and draws conclusions from them. The study also provides a procedure for setting simulation parameters using results calculated from measured data and describes the methodology for processing high-speed video recordings showing the evaluation of a measurement task.

Keywords: internal ballistics, ballistic pendulum system, automatic weapon, gas engine, gas piston, normal operating condition

Bevezetés

A sorozatlövő fegyverek automatikájuk működése szempontjából két fő csoportba sorolhatók: az egyik a löporgázok energiáját közvetlenül felhasználó, a másik a lövés impulzusát közvetetten kihasználó műszaki megoldások csoportja. A két megvalósítás

¹ Szakoktató, Diana Fegyvertechnikai Technikum és Kollégium; e-mail: vozsech.istvan@dianaszki.hu; ORCID: 0000-0001-9818-7755.

merőben más fizikai elven alapul. Itt csak a löporgázok energiáját közvetlenül felhasználó megoldások egyik kialakításával foglalkozunk, a gázdugattyús konstrukcióval.

A számítási összefüggéseket általános esetekre, a számítási és mérési eredményeket pedig az AMMSZ (AK–63D) gépkarabélyra adjuk meg. Ezek az úgynevezett *normál üzemállapotú rendszerre* vonatkoznak, ahol a gázmegcsapolási pont a fegyvercső csőszáj felőli harmadában van. (A *normál üzemállapot* jelentse a továbbiakban a hagyományos tervezésű fegyverek rendeltetésszerű működéséhez tartozó üzemállapotot.)

A tanulmányban szereplő, vizsgált rendszereket és azok elemeit az elkülöníthetőség érdekében *dőlt formázással* írjuk.

Célkitűzés

Célunk olyan, viszonylagosan egyszerű koncentrált paraméterű modellt alkotni, amely (gáz)dinamikai, hőtani, lengéstani differenciálegyenlet-rendszerek felhasználásával a fegyverek tervezési fázisában használható, a leendő konstrukció működésének, dinamikai viszonyainak előzetes meghatározására. Azt is célul tűztük ki, hogy modellünk a valós viszonyokat legfeljebb 10%-os relatív hibával megközelítse, valamint modellfuttatások során szimuláljuk (a fegyver gázmotorjának elkökszolódása miatt) az automatika működésében bekövetkező változásokat.

Hazai és nemzetközi szakirodalom

Munkánk során két meghatározó ballisztikai forrás anyagát tanulmányoztuk. Ezekben a művekben a feladat megoldására találunk ugyan eljárásokat, de Viktor Mihajlovics Kirillov könyvének² születésekor a digitális számítástechnikai lehetőségek még csak korlátozottan voltak hozzáférhetők, ezért a szovjet írásban ismertettek mára elavultnak tekinthetők. Donald E. Carlucci és Sidney S. Jacobson gondolkodásmódja és logikája döntően azonos a miénkkel, de az általa közölt módszer csak a tervezési üzemállapot folyamatait tárgyalja, és azokat sem bontja szét fázisokra.³

Az egyes műszaki megoldások tanulmányozására George M. Chinn művét⁴ használtuk, a lengéstani modellek felállításához, egyenletek felírásához pedig Csernák Gábor és Stépán Gábor *Rezgésan*,⁵ Égert János és Jezsó Károly *Mechanika. Rezgésan*,⁶ továbbá Zalka Károly *Mechanika II. Szilárdságtan*⁷ című könyvét hívtuk segítségül.

² KIRILLOV 1973.

³ CARLUCCI–JACOBSON 2018.

⁴ CHINN 1951.

⁵ CSERNÁK–STÉPÁN 2019.

⁶ ÉGERT–JEZSÓ 2006.

⁷ ZALKA 2015.

Problémafelvetés

Egy automata vagy félautomata (ez esetünkben egyenértékű) lőfegyver automatikája dinamikai szempontból viszonylag bonyolult, lengőrendszerekből összeálló kapcsolt rendszer. Ezeket az alrendszereket önmagukban vizsgálni vagy értékelni csak megkötések mellett lehet, viszont szétválasztásuk megkönnyíti az egyes konstrukciós egységek tervezését.

Ezen lengőrendszerek gerjesztését, energiával történő ellátását minden esetben maga a lövésfolyamat biztosítja, amely a magas nyomású löporgázok hatására a fegyvercsőből kirepülő lövedékkel meghatározott folyamat. A szerelt fegyvercső alkatелеmei, azok összeállításai a fegyver ballisztikai rendszerét képezik.

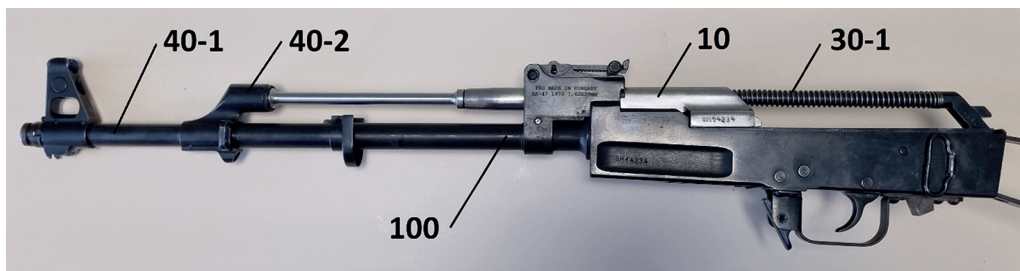
Ennek a ballisztikai rendszernek lehetnek, a gázdugattyús rendszerű fegyvereknek pedig kötelezően van/vannak kapcsolt ballisztikai alrendszerei. A gázdugattyús fegyverek közös jellemzője, hogy a szerelt fegyvercső a tokszerkezetbe mereven beépített, valamint minden alkatrésze a csőhöz mereven rögzített. Mivel a fegyvercső és szerelvényei között relatív elmozdulás nincs, ezért a szerelt csövet az automatika működése szempontjából kizárólag ballisztikai rendszerként kezeljük, dinamikai hatása az automatikára nézve nincs.

Milyen rendszerekből áll össze egy gázdugattyús fegyver automatikája, mik az alrendszerek, azoknak mik a feladatuk és a sajátosságaik, milyen fizikai törvényekkel lehet leírni a működésüket? Ezekre a kérdésekre keresünk válaszokat.

Az automatika két nagyobb alrendszere a zárszerkezet és a csőszerkezet (szerelt cső). Működését tekintve az első mechanikai lengő, a második tisztán ballisztikai rendszer. Bár megkötésekkel a két alrendszer szétkapcsolható, ettől függetlenül a szerelt csövet ballisztikai szempontból tovább kell bontanunk. Említettük, hogy a szerelt cső az automatikára nézve tisztán ballisztikai rendszer, de amennyiben kíváncsiak vagyunk a lengési jellemzőire is, úgy fel kell állítanunk a lengéstani modelljét is.

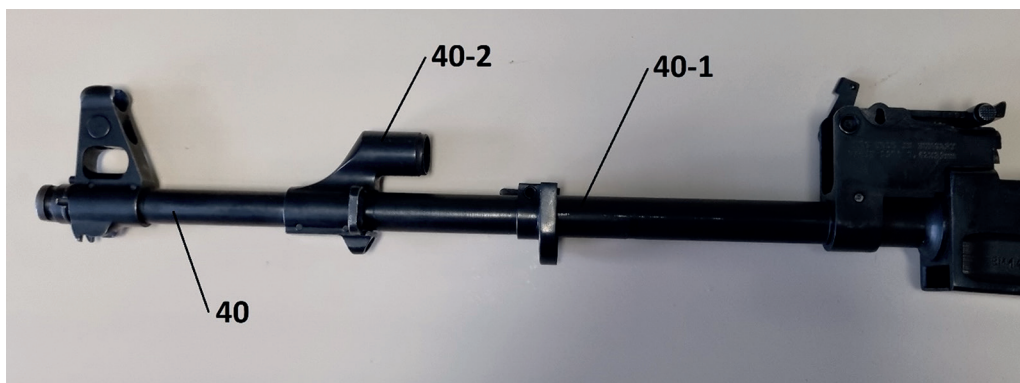
A szerelt csövet további két ballisztikai rendszerre tudjuk osztani: az egyik a csőfurat–löporgáz–lövedék–légoszlop, a másik a gázátömlő furat–löporgáz–gázhengerfurat–gázdugattyú rendszer. A gázdugattyú viszont a zárszerkezetrendszernek is a része. Ez előtervezési szinten ugyan leválasztható a gázhengerrendszerről, de pontosabb számításoknál ez már nem engedhető meg, valamint ezzel az egyszerűsítéssel az automatika tranziens jelenségeit sem tudjuk nyomon követni.

Modellállításunknál öt fő feladatot kell megoldanunk, de ezek ismertetése előtt vegyük sorra a rendszereket bemutató ábrákat.



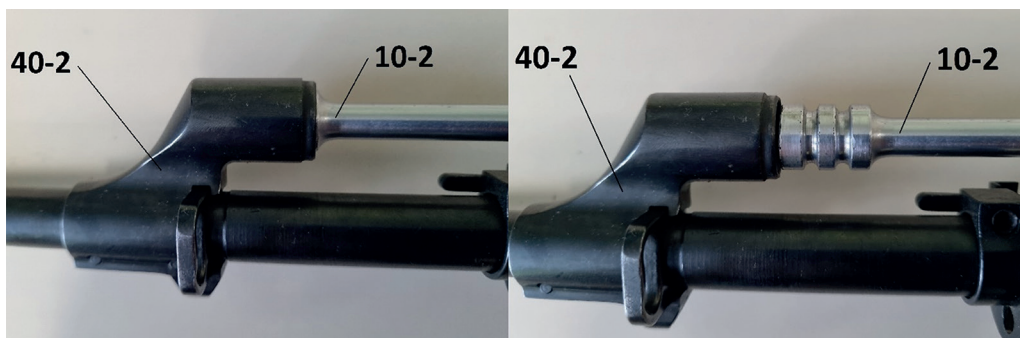
1. ábra: A redukált automatika főrendszer (100). Elemei: a szerelt zárkeret (10) a súlytalan helyretelő rugóval (30-1), a fegyvercső (40-1) és a gázhenger (40-2)

Forrás: a szerző felvétele



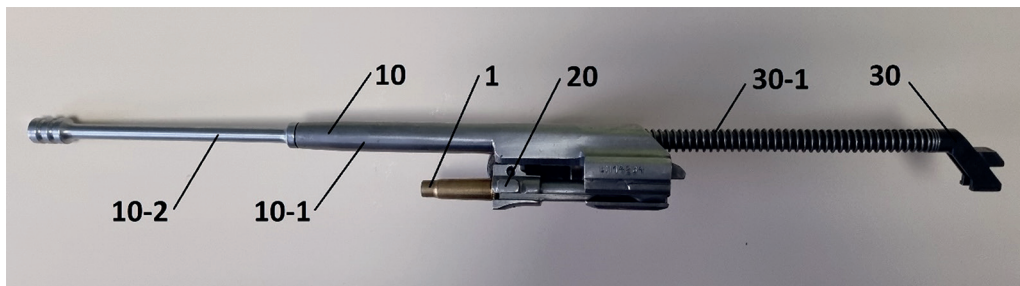
2. ábra: A redukált fegyvercsőrendszer (40). Elemei: a fegyvercső (40-1) és a gázhenger (40-2)

Forrás: a szerző felvétele



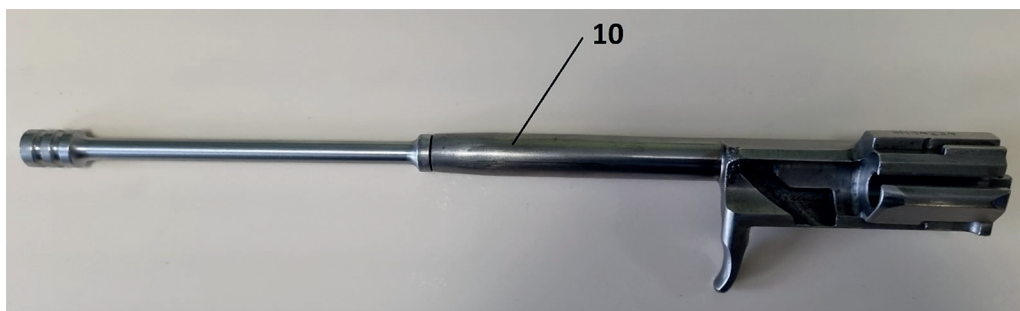
3. ábra: A redukált gázhengerrendszer és kontakt tartományának határai. A rendszerkapcsolatot a gázdugattyú (10-2) határolja. A redukált gázhengerrendszer egyetlen eleme: a gázhenger (40-2)

