



MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

Kiemelt közlemények

DÉNES Kálmán – Kovács Zoltán: *A klímaváltozás hatásai a vízgazdálkodásra*

LUKÁCS László:
Petárdák a várostromokban

BALLA Tibor – PADÁNYI József:
Műszaki kiválóságok: Schmoll Endre

31. évf. (2021)
1. szám

ISSN 2063-4986 (elektronikus)



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Műszaki Katonai Közlöny

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

ISSN 2063-4986

Szerkesztőbizottság elnöke

Padányi József

Szerkesztőbizottság

Árpád Lőrincz

Hanka László

Hornycsek Júlia

Horváth Tibor

Kovács Tibor

Kovács Zoltán

Kuti Rajmund

Nagy Rudolf

Pavel Manas

Tóth Rudolf

Főszerkesztő

Kovács Zoltán

Szerkesztőség címe

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar,
Művelési Támogató Tanszék

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

Levelezési cím: 1581 Budapest, Pf. 15.

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

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

Kiadó

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Ludovika Egyetemi Kiadó Iroda

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

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

A kiadásért felel: Koltay András rektor

Olvasószerkesztők: Resofszki Ágnes, Orbán Áron, Tar Krisztina

Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla



Tartalom

Lukács László Petárdák a várostromokban	5
Balla Tibor – Padányi József Műszaki kiválóságok: Schmoll Endre	33
Dénes Kálmán – Kovács Zoltán A klímaváltozás hatásai a vízgazdálkodásra	41
Ember István – Szilágyi-Kiss Hajnalka Drónok a Közel-Keleten	51
Olajosné Lakatos Boglárka Környezetbiztonság – Éghajlati adaptáció vízmegtartással	61
Andrea Majlingová – Pántya Péter Aktuális nemzetközi kockázatkezelések a veszélyesáru-szállítások során	81
Zoltán Antal Basic Risk Assessment of Nuclear Power Plants	95
Jusztin Karina Zelma – Vég Róbert László A rezgésdiagnosztika alkalmazása a Magyar Honvédség technikai kiszolgálása és járműjavítása során – 1. rész.	109
Tóth Péter László – Pántya Péter Építészeti tűzvédelem, a nyílászárók és beépítésük hatása a homlokzati tűzterjedésre	121

Lukács László¹

Petárdák a várostromokban

Petards in Fortress Sieges

A petárdákról általában a tűzijátékok pirotechnikai eszközei jutnak eszünkbe. Kevésbé ismert, hogy a 15–16. századokban ugyanezen a néven léteztek várostromoknál alkalmazott robbanószerkezetek is. A tanulmányban röviden áttekintjük a petárda meghatározásának változásait az elmúlt mintegy 150 év során. Röviden összefoglaljuk a várostromok és az ezek során alkalmazott aknaharc fejlődését. Bemutatjuk a petárdák típusait, azok főbb technikai és szerkezeti jellemzőit. Az utolsó részben két 16. századi magyar példát ismertetünk a petárdák várak elleni támadás során történt eredményes alkalmazásáról.

Kulcsszavak: petárda, várak, várostrom, akna, ellenakna, aknaharc

Petards usually remind us of pyro-technical tools of fireworks. It is less known that in the 15th and 16th centuries explosive devices used in fortress sieges were called by the same name. This paper gives a short review of the evolution of the definition of petards during the past 150 years, gives summary of development of the fortress sieges and of those mines that were applied during these assaults. The main types of petards and their technical, structural characteristics are also introduced in this study. The last chapter describes two Hungarian examples from the 16th century when petards were effectively used in attacks against fortresses.

Keywords: petard, fortress, fortress siege, mine, countermine, military mining

1. Bevezetés

Petárda – első hallásra mindenkinek az újévet köszöntő multságok (azóta betiltott) apró robbanószerkezetei jutnak az eszébe róla. A Kínában Kr. u. 700 körül felfedezett salétromból, kénből és faszénből előállított feketelőpor első alkalmazása, valóban az ünnepeket még

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, a hadtudomány kandidátusa, egyetemi tanár, e-mail: lukacs.laszlo@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8569-5013>

látványosabbá tevő tűzijátékok készítésére korlátozódott. További 300 évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy a Szung birodalom hadserege a mongol támadók ellen mint fegyvert is alkalmazza, „kézi ágyúk” formájában. Ettől kezdve – bár látványelemként történő felhasználása is megmaradt – sokkal véresebb helyet foglalt el ez az anyag a történelmünkben.² A feketelőporral töltött petárdával a középkorban a várostromok egyik hatásos fegyvereként találkozunk. Írásunkban ezzel a petárdával foglalkozunk részletesebben, bemutatva szerkezetét és egyes csatákban történt alkalmazását.