Forrás: a szerző felvétele



4. ábra: A zárszerkezetrendszer. Elemei: a szerelt zárkeret (10), a szerelt zárfej (20), az ellőtt hüvely (1) és a súlyos helyretoló rugó (30-1)

Forrás: a szerző felvétele



5. ábra: A redukált zárszerkezetrendszer. Egyetlen eleme: a szerelt zárkeret (10)

Forrás: a szerző felvétele

Az öt fő feladat rendre:

1. A zárszerkezetrendszert (4. ábra) le kell egyszerűsíteni a mozgás kezdeti tartományában szerepet játszó alkatrészek figyelembevételével, elnevezve ezt *redukált zárszerkezetrendszernek* (5. ábra).
2. A gázátömlő furat–lőporgáz–gázhengerfurat rendszert le kell egyszerűsíteni a mozgás zárszerkezetrendszerrel érintő kontakt tartományában, elnevezve ezt *redukált gázhengerrendszernek* (3. ábra).
3. A csőfurat–lőpor–lőporgáz–lövedék–légoszlop rendszert le kell egyszerűsíteni a lövésfolyamat teljes tartományában, elnevezve ezt *redukált csőfuratrendszernek*. A redukált rendszer elemei: a csőfurat, a lőpor, a lőporgáz és a lövedék.
4. Nem szükségeszerű, de mindenképpen célszerű kiegészítenünk a redukált csőfuratrendszerünket egy dinamikai lengőrendszerrel, mivel a redukált gázhengerrendszerünk nemcsak a redukált zárszerkezetrendszert fogja gerjesztetni, hanem vissza fog hatni a redukált csőfuratrendszerre is, a fegyvercső hajlítólengését előidézve. A dinamikai lengőrendszer ekkor maga a szerelt fegyvercső. A fegyvercső csillapított szabad lengésének az automatika működésére nincs hatása, viszont a sorozatlövéses találati valószínűségére igen. (A nem kellően csillapított csőlengés a fegyver egyébként konstans induló szöghibáját várható érték

nélküli valószínűségi változóvá teszi, ezért automata fegyver esetében a csőlengést ellenőrizni kell.) Ezen megfontolásból felállítjuk a *redukált fegyvercsőrendszert* (2. ábra).

5. Az összekapcsolt alrendszerekre fel kell írunk a (gáz)dinamikai, energetikai, lengéstani egyenleteket, meg kell határozni az összekapcsolódások kezdő-, illetve végpontjait, valamint ahol ez fizikai szempontból szükséges, tovább kell bontani egy-egy kezdő- és végpont közötti részt más-más egyenletrendszerrel leírható tartományokra. Az így összekapcsolt rendszerünket nevezzük el *redukált automata főrendszernek* (9. ábra).

Modellállítás a redukált csőfuratrendszerre

Ballisztikai rendszerünkre vonatkozóan az alábbi főbb megszorításokat tesszük:

- A *lőporgázok* a van der Waals-állapotegyenletnek megfelelően viselkednek.
- A lőporszemcsék égése követi a geometriai égési modellt.
- A lőporszemcsék égése megfelel a lineáris égési törvénynek.
- Csak a *lövedék* lineáris mozgásából származó kinetikus energiát tekintjük főmunkának, minden egyéb munkavégzést másodlagosnak tartunk.
- A másodlagos munkák főmunkához viszonyított aránya állandó a lövésfolyamat során, értékét konstans szorzó (φ) jellemzi.
- A gázutóhatás tartományában a *lőporgázok* áramlását semmi sem korlátozza.
- A rendszer koncentrált paraméterű és valamennyi pontjában azonos termodinamikai és áramlástani állapotok uralkodnak.

Modellállítás a redukált gázhengerrendszerre

Modellünkben a *redukált gázhengerrendszert* a *redukált csőfuratrendszer* ballisztikai alrendszerének tekintjük. Megtáplálása a *gázátömlő furaton* keresztül történik. Rá vonatkozóan az alábbi főbb megszorításokat tesszük:

- A *lőporgázok* a van der Waals-állapotegyenletnek megfelelően viselkednek.
- A *gázhenger* és a *gázdugattyú* tökéletesen illeszkedik, gázvesztesség nincs.
- A *gázhenger* és a *gázdugattyú* szétkapcsolódásakor tranziens jelenségek nem lépnek fel.
- A *gázhenger* merev test.
- A *gázhenger* és a *csőfurat* fajlagoshőcsere-viszonyai azonosak.
- Amennyiben a *gázhengerben* és a *fegyvercsőben* lévő gáznyomás eltérő, úgy a *gázhengerfuraton* át áramló *lőporgázok* kritikus állapotban a kisebb nyomású tér felé haladnak, függetlenül a nyomáskülönbség mértékétől.
- Amennyiben a lepuffanó tartományban a *gázátömlő furat* leeresztőképessége nagyobb, mint a *csőfuraté*, úgy a *redukált gázhengerrendszert* eliminálva annak kezdeti térfogatát közvetlenül a *redukált csőfuratrendszerhez* kapcsoljuk.

- A *gázátömlő furat* térfogatát elhanyagoljuk.
- A *redukált gázhengerrendszer* koncentrált paraméterű, valamennyi pontjában azonos termodinamikai és áramlástani állapotok uralkodnak.

Modellállítás a redukált zárszerkezetrendszerre

Modellünk megalkotásánál vegyük figyelembe azt a tényt, miszerint a *zárszerkezetrendszer* a *redukált gázhengerrendszerrel* csak a *gázdugattyú gázhengerfuratban* tartózkodásának idejében és tartományában van kapcsolatban. Minket részletesen csak a rendszerkapcsolat alatt végbemenő folyamatok érdekelnek, ezért a *zárszerkezetrendszerünket* drasztikusan le tudjuk egyszerűsíteni. De előtte tekintsük át, hogy a vizsgált fegyvernél hogyan is néz ki a tényleges *zárszerkezetrendszer*, amelyet nevezzünk el *szerelt zárszerkezetrendszernek*.

A rendszer alkotóelemei a *szerelt zárkeret*, a *szerelt zárfej*, az *előtt hüvely* és a *helyretoló rugó*. A rendszerkapcsolat ideje alatt (ez zárútban kifejezve 20 mm) az *előtt hüvely* semmilyen, *szerelt zárfej* pedig csak negyed fordulatot forgást végez, jelentéktelen redukált tömeg mellett. A *helyretoló rugónak* a redukált tömege éppen a fele a ténylegesnek, amely elhanyagolhatóan csekély. A nem mozgó *előtt hüvely* hatását kötelező, a *szerelt zárfejét* és a *helyretoló rugóét* pedig megengedett figyelmen kívül hagyni. Ezekkel a megfontolásokkal leegyszerűsítve a *szerelt zárszerkezetrendszertől* jutunk el a *redukált zárszerkezetrendszerhez*, amely kizárólag egyetlen komponensből áll, ez pedig a *szerelt zárkeret*.

A *redukált zárszerkezetrendszer* a ballisztikai alrendszerekről történő leválása után egyéb alrendszerekkel kapcsolódik, amelyek befolyásolják mozgását. Ezek a zár hátrahozzásának során a *kakas*, a *töltött tár* (a legfelső lőszeren keresztül) és a *szerelt tok* (a hüvelykivetőn, illetve a záró tömbön keresztül), a zár előremozgásának során pedig a *töltött tár* (a legfelső lőszer betöltésén keresztül) és a *szerelt tok* (a csőfarra való ütközésen keresztül). Minden kapcsolódáspont-pár egy-egy tartományra bontja a *szerelt zárszerkezetrendszer* mozgását, úgy energetikai, mint dinamikai szempontból. Modellezésünk során ezen folyamatok részletes leírásától eltekintünk, immár a *redukált zárszerkezetrendszerre* gyakorolt hatásait másodlagos munkaként vesszük figyelembe, és súrlódási erővel közelítjük.

Modellállítás a redukált fegyvercsőrendszerre

A rendszert koncentrált paraméterű, erőgerjesztésű csillapított dinamikai lengőrendszernek vesszük fel. A fegyvercsövet befalazott tartóval modellezzük, a gerjesztés a *redukált gázhengerrendszer* nyomásából származó tiszta hajlítónyomaték, a húzást nem vesszük figyelembe. A fegyvercső tömegét és a gerjesztési pontot a *gázhenger* csatlakozási felezővonalába redukáljuk. A fegyvercsövet innentől zérus tömegűnek tekintjük, rugalmasságát szintén a felezővonalhoz illesztett súlytalan rugóval vesszük figyelembe.

Mivel a felezővonal és a csőszáj közötti csőszakasz terhelésmentes és súlytalan, a rugalmas szál egyenlete egy két részből álló függvény (14. ábra). Az első részét a rugalmas szál differenciálegyenletéből számítjuk ki, a második pedig az első rész kapcsolódási végpontjából húzott érintő egyenes lesz. A rugalmas szál egyenletét minden számított időpillanatban megoldjuk, és transzformáljuk a kapott lengésjellemzőket a csőszájra, így határozva meg annak mozgását.

Modellállítás a redukált automatika főrendszerre

Egy megszorítást teszünk: a rendszerkapcsolatok végállapotában (a tartományok határain) tranziens jelenségek nem lépnek fel.

A tartományok leírása és határai

Egy lövésfolyamat egymástól jól elhatárolható tartományokra osztható a bennük lejátszódó eltérő jelenségek, gázdinamikai folyamatok mentén. Nézzük ezeket a tipikus szakaszokat rendre a lövésfolyamat kezdetétől a végéig valamely hagyományos, hosszú csövű fegyver esetében, *normál üzemállapot* mellett.

1. tartomány: A lőportöltet begyulladásától a *lövedék* megindulásáig tart, expanzió és munkavégzés nélkül. A tartományban csak a *redukált csőfuratrendszer* érintett.

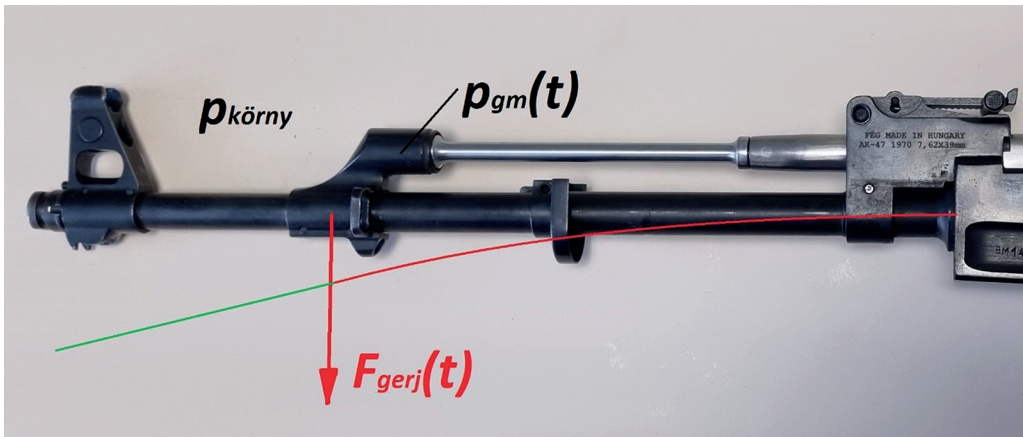
2. tartomány: A *lövedék* megindulásától a lőportöltet elégséig tart. A tartományban csak a *redukált csőfuratrendszer* érintett.

Normál üzemállapot esetén ebben a szakaszban alakul ki a maximális gáznyomás, a lövedéksebesség eléri torkolati sebességének 70–80%-át. A gázelvételi megcsapolási pont szinte mindig ez után a szakasz után következik, ugyanis itt a legnagyobbak a nyomásértékek, valamint a nyomásgradiens és a nyomásmaximum is itt alakul ki. Belátható, hogy a lőszerelemek szórásából, valamint a lőporhőmérséklet változásából adódó hatások a nyomásgörbét nyújtják/zsugorítják és az abszcisszatengely (az idő vagy a lövedékút tengelye) mentén jobbra vagy balra tolják a tervezési görbéhez képest. A bizonytalansági összetevők száma ebben a szakaszban a legnagyobb, és azok hatásai is itt a legjelentősebbek, mivel a nyomásgradiens és a nyomásérték is a legnagyobb. A bizonytalansági összetevők miatt ebben a szakaszban a *gázmotor* jelentős munkamennyiség-szórással fog üzemelni, mindamelllett, hogy az elégetlen lőporszemcsék hatására az kokszolódásra is hajlamosabb lesz.

3. tartomány: A lőportöltet elégsétől a *gázátömlő furatig* tart. Dinamikus, forrásmentes politropikus tartomány. A tartományban csak a *redukált csőfuratrendszer* érintett.

4. tartomány: A *gázátömlő furattól a gázmotor feltöltődéséig* tart. Dinamikus, kvázi forrásmentes politropikus tartomány. A szakaszban valamennyi alrendszer, azaz a *redukált csőfuratrendszer*, a *redukált gázhengerrendszer*, a *redukált zárszerkezetrendszer* és a *redukált fegyvercsőrendszer* is érintett.

A négy alrendszer ebben a szakaszban összekapcsolt állapotban van, az összeköttetést a *gázátömlő furat*, a *gázhengerfurat*, a *gázdugattyú*, valamint a *gázhenger* felerősítése biztosítja. A gáz a *csőfuratból* a *gázhenger* irányába áramlik, mindvégig a *csőfuratban* lévő gáz pillanatnyi intenzív állapotjelzőivel meghatározott kritikus jellemzőkkel, a *redukált zárszerkezetrendszer* pedig a *gázdugattyú* közvetítésével hátrafelé kezd mozogni, növelve ezzel a *gázhenger* térfogatát. A *gázhenger* a csőszáj irányába húzza a *fegyvercsövet*, ezzel hajlítónyomatékot ad a felrögzítésének középvonala mentén. (A jelenség okát a 6. ábra szemlélteti.)



6. ábra: A gázhenger hatására kialakuló hajlítólengés. A semleges szál egy deformált (piros) és egy terheletlen egyenes (zöld) részből áll.

Forrás: a szerző felvétele

5. tartomány: A *gázmotor* feltöltődésétől a csőszájig tart. Dinamikus, forrásmentes politropikus szakasz, valós ballisztikai alrendszer nélkül.

A négy alrendszer ebben a szakaszban is összekapcsolt állapotban van, az összeköttetés az előző pont szerinti. A gáz a *gázhengerből* a *csőfurat* irányába áramlik, közel egyensúlyi feltételek mellett. Kritikus állapot nem alakul ki, mivel a *csőfuratban* lévő gáz nyomásváltozási sebessége kicsi. A *gázhenger* a *csőfurat* kiterjesztett részének tekinthető, az ott uralkodó intenzív állapotjelzőket azonosnak vesszük a *csőfuratban* lévőekkel.

6/a. tartomány: A csőszájától a *gázmotor* lepuffanásáig tart. Dinamikus, forrásos politropikus szakasz, mind a négy alrendszerrel.

A *gázmotor* kamranyomása ebben a szakaszban lassabban csökken, mint a csőnyomás. A kis keresztmetszetű *gázhengerfurat* miatt a *gázhengerben* a nyomásváltozási sebesség kisebb lesz, mint a *csőfuratban* lévő, ezért a *gázmotor* pufferként viselkedik. (Modellünk

szerint most is igaz, hogy a *gázmotor* lepuffanása során végig kritikus állapotban áramlik a gáz a *csőfuratba*.) A csőfuratot a *lövedék* már elhagyta, *normál üzemállapotú rendszerek* esetében ez a szakasz rendeltetésszerűen nem következhet be. Ez a tartomány akkor jelenik meg, ha a *gázhengerfurat* keresztmetszete az elkokszolódás miatt jelentősen leszűkül. (Ez a leszűkülő átmérő az AMMSZ gépkarabély esetében elméletileg 0,2 mm, de ekkor már a résveszteségek hatásától nem lehet eltekinteni.)

Van példa arra, hogy a *gázmotort* szándékosan úgy tervezik, hogy annak feltöltődése után a nagy átmérőjű *gázátömlő furat* lezárjon, így a visszaömlés az illesztési réseken lesz lehetséges. Ekkor a *gázmotor* ballisztikai szempontból pufferként viselkedik. Ilyen konstrukciós kialakítású a T32-es német 20 mm-es gépágyú *gázmotorja*.⁸

6/b. tartomány: A csőszájtól a *gázmotor* és a *csőfurat* egyidejű lepuffanásáig tart. Dinamikus, forrásos politropikus szakasz, mind a négy alrendszerrel, de valós ballisztikai alrendszer nélkül.

A két ballisztikai alrendszer viselkedése megegyezik az 5. tartományban ismertetettel, azzal a kivétellel, hogy rendszerünket a *lövedék* már elhagyta. *Normál üzemállapotú rendszerek* rendeltetésszerű működését ez a tartomány jellemzi.

7. tartomány: A *csőfurat* lepuffanásától a *zár* felütkezéséig tart. A szakaszban a *redukált zárszerkezetrendszer*, valamint a *redukált fegyvercsőrendszer* érintett.

A belső ballisztikai folyamatok véget érésével a *szerelt zárkeret* csillapított hátramozgást, a *redukált fegyvercsőrendszer* pedig (a gerjesztés megszűntével) csillapított szabad lengést végez.

8. tartomány: A *zár* hátsó pozícióból való megindulásától a *zár* csőfaron történő felütkezéséig tart. A szakaszban a *redukált zárszerkezetrendszer*, valamint a *redukált fegyvercsőrendszer* érintett.

A *zár* előremozog a zárótömből való visszapattanás impulzusával (ha ez nem nulla), valamint a helyretoló rugó rásegítésével, miközben a *redukált fegyvercsőrendszer* csillapított szabad lengést végez.

9. tartomány: A *zár* csőfaron való felütkezésétől a *redukált fegyvercsőrendszer* csillapított lengőmozgásának megszűntéig tart. A szakaszban a *redukált fegyvercsőrendszer* érintett.

A *zár* a mozgását befejezve a csőfaron nyugszik, a *redukált fegyvercsőrendszer* pedig csillapított szabad lengést végez.

⁸ CHINN 1951: Vol. 3. 19–20.

Az 1. tartomány egyenletei

A felírható egyenletek a következők:

$$\frac{d}{dt} \omega(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{\Omega_0}{\omega_0} \cdot \rho_{lp} \cdot (a_3 e(t)^3 + a_2 e(t)^2 + a_1 e(t)) \right), \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} e(t) = u_1 \cdot p(t), \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt} p(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot \omega(t)}{W_0 - \frac{\Omega_0 - \omega(t)}{\rho_{lp}} - \alpha \cdot \omega(t)} \right), \quad (3)$$

ahol:

Ω_0 a betöltött lőportöltet tömege, mértékegysége: kg;

ω_0 egy darab lőporszemcse tömege, mértékegysége: kg;

a_1, a_2, a_3 a lőporszemcse térfogatfüggvényének együtthatói, mértékegységeik: m^2, m ,
egység;

f a lőporgázok fajlagos belső energiája,⁹ mértékegysége: $\frac{J}{kg}$;

u_1 a lőpor 1 bar nyomáson vett égési sebessége, mértékegysége: $\frac{m}{s \cdot 10^5 \cdot Pa}$;

ρ_{lp} a lőpor sűrűsége, mértékegysége: $\frac{kg}{m^3}$;

α a lőporgázok kovolumene (saját tömör térfogata), mértékegysége: $\frac{m^3}{kg}$;

W_0 a hüvely szabad térfogata lőportöltet nélkül, mértékegysége: m^3 ;

$\omega(t)$ az elégett lőportömeg függvénye, mértékegysége: kg;

$e(t)$ a leégett lőporréteg vastagságának függvénye, mértékegysége: m;

$p(t)$ a lőporgáznyomás-függvény, mértékegysége: Pa.

A 2. tartomány egyenletei

Felírható az (1) és a (2) főegyenlet.

⁹ Ez a fajlagos energia mérésekkel határozható meg, értéke a ballisztikai bomba fali hőveszteségeit is figyelembe veszi, ezért a force-érték mindig kisebb, mint az alsó fűtőérték. A lőpor egyik legfontosabb jellemzője.

A tartomány további főegyenletei a nyomásra, a lövedéksebességre, valamint a lövedékútra:

$$\frac{d}{dt}p(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot \omega(t) - \frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v(t)^2}{W_0 - \frac{\Omega_0 - \omega(t)}{\rho_{lp}} - \alpha \cdot \omega(t) + A_{cső} \cdot l(t)} \right), \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt}v(t) = \frac{A_{cső} \cdot (p(t) - p_{din}(t)) - F_s}{\varphi \cdot m_{löv}}, \quad (5)$$

$$\frac{d}{dt}l(t) = v(t). \quad (6)$$

Továbbá megadható a:

$$\rho_{gáz}(t) = \frac{\omega(t)}{W_0 - \alpha \cdot \omega(t) - \frac{\Omega_0 - \omega(t)}{\rho_{lp}} + A_{cső} \cdot l(t)}, \quad (7)$$

$$p_{din}(t) = \frac{\rho_{gáz}(t) \cdot v(t)^2}{2} \quad (8)$$

segédegyenlet, ahol:

- κ a *lőporgázok* fajhőviszonya, mértékegysége: egység;
- φ a másodlagos munkák együtthatója, mértékegysége: egység;
- $A_{cső}$ a fegyvercső belső keresztmetszeti területe, mértékegysége: m²;
- F_s a *csőfurat* és a *lövedék* közötti súrlódóerő, mértékegysége: N;
- $v(t)$ a lövedéksebesség-függvény, mértékegysége: $\frac{m}{s}$;
- $l(t)$ a lövedékút-függvény, mértékegysége: m;
- $p_{din}(t)$ az áramló *lőporgázok* dinamikusnyomás-függvénye, mértékegysége: Pa;
- $\rho_{gáz}(t)$ a lőporgázsűrűség-függvény, mértékegysége: $\frac{kg}{m^3}$.

A 3. tartomány egyenletei

Felírható az (5) és a (6) főegyenlet, valamint a (8) segédegyenlet.

A gáznyomásra írható, hogy:

$$\frac{d}{dt}p(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot \Omega_0 - \frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v(t)^2}{W_0 - \alpha \cdot \Omega_0 + A_{cső} \cdot l(t)} \right), \quad (9)$$

valamint a gázsűrűség segédegyenlete:

$$\rho_{gáz}(t) = \frac{\Omega_0}{W_0 - \alpha \cdot \Omega_0 + A_{cső} \cdot l(t)}. \quad (10)$$

A 4. tartomány egyenletei

Felírható az (5) és a (6) főegyenlet, valamint a (8) segédegyenlet.