2. A petárda fogalmának meghatározása hazai lexikonok forrásai alapján 1870–2019

A petárda fogalmával az 1870-ben megjelent *A magyar nyelv szótára* kiadványban találkozunk, mint: „kúpforma lőszer falak és kapuk bezúzására”.³

Az 1883-as *Magyar lexikon* már részletesebb leírást ad róla, és a francia „petarde” szóból eredezteti. „Kis mozsáralakú kemény papír vagy fémdoboz, mely gyújtólyukkal van ellátva s puskaporral megtöltve, s robbantásokra használtatott régebben úgy, hogy a p.-át egy madrill-deszkára erősítve, valamely falra vagy kapura függesztették fel, s a gyújtólyukban levő kanócczinórt meggyújtották, mely aztán több kevesebb idő múlva felrobbant és lerombolta a tárgyat, a mire függesztve volt.”⁴

A *Magyar nyelvtörténeti szótár* (1891) két várostromban történt petárdahasználatot említ: „A város meg-vétegetik, a kapukat petárdával, fa ágyúval bétörvén (Com: Orb. 295.)”⁵ és a későbbiekben, a tanulmányban is bemutatandó 1598-as győri várostromra utalva: „A fa ágyúval, kettő petárdának hínak, Győrnek a kapuját bé lövék (Pethő: Krón. 188)”^{6,7}

A Pallas nagylexikon (1896) már konkrét adatokkal is szolgál a petárdáról: „[É]rcmozsár, mely magas kalaphoz hasonló alakú, mélysége körülbelül 7 hüvelyk, torkának átmérője 5 hüvelyk.⁸ Gyújtólyuka a fenekén van, hogy a töltést kényelmesen lehessen meggyújtani. A P.-t a kapu, palánk vagy falhoz akasztották, hogy szétrobbanásával rést üssön rajtuk. A P. francia találmány, legelőször Franciaországban alkalmazták. IV. Henrik navarrai király P. segítségével vette be 1579-ben Cahorst, a francia király várát.” Ugyanakkor a nagylexikon megadja a mai értelemben vett petárda meghatározását is: „[K]emény papírcsőbe rakott töltés, amelyet tűzijátéknál használnak.”⁹

² A lőporról bővebben lásd: Lukács László: *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányai és a kor új kihívásaira*. Budapest, Dialóg Campus, 2017. 29–33.

³ Czuczor Gergely – Fogarasi János: *A magyar nyelv szótára*. V. kötet, Pest, Atheaneum, 1870. 195.

⁴ *Magyar lexikon*. XIII. kötet, Budapest, Wilckens és Waidl, 1883. 539.

⁵ Hivatkozik: Amos Comenius: *Orbissensualium pictus trilingvis*. 2. kiad. Lőcse, 1685.

⁶ Hivatkozik: Pethő Gergely: *Magyar krónika*. Bécs, 1660.

⁷ *Magyar nyelvtörténeti szótár*. Második kötet, Budapest, Hornyánszky Viktor Akadémiai Könyvkereskedése, 1891. 1282.

⁸ 17,78, illetve 12,7 cm.

⁹ *A Pallas nagy lexikona*. XIII. kötet, Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1896. 986.

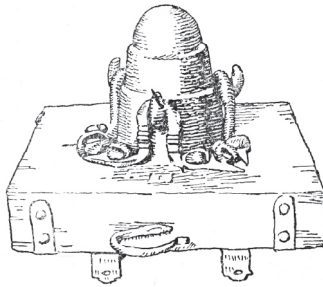
Az 1912-es *Franklin kézi lexikona* nem szentel sok figyelmet a petárdára: „[L]őporral töltött fémedény, melyet azelőtt kapuk, falak felrobbantására és jeladásra használtak.”¹⁰ A jeladásnál feltehetően a papírcsőbe préselt tűzijátékeszközre utaltak.