A gázmotorban lévő löporgázok energiájára írható, hogy:

$$E_{gm}(t) = f \cdot m_{gáz_gm}(t) - \frac{m_{gáz_gm}(t)}{\Omega_0} \cdot \left(\frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v(t)^2 \right),^{10} \quad (11)$$

rendezve:

$$E_{gm}(t) = m_{gáz_gm}(t) \left(f - \frac{(\kappa - 1)}{2 \cdot \Omega_0} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v(t)^2 \right). \quad (12)$$

A tartomány további főegyenletei:

$$\frac{d}{dt}p(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot (\Omega_0 - m_{gáz_gm}(t)) - \frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v(t)^2}{W_0 - \alpha \cdot (\Omega_0 - m_{gáz_gm}(t)) + A_{cső} \cdot l(t)} \right), \quad (13)$$

$$\frac{d}{dt}p_{gm}(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{E_{gm}(t) - \frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi_{zár} \cdot m_{zár} \cdot v_{zár}(t)^2}{W_{gm} - \alpha \cdot m_{gáz_gm}(t) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)} \right), \quad (14)$$

¹⁰ A (11) egyenlet jobb oldalának második tagja az átáramló gázok lecsökkent energiatartalmát hivatott reprezentálni. A csökkenés a lövedék felgyorsítására fordított energiamennyiség. Ebből következőleg az egyenlet jobb oldali második tagja valójában egy integrálegyenlet, amelyet függvénnyel váltunk ki, az egyszerűbb kezelhetőség végett.

$$\frac{d}{dt} m_{gáz_gm}(t) = \eta_{gm} \cdot A_{krit_gm} \cdot \rho_{krit}(t) \cdot a_{krit}(t), \quad (15)$$

$$\frac{d}{dt} v_{zár}(t) = \frac{A_{gm} \cdot p_{gm}(t) - c_r \cdot l_{zár}(t) - F_r - F_{s_zár}}{\varphi_{zár} \cdot m_{zár}}, \quad (16)$$

$$\frac{d}{dt} l_{zár}(t) = v_{zár}(t), \quad (17)$$

$$\frac{d}{dt} v_{gm}(t) = \frac{F_{gerj}(t) - k_{rug} \cdot l_{gm}(t) - c_v \cdot v_{gm}(t)}{m_{red}}, \quad (18)$$

$$\frac{d}{dt} l_{gm}(t) = v_{gm}(t). \quad (19)$$

A további segédegyenletek:

$$\rho_{gáz}(t) = \frac{\Omega_0 - m_{gáz_gm}(t)}{W_0 - \alpha \cdot (\Omega_0 - m_{gáz_gm}(t)) + A_{cső} \cdot l(t)}, \quad (20)$$

$$\rho_{krit}(t) = \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\left(\frac{1}{\kappa + 1} \right)} \cdot \rho_{gáz}(t), \quad (21)$$

$$T_{krit}(t) = \frac{p(t) \cdot \frac{2}{\kappa + 1}}{\rho_{gáz}(t) \cdot R_{spec}}, \quad (22)$$

$$a_{krit}(t) = \sqrt{\kappa \cdot R_{spec} \cdot T_{krit}(t)}, \quad (23)$$

$$F_{gerj}(t) = A_{gm} \cdot p_{gm}(t) \cdot mult_{F_gerj}. \quad (24)$$

Jelölések:

- $v_{gm}(t)$ a gázmotor felerősítésének felezőegyesénél a *fegyvercső* függőleges sebessége, mértékegysége: $\frac{m}{s}$;
 $l_{gm}(t)$ a gázmotor felerősítésének felezőegyesénél a *fegyvercső* függőleges elmozdulása, mértékegysége: m;
 $F_{gerj}(t)$ a modell rugóját közvetlenül terhelő gerjesztőerő függvénye, mértékegysége: N;

$mult_{F_{gerj}}$	a <i>gázhenger</i> nyomásából származó erő függvényének szorzója a gerjesztőerőre nézve, mértékegysége: egység;
$krug$	a <i>fegyvercső</i> egyenértékű rugómerevsége, mértékegysége: $\frac{N}{m}$;
c_v	a viszkózus csillapítási tényező, mértékegysége: $\frac{N \cdot s}{m}$;
m_{red}	a <i>fegyvercső</i> – a gázmotor felerősítésének felezőegyenese távolságára – redukált tömege, mértékegysége: kg;
W_{gm}	a <i>gázhenger</i> kezdeti szabad térfogata, mértékegysége: m^3 . (A <i>gázhenger</i> kezdeti szabad térfogata – holttere – a <i>gázdugattyú</i> homloksíkjával határolt <i>gázhengerfurat</i> térfogata, zárt fegyveren értelmezve);
A_{gm}	a <i>gázhengerfurat</i> keresztmetszeti területe, mértékegysége: m^2 ;
$\varphi_{zár}$	a zárra vonatkozó másodlagos munkák koefficiense, mértékegysége: egység;
$m_{zár}$	a zár tömege, mértékegysége: kg;
F_r	a helyretoló rugó zárolási pozícióban kifejtett ereje, mértékegysége: N;
c_r	a helyretoló rugó rugóállandója, mértékegysége: $\frac{m}{N}$;
$F_{s_zár}$	a zár és a tok közötti súrlódóerő, mértékegysége: N;
A_{krit_gm}	a <i>gázhengerfurat</i> keresztmetszeti területe, mértékegysége: m ;
η_{gm}	a <i>gázhengerfurat</i> irreverzibilitásait figyelembe vevő tényező, ¹¹ mértékegysége: egység;
R_{spec}	a löporgáz specifikus gázállandója, mértékegysége: $\frac{kg}{m^3}$;
$p_{gm}(t)$	a gázmotornyomás-függvény, mértékegysége: Pa;
$m_{gáz_gm}(t)$	a <i>gázmotorba</i> áramló löporgáz tömegének függvénye, mértékegysége: kg;
$E_{gm}(t)$	a <i>gázmotor</i> energiafüggvénye, mértékegysége: J;
$\rho_{krit}(t)$	a <i>csőfuratban</i> lévő gáz kritikus állapotához tartozó löporgázsűrűség-függvény, mértékegysége: $\frac{kg}{m^3}$;
$T_{krit}(t)$	a <i>csőfuratban</i> lévő gáz kritikus állapotához tartozó löporgázhőmérséklet-függvény, mértékegysége: K;
$a_{krit}(t)$	a <i>csőfuratban</i> lévő gáz kritikus állapotához tartozó löporgázhangsebesség-függvény, mértékegysége: $\frac{m}{s}$;
$v_{zár}(t)$	a zársebességfüggvény, mértékegysége: $\frac{m}{s}$;
$l_{zár}(t)$	a zárútfüggvény, mértékegysége: m.

¹¹ KIRILLOV 1973: 407–431. foglalkozik gázmotorok számításaival, és ad ajánlásokat meghatározására. A fúvókahatásfokot az elméleti áramlási keresztmetszet kontrakciós tényezőjeként kell értelmezni. Az átömlő gázok irányváltoztatása miatt kialakuló áramlási holtterek az áramlási keresztmetszetet csökkentik.

Az 5. tartomány egyenletei

Felírható az (5), a (6), a (16), a (17), a (18) és a (19) főegyenlet, valamint a (8) segédegyenlet.

Megadhatók továbbá a:

$$\frac{d}{dt}p(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot \Omega_0 - \frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot (\varphi \cdot m_{löv} \cdot v(t)^2 + \varphi_{zár} \cdot m_{zár} \cdot v_{zár}(t)^2)}{W_0 + W_{gm} - \alpha \cdot \Omega_0 + A_{cső} \cdot l(t) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)} \right), \quad (25)$$

$$\frac{d}{dt}v_{zár}(t) = \frac{A_{gm} \cdot p(t) - c_r \cdot l_{zár}(t) - F_r - F_{s_zár}}{\varphi_{zár} \cdot m_{zár}} \quad (26)$$

főegyenletek, valamint segédegyenletekként a:

$$\rho_{gáz}(t) = \frac{\Omega_0}{W_0 + W_{gm} - \alpha \cdot \Omega_0 + A_{cső} \cdot l(t) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)}, \quad (27)$$

$$F_{gerj}(t) = A_{gm} \cdot p(t) \cdot mult_{F_gerj}. \quad (28)$$

A 6/a. tartomány egyenletei – kis keresztmetszetű gázhengerfuratnál

Felírható a (16), a (17), a (18) és a (19) főegyenlet, valamint a (21), a (22), a (23) és a (24) segédegyenlet.

A gázmotorban lévő lőporgázok energiájára írható, hogy:

$$\begin{aligned} E_{gm}(t) = & \\ = f \cdot \left(\Omega_{gm_56sz} - m_{gáz_gm}(t) \right) - \frac{\Omega_{gm_56sz} - m_{gáz_gm}(t)}{\Omega_0} & \\ \cdot \left(\frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v_0^2 \right), & \end{aligned} \quad (29)$$

rendezve:

$$E_{gm}(t) = \left(\Omega_{gm_56sz} - m_{gáz_gm}(t) \right) \left(f - \frac{(\kappa - 1)}{2 \cdot \Omega_0} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v_0^2 \right). \quad (30)$$

A tartomány további főegyenletei:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}p(t) = \\ = \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot (\Omega_{cső_56sz} + m_{gaz_gm}(t) - m_{gáz}(t)) - \frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v_0^2}{W_0 + W_{cső} - \alpha \cdot (\Omega_{cső_56sz} + m_{gáz_gm}(t) - m_{gáz}(t))} \right), \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}p_{gm}(t) = \\ = \frac{d}{dt} \left(\frac{E_{gm}(t) - \frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi_{zár} \cdot m_{zár} \cdot v_{zár}(t)^2}{W_{gm} - \alpha \cdot (\Omega_{gm_56sz} - m_{gáz_gm}(t)) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)} \right), \end{aligned} \quad (32)$$

$$\frac{d}{dt}m_{gáz}(t) = \eta_{csőszáj} \cdot A_{cső} \cdot \rho_{krit}(t) \cdot a_{krit}(t), \quad (33)$$

$$\frac{d}{dt}m_{gáz_gm}(t) = \eta_{gm} \cdot A_{krit_gm} \cdot \rho_{krit_gm}(t) \cdot a_{krit_gm}(t). \quad (34)$$

A további segédegyenletek:

$$\rho_{gáz}(t) = \frac{\Omega_{cső_56sz} + m_{gáz_gm}(t) - m_{gáz}(t)}{W_0 + W_{cső} - \alpha \cdot (\Omega_{cső_56sz} + m_{gáz_gm}(t) - m_{gáz}(t))}, \quad (35)$$

$$\rho_{gáz_gm}(t) = \frac{\Omega_{gm_56sz} - m_{gáz_gm}(t)}{W_{gm} - \alpha \cdot (\Omega_{gm_56sz} - m_{gáz_gm}(t)) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)}, \quad (36)$$

$$\rho_{krit_gm}(t) = \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\left(\frac{1}{\kappa + 1} \right)} \cdot \rho_{gáz_gm}(t), \quad (37)$$

$$T_{krit_gm}(t) = \frac{p_{gm}(t) \cdot \frac{2}{\kappa + 1}}{\rho_{gáz_gm}(t) \cdot R_{spec}}, \quad (38)$$

$$a_{krit_gm}(t) = \sqrt{\kappa \cdot R_{spec} \cdot T_{krit_gm}(t)}. \quad (39)$$

Jelölések:

- $\Omega_{cső_56sz}$ az 5. tartomány végpillanatában a *csőfuratban* lévő löporgáztömeg, mértékegysége: kg;
- Ω_{gm_56sz} az 5. tartomány végpillanatában a *gázhengerben* lévő löporgáztömeg, mértékegysége: kg;
- v_0 a csőtorkolatból kilépő *lövedék* sebessége, mértékegysége: $\frac{m}{s}$;
- $m_{gáz}(t)$ a *csőfuratból* a környezetbe áramló löporgáztömeg függvénye, mértékegysége: kg;
- $\eta_{csőszáj}(t)$ a csőszáj irreverzibilitásait figyelembe vevő tényező,¹² mértékegysége: egység;
- $\rho_{krit_gm}(t)$ a *gázmotorban* lévő gáz kritikus állapotához tartozó löporgázsűrűség-függvény, mértékegysége: $\frac{kg}{m^3}$;
- $T_{krit_gm}(t)$ a *gázmotorban* lévő gáz kritikus állapotához tartozó löporgázhőmérséklet-függvény, mértékegysége: K;
- $a_{krit_gm}(t)$ a *gázmotorban* lévő gáz kritikus állapotához tartozó löporgázhangsebesség-függvény, mértékegysége: $\frac{m}{s}$.

A 6/b. tartomány egyenletei – nagy keresztmetszetű gázhengerfuratnál

Felírható a (17), a (18), a (19), a (26) és a (33) főegyenlet, valamint a (21), a (22), a (23) és a (28) segédegyenlet.

Megadhatjuk továbbá a:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}p(t) &= \\ &= \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot (\Omega_0 - m_{gáz}(t)) - \frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot (\varphi \cdot m_{löv} \cdot v_0^2 + \varphi_{zár} \cdot m_{zár} \cdot v_{zár}(t)^2)}{W_0 + W_{cső} + W_{gm} - \alpha \cdot (\Omega_0 - m_{gáz}(t)) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)} \right) \end{aligned} \quad (40)$$

főegyenletet és a:

$$\rho_{gáz}(t) = \frac{\Omega_{cső} - m_{gáz}(t)}{W_0 + W_{cső} + W_{gm} - \alpha \cdot (\Omega_{cső} - m_{gáz}(t)) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)} \quad (41)$$

segédegyenletet.

¹² Hasonló a gázfurat hatásfokához, de itt nincs irányváltozása a kiömlő gázoknak. Értékét inkább „igazságságtornak” kell tekinteni, a növekvő hőcsere miatt csökkenő hangsebességértéket hivatott figyelembe venni. Helyes megválasztásával a szimulációs nyomáslefutás-görbét lehet a ballisztikai mérések piezo-elektromos gáznyomásmérési eredményeihez közelíteni.

A 7. tartomány egyenletei

Felírható a (17) és a (19) főegyenlet.

A tartomány további főegyenletei:

$$\frac{d}{dt} v_{zár}(t) = \frac{-c_r \cdot l_{zár}(t) - F_r - F_{s_zár}}{\varphi_{zár} \cdot m_{zár}}, \quad (42)$$

$$\frac{d}{dt} v_{gm}(t) = -\frac{k_{rug} \cdot l_{gm}(t) + c_v \cdot v_{gm}(t)}{m_{red}}. \quad (43)$$

A 8. tartomány egyenletei

Felírható a (17), a (19) és a (43) főegyenlet.

A tartomány negyedik főegyenlete:

$$\frac{d}{dt} v_{zár}(t) = \frac{-c_r \cdot l_{zár}(t) - F_r + F_{s_zár_em}}{\varphi_{zár_em} \cdot m_{zár}}, \quad (44)$$

ahol:

$\varphi_{zár_em}$ a zár előremozgásakor értelmezett másodlagos munka együtthatója, mértékegysége: egység;

$F_{s_zár_em}$ a zár előremozgásakor értelmezett súrlódóerő, mértékegysége: N.

A 9. tartomány egyenletei

A tartomány egyenletei a (19) és a (43) főegyenlet.

A szimulációs eredmények és kezelésük

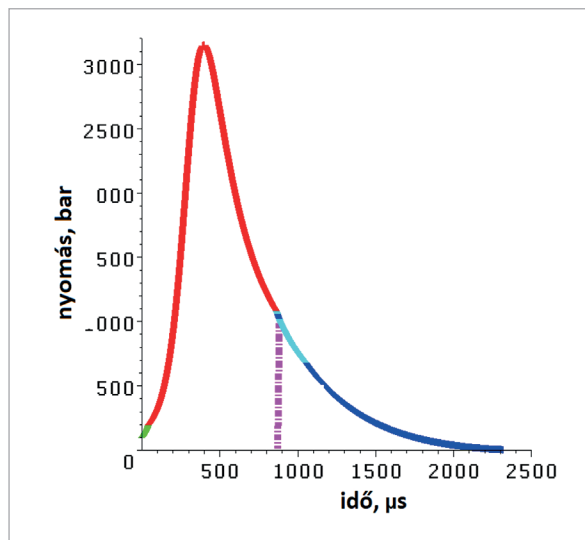
A tartományok egyenletrendszeit numerikus módszerrel oldhatjuk meg. Az eredmények a független időváltozó és a főegyenletek deriváltfüggvényeinek integrálértékei, értékpárosok formájában. Ezeket az értékpárosokat – tartományonként eltérő színezéssel – grafikonon is ábrázolhatjuk.

Eredmények gyári állapotú fegyverre

Számításainkat első lépésben gyári állapotú fegyverre végeztük, a mérési eredményeket segítségül hívva a paraméterek beállításához. Nulladik iterációs lépésben a 43M lőszer VUFL lőporának jellemzőit vettük alapul. A belballisztikai rendszer paramétereit úgy állítottuk be, hogy a szimuláció a vizsgálatok során felhasznált lőszer torkolati sebességét és maximális gáznyomását adja vissza.

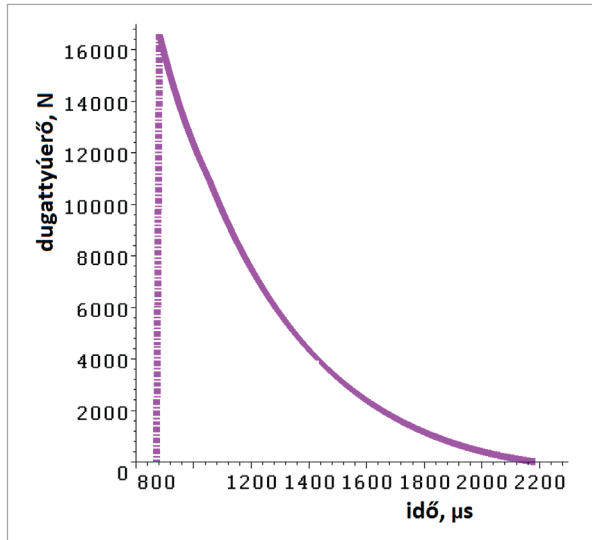
Iterációs lépéseken keresztül a VUFL lőpor gyári geometriai és egyéb paramétereit úgy módosítottuk, hogy a szimulált maximális zársebességérték 1%-os relatív hiba mellett azonos legyen a mérési adatokból extrapolált értékkel, a gáznyomás maximuma és a kezdősebesség változatlansága esetén. Ehhez a feladatunk mindössze annyi volt, hogy megkeressük a legnagyobb zársebességértékkel rendelkező sebesség-idő párost, amellyel a relatív hiba már számítható volt.

A szimulációs számításokat a gyári állapotú 3,3 mm-es (az előzőekben tárgyalt „nagy keresztmetszetű gázátömlő furatként” viselkedő) gázátömlő furatra végeztük. A gázmotor belsejében kialakuló nyomás függvényét a 7. ábra, a nyomásból származó, a gázdugattyúra ható erő függvényét pedig a 8. ábra szemlélteti.



7. ábra: Egyesített nyomás-idő diagram gyári állapotú fegyvernél

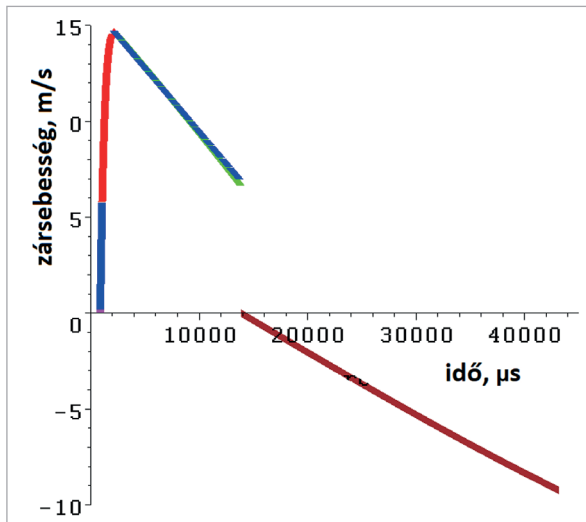
Forrás: a szerző szerkesztése



8. ábra: A gázdugattyúra ható erő diagramja gyári állapotú fegyvernél

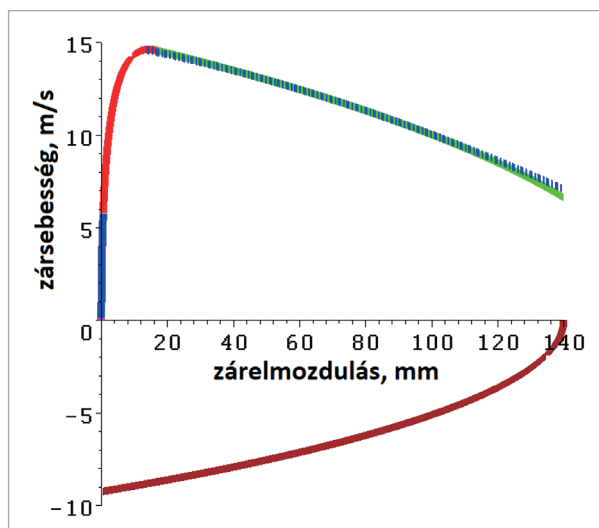
Forrás: a szerző szerkesztése

A zársebesség maximális értéke a mérések alapján 14,63 m/s. A zársebességet a 9. ábra az idő, a 10. ábra pedig a zárelmozdulás függvényében szemlélteti. (A mérési eredményekből számított zársebesség mindkét grafikonon szaggatott kék görbe, amely jól fedti a szimulált zöld görbét.)



9. ábra: Egyesített zársebesség-idő diagram

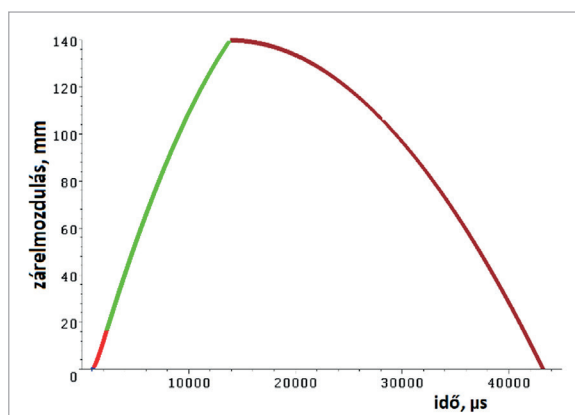
Forrás: a szerző szerkesztése



10. ábra: Egyesített zárbesség-zárelmozdulás diagram

Forrás: a szerző szerkesztése

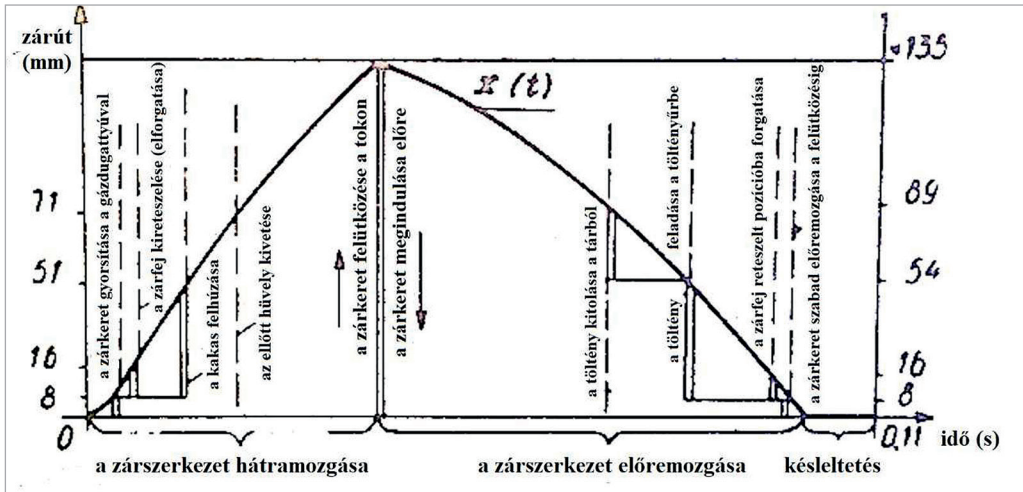
A 11. ábra a vizsgált AMMSZ gépkarabély számított zárelmozdulás-idő függvényét mutatja, míg a 12. ábra Kirillov könyvében¹³ közölt diagram egy AKM típusú gépkarabély zármozgásáról.



11. ábra: Az AMMSZ gépkarabély egyesített zárelmozdulás-idő diagramja

Forrás: a szerző szerkesztése

¹³ KIRILLOV 1973: 43.



12. ábra: Az AKM gépkarabély egyesített zárelmozdulás-idő diagramja¹⁴

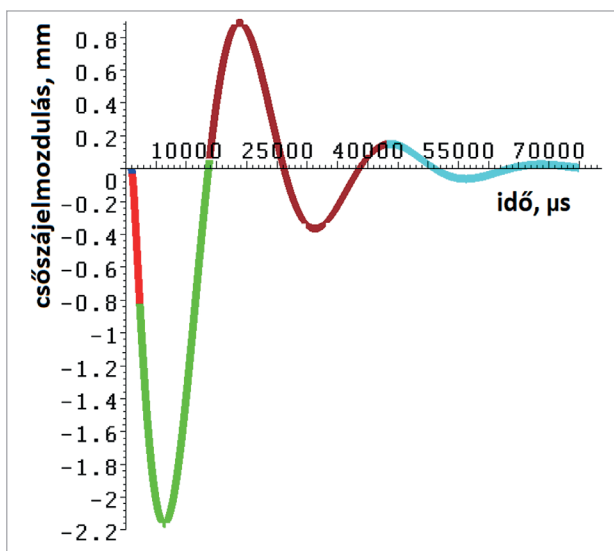
Forrás: KIRILLOV 1973: 43.

Lengési eredmények gyári állapotú fegyverre

Mivel a fegyvercső csillapított szabad lengést végez, ezért lengési jelenségei a lövés-folyamat végére lecsillapodnak (13. ábra). (A viszkózus csillapítási tényező szimuláció során alkalmazott értékét a videófelvételek alapján állapítottuk meg.)