A *Révai nagy lexikon* érdekes módon, a *Pallas nagylexikon*ban megadott két fogalmat ismétlő szó szerint.¹¹

Tolnai új világlexikona (1929) a *Pallas nagylexikon*ban közöltek kissé átfogalmazott meghatározását és egy konkrét történelmi alkalmazást említi: „[M]agas kalaphoz hasonló ércmozsár, amelyet a kapuhoz, palánkhoz v. falhoz erősítenek, hogy felrobbantásával rést üssön. Ezzel döntötték be 1598. a törököktől megszállt Győr várának kapuját is. Ma már a nagyhatású ágyúk és mozsarak fölöslegessé tették.”¹²

A Dormándi–Juhász szerkesztette *Új lexikon* (1936) a következőképpen fogalmaz: „[K]özép-korban használatos várostromló harceszköz, lőporral töltött mozsárszerű berendezés. Várkapuk és palánkok lerombolására és bedöntésére volt használatos.”¹³

Az 1941-es *Új idők lexikona* a rövid, de frappáns meghatározás mellett, egy rajzot is bemutatott a petárdáról (1. ábra): „[R]endszerint bronzból öntött, harangalakú ostromszer, amivel az ellenséges várak kapuit robbantották szét. A P. testét lőporral töltötték meg, majd erős vastag deszkával (matril) zárták le. A deszkát a várkapura rögzítették, kanócat meggyújtották, a robbanás szétvetette a kaput. Először 1579-ben alkalmazták, és a XIX. sz.-ig használatban volt.”¹⁴



1. ábra. Petárda rajza az *Új idők lexikon*ában

Forrás: *Új idők lexikona* (1941) i. m. 5077.

1962-ben jelent meg az *Új magyar lexikon*, amelyben a *Pallas nagylexikon*ban leírt két meghatározás köszön vissza (ostromszer és tűzijátékellék).¹⁵

A *Haditechnikai kislexikon* (1971) viszont már a pirotechnikai eszközt mutatja be elsőnek. „Petárda, durrancs: erős hanghatású pirotechnikai készítmény. Hangjelzések adására, tűzijátékokban hanghatás keltésére használják. – Régebben ~nak nevezték a lőporral megtöltött

¹⁰ *Franklin kézi lexikona*. III. kötet, Budapest, Franklin Társulat, 1912. 224.

¹¹ *Révai nagy lexikon*. XV. kötet, Budapest, Révai testvérek Irodalmi Intézet Rt., 1922. 376.

¹² *Tolnai új világlexikona*. XIV. kötet, Budapest, Tolnai Nyomdai Műintézet és Kiadványallat Rt., 1929. 165.

¹³ *Új lexikon*. V. kötet, Budapest, Dante-Pantheon, 1936. 3137.

¹⁴ *Új idők lexikona*. XIX–XX. kötet, Budapest, Singer és Wolfner Irodalmi Intézet Rt., 1941. 5077.

¹⁵ *Új Magyar Lexikon*. 5. kötet, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1962. 418.

és az ostromlott vár kapujára kifüggesztett szerkezetet, amely a lőpor meggyújtásakor a várkapu felrobbantásával utat nyitott az ostromlóknak.¹⁶

A magyar nyelv történelmi-etimológiai szótára 1976-ban ugyanazokat a korabeli hivatkozásokat mutatja be a petárdáról, mint az 1891-es *Magyar nyelvtörténeti szótár*.¹⁷

Csak az érdekesség kedvéért hivatkozunk az 1988-as orosz *Katonai szakkifejezések szótára*-ra, amelyben viszont kizárólag a tűzijáték-petárda meghatározása szerepel.¹⁸

Külföldi példánál maradva: a Magyar Larousse enciklopédia szintén a pirotechnikai petárdát ismerteti elsőként, majd „robbantásra használt puska porral töltött fémedény” meghatározást közöl a várostromnál használt szerkezetre.¹⁹

Az angol fordítás alapján kiadott *Cambridge enciklopédia (Egy kötetben, amit a világról tudni kell)*, viszont egyáltalán nem tesz említést a petárdáról.²⁰

A Magyar értelmező kéziszótár a *Magyar Larousse enciklopédia* szó szerinti két meghatározását közli a témában.²¹ A megjelenés időpontjainak eltérése csak látszólagos, a francia eredeti kiadvány 10 évvel ezt megelőzően készült.