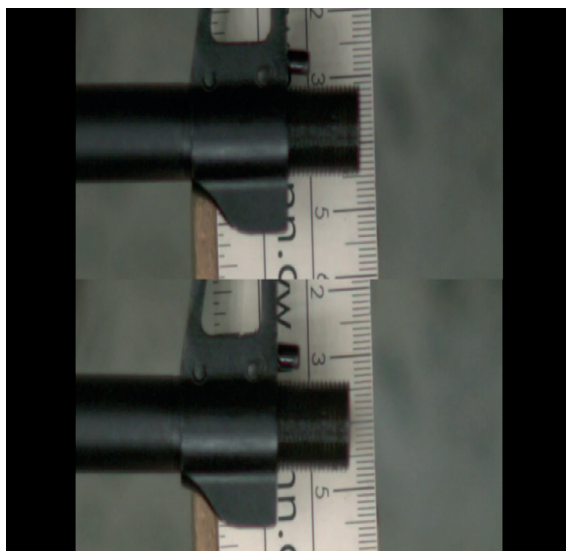
A 14. ábra a csőszáj nyugalmi és a lengés első maximális kitérésű helyzetét mutatja. Megállapítható, hogy a gázmotorral gerjesztett fegyvercső lengése nem elhanyagolható, hozzávetőlegesen 2 mm-es maximális amplitúdóval rendelkezik. Amennyiben a rendszert kiegészítenénk valamely aszimmetrikus terhelést adó csőszájszerelvénnyel, például kompenzátorral, úgy ez a lengés lényegesen nagyobb kitérésű lenne, és hosszabb ideig tartana. (Az AMMSZ gépkarabély esetében a gyári kompenzátor használatával mintegy 8 mm-es kitérést mérhetünk.)

¹⁴ A forrás a szovjet gépkarabélyokra nézve az egyik hitelesnek minősíthető mű. Összehasonlításképpen marad az ábra eredeti formájában, a szimulációs számítások egyezőségét igazolandóan.



13. ábra: A csőszáj lengésképe (függőleges irány)

Forrás: a szerző szerkesztése



14. ábra: A csőszáj nyugalmi helyzetének, valamint első maximális kitérésének képe

Forrás: a szerző felvétele

Belátható, hogy túl gyors tűzütem esetén ez a lengés a lövésfolyamat végén nem csillapodik le, ezért a sorozatlövés találati valószínűsége erősen romlani fog. (A kompenzátor használata tovább növeli a lecsillapodási időt, ezért a gyári szerelvények lecserélése mindig megfontolandó.)

Kiszámítottuk az induló szöghiba¹⁵ szimulációs értékét is, amely -3 szögperc lett. A fegyver szakutasításában -2 szögperc található, amely az alkalmazott koncentrált paraméterű modellt figyelembe véve megfelelő közelítés. (Az induló szöghiba ezeknél a konstrukciónál döntő részben annak a jelenségnek a következménye, hogy a *gázmotor* már a *lövedék* csőfuratban tartózkodása alatt hajlítólengésre kényszeríti a *fegyvercsövet*, ezért a *lövedék* már egy meghajlított *csőfuratból* lép ki, így az eredeti lőszög némileg megváltozik.)

Eredmények leszűkült gázátömlő furatú fegyverre

Elvégeztük a számításokat leszűkült *gázátömlő furatokra* is, mivel ez az egyetlen olyan paramétere a fegyvernek, amely valós körülmények között változni tud. (A keresztmetszet csökkenése a *lőporgázokban* lévő szilárd összetevők lerakódása miatt következik be, amely a hanyag karbantartásra és/vagy a gyenge minőségű lőporra vezethető vissza.)

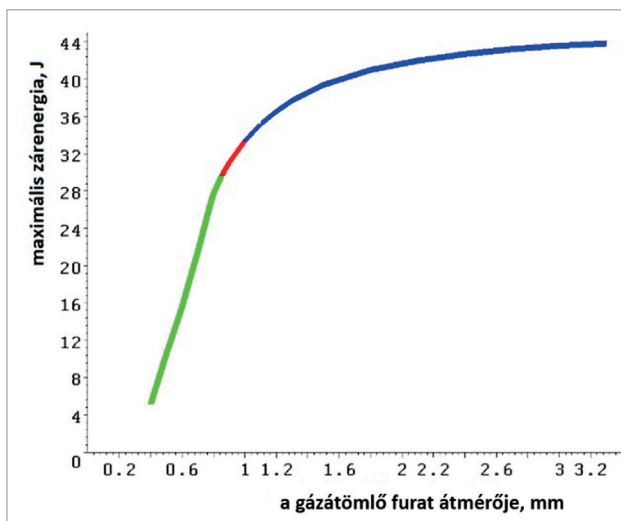
A gázmotor a lövedék kilépése előtt feltöltődik

A szimulációs futtatásoknál a *gázátömlő furat* átmérőjét adott értékekkel csökkentettük, a számításokat a *szerezelt zárkeret* zérus sebességéig végezve. A *szerezelt zárkeret* megállása annak felütközéséből vagy a zárúton belüli megállásából adódott. A futtatások eredményeit – maximális zárenergia a *gázátömlő furat* átmérőjének függvényében – a 15. ábra szemlélteti.

Ezen az ábrán látható, hogy a jelentősnek mondható, 60%-os keresztmetszet-szűkülés (körülbelül 2 mm furatátmérő) esetén a fegyver még teljesen üzembiztosan fog működni. Ebből nem szükségszerű levonni azt a következtetést, hogy nem kell karbantartani, azonban a *gázátömlő furat* erős túlméretezése az üzembiztonságot jelentős mértékben növeli, és a fegyverre (szilárdságtani és dinamikai szempontból) gyakorlatilag nincs hatása.

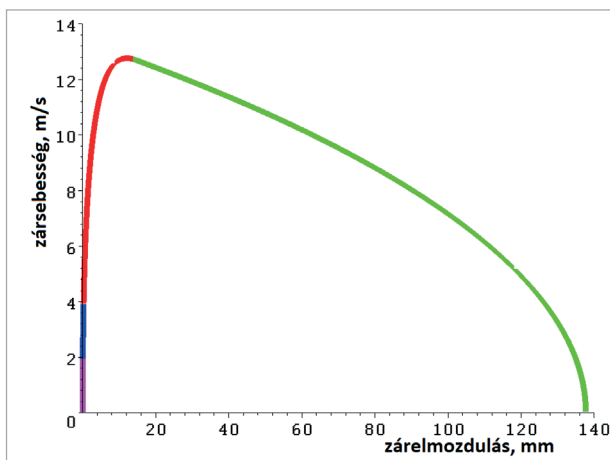
A zár felütközési energiája zérusra csökken 1 mm-re leszűkült átmérő esetében. Ekkor a *gázhenger* feltöltődése 337 mm-es lövedékútnál következik be, ez a 15. ábra sötétkék és piros szakaszainak találkozási pontja. Amennyiben 0,85 mm alá szűkül az átmérő, úgy a *gázmotor* már nem tud feltöltődni a *lövedék* csőben való tartózkodása alatt, ezt az állapotot a 15. ábra piros és zöld szakasza szemlélteti. Az 1 mm-es furat egyesített záresebesség-zárút görbáját a 16. ábra mutatja.

¹⁵ Induló szöghiba alatt azt a ψ szögeltérést értjük, amelyet a merev fegyvercső csőfuratának a geometriai hossz tengelye zár be az átmeneti zónát elhagyó lövedék tényleges impulzusvektorának a csőszájra zavaró hatások nélkül visszaszámított virtuális impulzusvektorával.



15. ábra: A legnagyobb zárenergia grafikonja a gázátömlő furat átmérőjének függvényében

Forrás: a szerző szerkesztése



16. ábra: A záresebesség-zárelmozdulás diagram 1 mm-re szűkült gázátömlő furatnál

Forrás: a szerző szerkesztése

Szűkítsük tovább az átömlő keresztmetszetét, és nézzük, milyen új szakaszokkal, jelenségekkel, egyenletekkel fogunk találkozni.

A gázmotor a lövedék kilépéséig részben töltődik fel – a gázátömlő furat „nagy keresztmetszetű gázátömlő furatként” viselkedik

Ebben a valós esetben a *gázátömlő furat* átmérőjétől eltekintve a fegyver minden paramétere változatlan. (A megváltozó tartományok, a könnyebb áttekinthetőség érdekében * jelölést kapnak.)

Változik a 4. tartomány peremfeltétele, azaz a felírható egyenletek változatlanok, viszont a feltöltődés nem a nyomáskiegyenlítődéssig, hanem a *lövedék* kilépéséig fog tartani, részleges kiegyenlítődéssel a szakasz végén.

Ebből következően a teljes kiegyenlítődéssig (mivel a *csőfurat* nyomása nagyobb) az 5*. tartományban fog bekövetkezni, amely a *csőfurat* és a *gázhenger* teljes nyomáskiegyenlítődéssig fog tartani.

A 6*. tartomány majdnem azonos lesz az előzőekben ismertetett, „nagy keresztmetszetű *gázátömlő furattal*” jellemzett 6. tartománnyal. A különbség annyi, hogy a kezdeti értéként szereplő, a rendszerben lévő gázmennyiség az 5*. tartományban megszököttel kevesebb lesz.

Mindezek alapján a felírható egyenletek a megváltozott szakaszokban a következők lesznek.

Az 5. tartomány egyenletei*

Felírható a (15), a (16), a (17), a (18) és a (19) főegyenlet, valamint a (21), a (22) és a (23) segédegyenlet.

A gázmotorban lévő lőporgázok energiájára írható, hogy:

$$E_{gm}(t) = f \cdot m_{gáz_gm}(t) - \frac{m_{gáz_gm}(t)}{\Omega_0} \cdot \left(\frac{(\kappa - 1)}{2} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v_0^2 \right), \quad (45)$$

rendezve:

$$E_{gm}(t) = m_{gáz_gm}(t) \left(f - \frac{(\kappa - 1)}{2 \cdot \Omega_0} \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v_0^2 \right). \quad (46)$$

A fegyvercsőben a gázsűrűség:

$$\rho_{gáz}(t) = \frac{\Omega_{cső_45^*sz} - m_{gáz}(t)}{W_0 + W_{cső} - \alpha \cdot (\Omega_{cső_45^*sz} - m_{gáz}(t))}. \quad (47)$$

A tartomány további főegyenletei:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}p(t) &= \\ &= \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot (\Omega_{cső_45^*sz} - m_{gáz_gm}(t) - m_{gáz}(t)) - \frac{(\kappa - 1) \cdot \varphi \cdot m_{löv} \cdot v_0^2}{2}}{W_0 + W_{cső} - \alpha \cdot (\Omega_{cső_45^*sz} + m_{gáz_gm}(t) - m_{gáz}(t))} \right), \end{aligned} \quad (48)$$

$$\frac{d}{dt}p_{gm}(t) = \frac{d}{dt} \left(\frac{E_{gm}(t) - \frac{(\kappa - 1) \cdot \varphi_{zár} \cdot m_{zár} \cdot v_{zár}(t)^2}{2}}{W_{gm} - \alpha \cdot (\Omega_{cső_45^*sz} + m_{gáz_gm}(t)) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)} \right), \quad (49)$$

ahol:

$\Omega_{cső_45^*sz}$ az 5*. tartomány kezdeti pillanatában a *csőfuratban* lévő löporgáztömeg, mértékegysége: kg.

A 6. tartomány egyenletei*

Felírható a (16), a (17), a (18), a (19) és a (33) főegyenlet, továbbá a (21), a (22), a (23) és a (28) segédegyenlet.

A fegyvercsőben a gázsűrűség:

$$\rho_{gáz}(t) = \frac{\Omega_{56^*sz} - m_{gáz}(t)}{W_0 + W_{cső} + W_{gm} - \alpha \cdot (\Omega_{56^*sz} - m_{gáz}(t))}. \quad (50)$$

A fegyvercső gáznyomására írhatjuk, hogy:

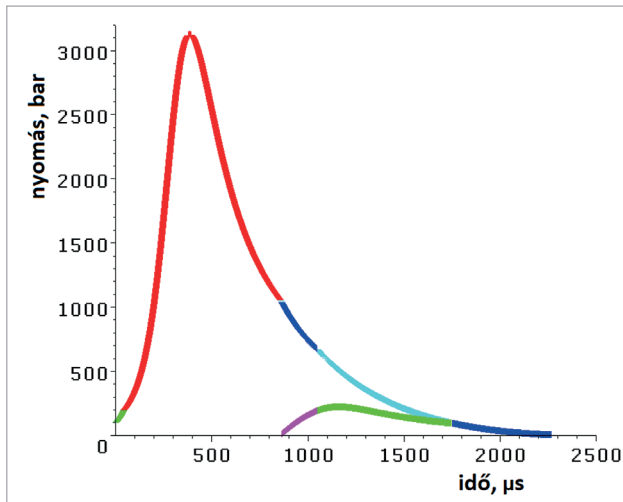
$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}p(t) &= \\ &= \frac{d}{dt} \left(\frac{f \cdot (\Omega_{56^*sz} - m_{gáz}(t)) - \frac{(\kappa - 1) \cdot (\varphi \cdot m_{löv} \cdot v_0^2 - \varphi_{zár} \cdot m_{zár} \cdot v_{zár}(t)^2)}{2}}{W_0 + W_{cső} + W_{gm} - \alpha \cdot (\Omega_{56^*sz} - m_{gáz}(t)) + A_{gm} \cdot l_{zár}(t)} \right), \end{aligned} \quad (51)$$

ahol:

Ω_{56^*sz} a 6*. tartomány kezdeti pillanatában a *csőfuratban* és a *gázhengerben* lévő löporgáztömeg, mértékegysége: kg.

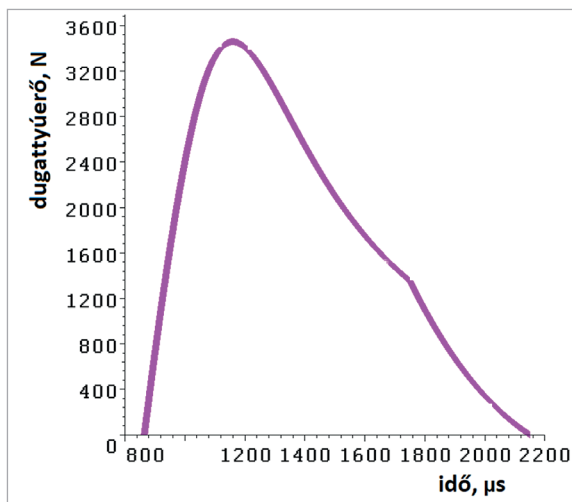
(A leszűkült keresztmetszetre a szimulációs számítás [1., 2. ... 5*. és 6*. tartományok] a 9. ábrán látható zöld görbét adta, ahol a *gázátömlő furat* átmérője 0,85 és 0,4 mm között volt.)

A 0,4 mm-es furathoz tartozó egyesített gáznyomásgörbén (17. ábra) jól látható, hogy a *gázmotor* a benne mozgó *gázdugattyú* térfogatnövelő hatása miatt már alig tud feltölteni. Az alacsony *gázhengernyomás* miatt a *gázdugattyúra* ható erő is lényegesen kisebb lesz (18. ábra).



17. ábra: A 0,4 mm-es furatátmérőhöz tartozó egyesített gáznyomásgörbe

Forrás: a szerző szerkesztése



18. ábra: A gázdugattyúra ható erő diagramja 0,4 mm-es furatátmérő esetén

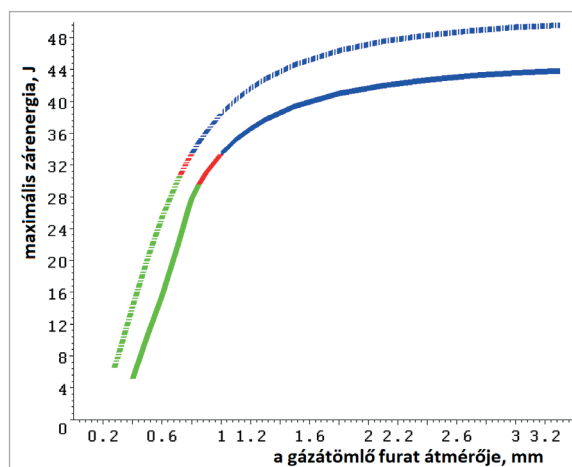
Forrás: a szerző szerkesztése

A gázmotor a lövedék kilépése előtt feltöltődik (normál üzemállapot) – számítás a redukált zárszerkezetrendszer leválasztásával

Ebben az esetben egyszerűsített számításokat végzünk, de ezt a módszert csak előtervezési szinten használhatjuk. (A bevezetőben említettük, hogy a *redukált zárszerkezetrendszer* leválasztása csak korlátozottan alkalmazható módszer, az eredmények összehasonlításával látni fogjuk használhatóságának határait.)

A leválasztás kétféleképpen történhet:

1. Elhagyjuk a zár egyenleteit, és a *gázhenger* nyomásfüggvényének az integrálásából nyert impulzussal számolunk.
2. Megtartjuk egyenleteinket, és a *gázátömlő furat* átmérőjén kívül a fegyver bizonyos paramétereit a számítás egyes részeiben megváltoztatjuk, manipuláljuk.



19. ábra: A két rendszer kapcsolatával számított egyszerűsített (szaggatott görbe), és a 3 rendszer kapcsolatán alapuló szimuláció zárenergia-gázátömlő furat átmérő diagramja

Forrás: a szerző szerkesztése

További számításaink során az utóbbi eljárást alkalmazzuk.

Első lépésben megváltoztatjuk a *redukált gázhengerrendszer* kezdeti térfogatát, értékét zérusnak vesszük. Ezzel a rendszerkapcsolat közvetlen lesz, modellünk szerint a *csőfurat* nyomása a *gázdugattyún* azonnal jelentkezik. (A számítások során a zérussal való osztást elkerülendő $W_{gm} \approx 10^{-10}$ értéket választottunk.)

Megváltoztatjuk a redukált zárszerkezetrendszert:

1. Elhanyagoljuk a sűrűlódó- és a rugóerőt, valamint nem számolunk másodlagos munkákkal, azaz $F_r = 0$, $F_r = 0$ és $c_r = 0$ és $\varphi_{zár} = 1$. Ezzel a *redukált gázdugattyúrendszert* egyetlen szabad tömeggé egyszerűsítjük.
2. Megnöveljük a szerelt zárkeret tömegét a $mult_{zár_tömeg}$ -szerezésére, azaz mozgásának térfogatnövelő hatását gyakorlatilag elimináljuk (például $mult_{zár_tömeg} \geq 10^4$ értéket állítunk be).

3. A zársebesség függvény maximumából kalkulálható zárenergia-maximumot az eredeti zártömegre és zársebességre számítjuk ki, azaz:

$$E_{\text{zár_max}} = \frac{m_{\text{zár}}}{mult_{\text{zár_tömeg}}} \cdot \frac{(mult_{\text{zár_tömeg}} \cdot v_{\text{zár_max}})^2}{2} = \frac{mult_{\text{zár_tömeg}} \cdot m_{\text{zár}} \cdot v_{\text{zár_max}}^2}{2}. \quad (52)$$

Ezekkel a manipulációkkal nincs szükségünk új egyenletekre, közvetlenül használhatjuk a már meglévőket. Ügyelni csak arra kell, hogy a számítások során a lebegőpontos számbábrázolási pontosság elégséges legyen a kicsiny zársebesség- és zárelmozdulás-értékek ábrázolásához.

Ez a számítás egyenértékű – ha a virtuális tömeg ($mult_{\text{zár_tömeg}} \cdot m_{\text{zár}}$) elegendően nagy, és a *gázhenger* kezdeti térfogata elegendően kicsi – a csak két rendszert figyelembe vevő módszerrel.

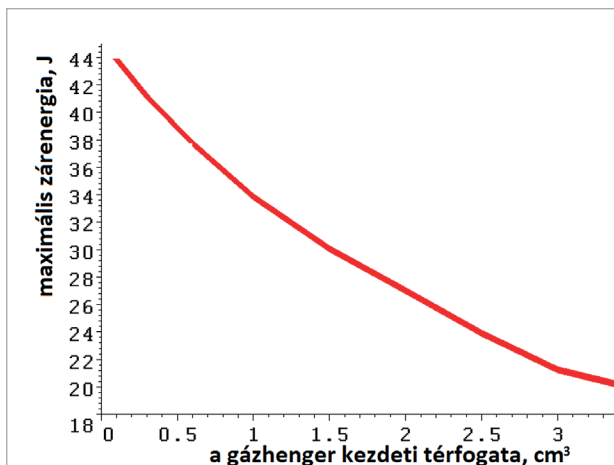
A számítások eredményeit a 19. ábra mutatja, a mindhárom rendszer kapcsolatával kiszámolt (15. ábra) eredményekkel együtt.

A grafikonról leolvasható, hogy a csak két rendszerre felállított modell alkalmazásával jelentősen alul fogjuk méretezni a fegyverünket, ugyanis azokkal magasabb zárenergiákat fogunk számolni, mint a valóságot jobban közelítő (három rendszer kapcsolatán alapuló) modellel.

Eredmények növelt gázhenger-térfogatú fegyverre

Válasszuk ki a 4. szakasz gázhengernyomás 14. egyenletét. Látható, hogy a *gázhenger* kezdeti térfogata (W_{gm}) a nevezőben szerepel, ezért növekvő értéke mellett a deriváltfüggvény értéke csökkenni fog. Ebből az következik, hogy a kamra nyomásfelfutási sebessége kisebb lesz, azaz a *gázmotor* lassabban fog feltöltődni, ezért a kiegyenlítődési pont időben eltolódik. A kiegyenlítődési nyomás mint a kamra csúcnyomása is egyre kisebb lesz, mivel a *csőfurat* nyomásgörbéjének a csökkenő ágán mozgunk, tehát a kamra térfogat-növekedésével a *gázmotor* által szolgáltatott munka is egyre kevesebb lesz. Másképpen fogalmazva a kamranyomás lágyabb felfutása, egyben kisebb nyomásértékbe történő befutása miatt hasonló jelenség játszódik le, mint a *gázátömlő furat* leszűkülése esetében.

A 20. ábra a 3,3 mm-es *gázátömlő furatú gázmotor* szimulációs számítását szemlélteti a kezdeti gázhengertérfogat-zárenergia függvényében.



20. ábra: A gázhenger kezdeti térfogatának hatása a maximális zárenergia 3,3 mm-es gázátömlő furat esetén

Forrás: a szerző szerkesztése

Látható, hogy a gázhenger kezdeti térfogatának (holtterének) növelésével a gázmotor munkája csökkenthető. Ezzel akkor lehet élni, ha a gázelvételi pontot közelebb kell hozni a csőfarhoz, például a cső megrövidítése miatt. A gázátömlő furat áthelyezésénél újra ki kell számolni az egyenleteket, mert a megnövekedő gázimpulzus a tokszerkezetet és a gázdugattyút is tönkretelheti. A 21. ábrán egy tönkrement, a gázelvételi pont áthelyezése miatt a méretezésinél nagyobb terhelést kapott osztott gázdugattyú látható.



21. ábra: A gázátömlő furat áthelyezése miatt túlterhelődött és tönkrement gázdugattyú

Forrás: a szerző felvétele

Mérések és mérési eredmények

A modellek érvényességi tartományának, valamint a modellparamétereknek a meghatározása céljából méréseket hajtottunk végre gyorsfilmző kamera segítségével. A vizsgálatok kiterjedtek a lövés utáni zármozgás és a lövés közbeni/utáni csődeformációk, valamint a csőlengési jelenségek megfigyelésére.

A mérést állítható univerzális befogószerkezetbe rögzített fegyverrel végeztük (22. ábra). A zármozgásokat egységesen 3000 fps (*frame per second*) értékkel rögzítettük. Az elmozdulásértékek könnyebb meghatározása érdekében a szerelt tok jobb oldalára hajlékony műanyag vonalzót rögzítettünk. Az előzetes szimulációs számítások szerint a gerjesztési hossz hozzávetőlegesen 18 mm, ezért az értékelés során a mozgás első 20 mm-ét megjelenítő képkockákat (a tranziens jelenségek miatt) nem vettük figyelembe, és a felütközést rögzítő képkockákat is elhagytuk. A kiértékeléshez így rendelkezésünkre állt összesen 32 darab képkocka.