A Magyar Hadtudományi Társaság 1995-ben adta ki a nagyszerű, kétkötetes *Hadtudományi lexikont*. Az ostromeszköz petárdáról az egyik legösszefoglalóbb meghatározást olvashatjuk a műben. „Főként a réstörő ágyúk számára elérhetetlen célok rombolására használt robbanószerkezet a 16–17. sz.-ban. Szerkezete viszonylag egyszerű. Alapja egy bronzmozsár, amelynek méretét és töltetének nagyságát (0,5–100 kg) a cél minősége határozta meg. A mozsarat megtöltötték lőporral, lefojtották majd láncokkal, kötelekkel és csavarokkal egy nagyméretű, vasalt deszkalapra rögzítették. A ~t, többnyire az éj leple alatt, a kiválasztott célpontra akasztották, és a mozsár aljába fűrt lyukból kivezetett kanóc segítségével felrobbantották. A ~t elsősorban a rajtaütéssel megtámadott erődítmények kapujának berobbanására, védművek, rohamakadályok, karózatok megsemmisítésére használták. Egyik leghatásosabb alkalmazása Magyaró.-on történt, a tizenöt éves háború során. 1598. márc. 29-én hajnalban a császári és magyar csapatok ~val beszakították Győr kapuját, majd betörve a vár területére, a meglepett törököket rövid küzdelem után megadásra kényszerítették.”²² A szócikk végén a petárda angol, francia, német olasz és orosz fordítását is megadták: petard, pétarde, die Petarde, petardo, петарда.

A fentiek tükrében meglepő, hogy a *Hadtudományi lexikon* 2019-ben megjelent új kötetében már nem szerepel ez a címszó, ugyanakkor egyéb szócikkek esetében (például a kumulatív töltet), mindkét anyagban találunk leírást.²³

Ugyanígy hiába keressük a petárda mint robbanószerkezet vagy pirotechnikai eszköz fogalmát a 19 kötetes *Magyar nagylexikonban* is. A 14. kötetben csak Petárda nevű horvátországi településről olvashatunk információkat (*Baranjsko Petrovo Selo*).²⁴

¹⁶ *Haditechnikai kislexikon*. Budapest, Zrínyi, 1971. 201.

¹⁷ *A magyar nyelv történelmi-etimológiai szótára*. 3. kötet, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1976. 175.

¹⁸ *Szlovar vojennih terminov* (Katonai szakkifejezések szótára). Moszkva, Voennoje Izdatyelsztvo, 1988. 205.

¹⁹ *Magyar Larousse enciklopédia*. III. kötet, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1994. 305.

²⁰ David Crystal (szerk.): *Cambridge enciklopédia – Egy kötetben, amit a világról tudni kell*. Budapest, Maecenas, 1992.

²¹ *Magyar értelmező kéziszótár L–Zs*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1989. 1102.

²² Szabó József (szerk.): *Hadtudományi lexikon*. M–Zs, Budapest, Magyar Hadtudományi Társaság, 1995. 1076–1077.

²³ Krajnc Zoltán (szerk.): *Hadtudományi lexikon – új kötet*. Budapest, Dialóg Campus, 2019.

²⁴ *Magyar nagylexikon*. 14. kötet, Budapest, Magyar Nagylexikon Kiadó, 2002. 723.

3. Várak, várostromok

A fenti anyagokban mindenhol mint a várostromoknál alkalmazott robbanószerkezetet írják le a petárdát. Ezért a következőkben rövid összefoglalását adjuk a várépítészet és ezzel összefüggésben az ostromtechnika fejlődésének, egyben az okát is keresve a petárdák megjelenésének.