22. ábra: A zármozgás filmezéséhez befogott és preparált AMMSZ gépkarabély

Forrás: a szerző felvétele

A zársebesség-idő, zársebesség-zárút függvény előállítás

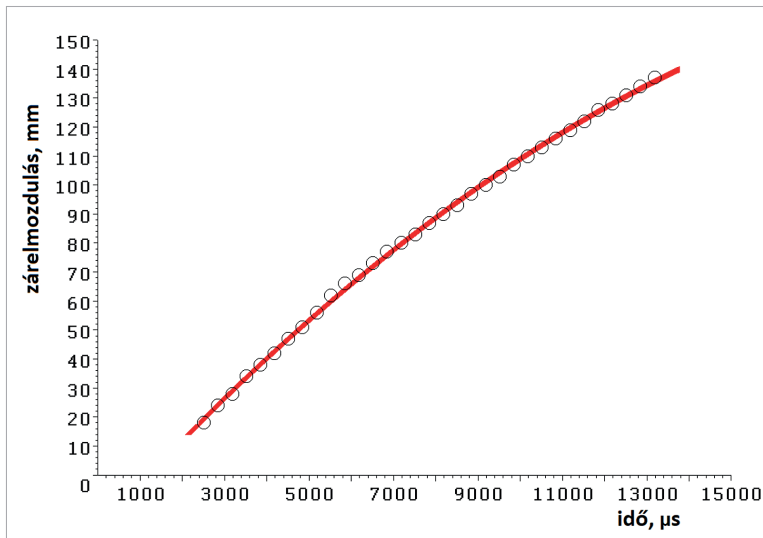
3000 fps sebesség mellett két képkocka rögzítése között $1/3000$ s ($333 \mu\text{s}$) idő telik el. A képeket egyesével értékelve leolvastuk a felhúzókarhoz rögzített virtuális pont felvételenkénti koordinátáját, és azok növekményeit az eltelt idővel párokba állítottuk, ezzel

megkapva a zárút-idő értékpárokat. A párokra másodrendű¹⁶ regressziós polinomot illesztettünk, és innentől ezt tekintettük a zárút-idő függvénynek.

A zárút-idő függvény egyszeres deriválásával előállítottuk a zársebesség-idő függvényt. A szemléletesség érdekében szükségünk volt még a zársebesség-zárút függvényre, amelyet az előzőkből már elő lehetett állítani.

A maximális zársebességet közvetlenül a felvételekből nem, de a regressziós egyenletekből már meghatározhattuk. Szükségünk van a regressziós zársebesség-egyenlet $t = t_{\text{zár.vmax}}$ időpillanatban vett helyettesítési értékére, ahol $t_{\text{zár.vmax}}$ a szimuláció során kapott érték, a zár sebességének maximumához tartozó időpillanat. Az így kapott helyettesítési értékhez kellett iterációs lépéseken keresztül beállítanunk a szimulációs paramétereket, adott relatív hiba mellett.

A 23. ábra a képkockákról leolvasott zárelmozdulás-idő értékpárosokat és a zárelmozdulás-idő regressziós polinomot szemlélteti. Jól kivehető, hogy a leolvasott értékek (kék körök) a regressziós görbét két és fél periódusban „körbelengik”, ami a helyretoló rugó longitudinális lengéséből adódik.



23. ábra: A zárelmozdulás-idő függvény, a regresszió alapját adó értékpárosokkal

Forrás: a szerző szerkesztése

¹⁶ Mivel a helyretoló rugó karakterisztikája lineárisnak (de állandónak nem) vehető, ezért annak grafikonja monoton növekedő egyenes, a zár hátramoszgási útjának függvényében. Ezt az egyenest a zárút elsőrendű függvénye írja le. A karakterisztika első, illetve második integrálja egyenesen arányos a zársebesség-, illetve a zárút-függvényvel. Mindezekből következik, hogy a zárút-idő függvény legjobb közelítését harmadrendű regressziós polinom szolgáltatja. A másodrendű polinommal való közelítés azért szükséges (bár nem a legjobb egyezést adja), mert a helyretoló rugó szuperponálódott longitudinális lengése (23. ábra) miatt a harmadrendű polinom elfajul, a zár felütközése előtt gyorsuló zármozgást szolgáltat, amely ellentétes úgy a modellünkkel, mint a valósággal.

Következtetések

A ballisztikai rendszer hozzátétőlegesen 15 paraméterét a tapasztalatok vagy lőszer-gyári mérési jegyzőkönyvek alapján állítottuk be a szimuláció során, amely jellemzők csak a lőszerre vonatkoznak. A fegyver tulajdonságait vagy másik fegyverből, vagy rajzdokumentációkból állapítottuk meg. Nyilvánvaló, hogy pontosabb szimulációt csak jól beállított paraméterek mellett lehet elvégezni. A módszer validálása, érvényességi tartományának megállapítása egy jól előkészített és megtervezett méréssorozatot igényel. Egy ilyen méréssorozat megtervezésének, végrehajtásának főbb lépései a következők:

- Kézzel szerelt löszereket kell használni, amelyek esetében minden töltési és alkal-telemadat ismert.
- Laboratóriumban bevizsgált, mérési jegyzőkönyvvel ellátott löport kell alkalmazni.
- Az elkészített löszerekből legalább tíz darabot fel kell használni ballisztikai nyom-másméréssel egybekötött sebességméréshez.
- Mérési sorozatokat kell végrehajtani eltérő töltettömegű és löportípusú lőszer-csoportokkal az előzőek betartása mellett.
- A fegyver valamennyi, szimulációt érintő jellemzőjét meg kell mérni.

Amennyiben ezekkel az eljárásokkal hajtjuk végre újból a méréseket, akkor lehetséges a validáció és a módszer hibájának, érvényességi tartományának meghatározása. Lássuk be, hogy az összes paraméterre nem tudunk méréssorozatot építeni, mivel azok száma magas, valamint a fegyver paramétereit nem tudjuk speciális mérőfegyver hiányában kontrolláltan változtatni. (Természetesen ipari igény és források rendelkezésre állásával mérőfegyver bármikor tervezhető és építhető.)

Milyen következtetéseket lehet levonni a szimulációkból a leszűkült átömlési kereszt-metszetekre, a csölgengésekre, valamint az alkalmazott modellek bonyolultsági fokára nézve? Az eredmények megfigyelésével az alábbi megállapításokat tehetjük:

- A *gázátömlő furat* keresztmetszetének csökkenésével csökken a *gázmotor* munkavégző képessége és a zár hátrasiklási energiája is. A görbe aszimptotikus jel-legű, tehát találunk olyan tartományt, ahol a fegyver biztonságosan tud működni még jelentősen leszűkült átmérő mellett is. A zárenergia jelentősen csökken, ha a *gázhenger* hosszú ideig töltődik, de az automatika működése még biztosítható lesz (15. ábra kék görbéje).
- Ha a keresztmetszet csökkenése elér egy kritikus értéket, ahol már a *gázmotor* nem vagy csak igen lassan tud feltöltődni, a *gázmotor* munkavégző képességének csökkenése felgyorsul, a fegyver automatikájának működése bizonytalanná válik, majd megszűnik (15. ábra piros és zöld szakasza).
- *Gázátömlő furat* kialakításánál figyelembe kell venni a annak leszűkülését, ezért mindig érdemes azt túlméretezni és/vagy állíthatóvá tenni (15. ábra kék szakasza).
- Gázmotorok elhelyezésénél különös figyelemmel kell lenni a gázelvételi pont csőfartól, valamint csőszájtól mért távolságára.

- Az elkokszolódás elkerülése és az üzembiztonság növelése érdekében a *gázátömlő furatot* a nyomásgörbe leszálló ágában, a löporégés utáni szakaszban célszerű elkészíteni.
- *Gázátömlő furatok* áthelyezése esetén ki kell számítani az ébredő terheléseket, mert a fegyvert túlterhelések érhetik, amelyek nemcsak a fegyver üzembiztonságát csökkentik, hanem annak idő előtti tönkremenetelét is okozhatják (21. ábra).
- A *gázhenger* holtterét új konstrukciók esetén úgy kell kialakítani, hogy az a lehető legkisebb térfogattal rendelkezzen, mert a *gázmotor* munkavégző képessége ezzel a térfogattal fordítottan arányos (20. ábra).
- A *gázhenger* kezdeti térfogatának növelését modifikált konstrukciók esetén szükségmegoldásként lehet alkalmazni, de számolni kell a megnövekedő gázkifújásokkal és azok minden káros hatásával.
- A *gázdugattyút* tartalmazó fegyverkonstrukcióknál minden esetben ki fognak alakulni nemkívánatos és nem elhanyagolható jelentőségű, de számítható és kontrollálható *fegyvercső-hajlítólengések* (13. ábra). Ezek megléte adottság, tervezési szinten mérlegelnünk kell, hogy a műszaki követelmények kielégíthetőek-e ezzel a konstrukcióval. A teljesség igénye nélkül és erősen leegyszerűsítve az alábbi két feladatot biztosan nem lehet gázdugattyús rendszerekkel megfelelően megvalósítani:
 - nagy tűzgyorsaságú automata fegyvert létrehozni (vö. PKM és MG 42);
 - mesterlövész-feladatokra alkalmas fegyvert elkészíteni (vö. SzVD és MSG90).
- A gépkarabélyok többsége *gázdugattyús* automatikával rendelkezik. Ezen fegyverek esetében kompenzátor alkalmazása nem javasolt, legfeljebb szimmetrikus gázkiáramlású csőszájfékek, lángrejtők, hangtompítók használata elfogadható.
- A belső ballisztikai rendszerek kifejezetten érzékenyen reagálnak a paraméterek legkisebb megváltozására is, ezért egyszerű modelleket alkalmazni nem érdemes, különös tekintettel arra, hogy a modellhibákból adódó konstrukciós hibák itt kimondottan balesetveszélyesek. A minél valóságosabb modellállításba, a fizikai folyamatok feltárásába, az egyenletek felállításába, azok leprogramozásába és a paraméterek minél pontosabb ismeretébe, de legfőképpen a mindezeken megértesébe, megismerésébe, megtanulásába fektetett munkát nem lehet megtakarítani.

Felhasznált irodalom

- CARLUCCI, Donald E. – JACOBSON, Sidney S. (2018): *Ballistics. Theory and Design of Guns and Ammunition*. Boca Raton: CRC Press.
- CHINN, George M. (1951): *The Machine Gun*. Vol. 1–5. Washington, D.C.: Government Printing Office.
- CERNÁK Gábor – STÉPÁN Gábor (2019): *Rezgéstan*. Budapest: Akadémiai.
- ÉGERT János – JEZSÓ Károly (2006): *Mechanika. Rezgéstan*. Győr: Széchenyi István Egyetem.
- Online: <http://jegyzet.sze.hu/index.php?fajl=jegyzett&tsz=gs&intz=ivi&kr=mtk&PHPSESSID=e4c6ab3656bc9b59ffbc7917d9c87299>

- KIRILLOV, Viktor Mihajlovics (1973): *Teorija i raszcset avtomaticseszkovo oruzsija*. Penza: PVAIU.
- ZALKA Károly (2015): *Mechanika II. Szilárdságtan*. Budapest: szerzői kiadás. Online: <https://docplayer.hu/16925156-Mechanika-ii-szilardsagtan.html>

A Katonai Műszaki Doktori Iskola 2022-ben ünnepelte alapításának 20. évfordulóját. Az eltelt két évtizedben végzett munkát nem a mi feladatunk dicsérni, beszéljenek inkább a számok: 571 felvett hallgató, 373 kiadott abszolutórium, 234 eredményes védés. Az itt végzett hallgatók ma már a Magyar Honvédség, az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság és az Országos Vízügyi Főigazgatóság szakembereiként töltenek be felelős beosztásokat.

Szolgáltató Iskolaként igyekszünk működni, minden elvszerű segítséget megadva hallgatóinknak. A körülmények változnak, a szabályzók módosulnak, de ebből a szemléletből nem engedünk. E szolgáltató szemléletbe tartozik az is, hogy a rendelkezésünkre álló források egy részéből hallgatóink publikációs tevékenységét támogatjuk. A jubileumi kötetben 20 hallgatónk kapott lehetőséget, hogy számot adjon kutatási munkájának pillanatnyi állapotáról. Biztosak vagyunk abban, hogy az olvasó talál a szerteágazó kutatási témák között olyat, amely újdonságot jelent számára.



9 786156 598370