3.1. Várépítészet és aknaharc az ókortól a 16. századig

A Közel-Kelet folyóvölgyeiben (Tigris, Eufrátesz) az ókorban létrejött gazdag és civilizált városállamok (Jerikó, Babilon) értékeik védelmére magas fallal vették körül magukat. Jerikót körülbelül 7 méter magas és 4 méter vastag fal védte. Hogy megakadályozzák az ellenség mozgatható rohambástyáinak eljuttatását a falakhoz, 9 méter széles, 3 méter mély vizesárkot is készítettek. Később a falak méretei tovább növekedtek: II. Nebuchadnezzar (Nabukodonozor) uralkodása alatt (Kr.e. 600 körül), Babilon falainak vastagsága elérte a 26 métert.²⁵

Az ilyen méretű falak ellen hatástalanok voltak a föníciaiak által feltalált kőhajító gépek, ezért az ostromlók számára nem maradt más választás, mint az árkok feltöltése és olyan töltések építése a vár mellett, amelyről az ostrombástyák már a várfal fölé emelkedhettek. A védők ezt a munkát próbálták föld alatti alagutak ásásával lehetetlenné tenni. Először az árok betemetését próbálták megakadályozni azáltal, hogy a beszórt fatörzseket, kővel teli edényeket, kosarakat eltávolították. Később, még békeidőben építettek a falakon kívülre nagy méretű föld alatti járatokat, amelyeket gerendaácsolattal védtek a beomlástól. Ha aztán a hadihelyzet úgy hozta, a fát meggyújtották, ezáltal beomlasztva az alagutat. Ezek voltak az első védelmi célú aknák.

Ebben az esetben természetesen nem a mai katonai értelemben vett szárazföldi vagy vízi (folyami vagy tengeri) aknákról van szó. Az akna szó első jelentése a föld alá valamilyen ásvány, érc stb. kinyerése céljából mélyített járat. Már a bronzkori ember is készített aknákat, amikor az ón- és rézteléreket a földfelszíni lelőhelyek kimerülése után követte a föld alá. Az időszámítás előtt mintegy 7000 évvel művelt föld alatti rézbányát találtak az akkori Anatólia (ma Törökország) területén, de az ókori egyiptomiak is bányásztak vörösréz és türkizt Kr. e. 3400 körül a Sínai-félszigeten, a hettiták pedig vasércet Kr. e. 1900–1400 között. A megtámadott települést védők a bányászatban jártas szakemberekkel végeztették el a falak alatti járatok készítését a külső árkokig, innen ered az akna, aknaharc kifejezés meghonosodása a katonai szakterminológiában is.

A katonai célú föld alatti aknák újabb változatainál már a támadók készítettek járatokat az ostromlott vár falai alatt abból a célból, hogy szakaszosan leomlasszák azokat. A keletkező réseken beözönlő gyalogság már eséllyel vette fel a harcot az esetek többségében lényegesen kisebb erőt képviselő védőkkel.²⁶

Mai ismereteink szerint, Kr. e. 850 körül az asszírok alkalmazták először szervezetszerű „műszaki csapatokat”, II. Assur-nászir-apli uralkodása alatt. Ezek a speciális elit csapatok segítettek

²⁵ William C. Schneck: The Origins of Military Mines Part 1. *The Engineer*, 28. (1998), PB-5-98-3. 44.

²⁶ J. G. Veremejev: *Isztorija zarozsgyenyija i razvitija minnovo oruzsija* (Az aknafegyver kialakulásának és fejlődésének története) 1. rész. é. n.

az ostromok alatt, de rendelkeztek pontonhidakkal is. Utakat építve a csapatok mozgását támogatták. Ők voltak az első katonák, akik különféle vasból készült utászszerszámokkal voltak felszerelve, és ugyancsak ők voltak az elsők, akik támadó céllal készítették föld alatti aknákat.²⁷

Ezek a tapasztalatok nem merültek feledésbe később sem, és ilyen támadó föld alatti aknáknak segítségével foglalta el például Nagy Sándor (mérnöke, Diadész hathatós közreműködésével) Halikarnassoszt Kr. e. 334-ben, valamint Gázát Kr. e. 332-ben. Ugyancsak ezt a módszert alkalmazta sikeresen Julius Caesar hadmérnöke, Marcus Vitruvius Mamurra is Kr. e. 49-ben Massilia (a mai Marseilles) bevételekor. Az aknászok korabeli teljesítményének nagyságát akkor tudjuk igazán értékelni, ha figyelembe vesszük azt a ténytet, hogy még néhány évvel ezelőtt is, egy 500–600 méteres föld alatti vágat hajtásánál a 2–4 méteres eltérés jó eredménynek számított.²⁸

Thuküdidész (Kr. e. 460–400) az első olyan történetíró, akitől a városok védelméről és az ostromok végrehajtásának részleteiről is információkat olvashatunk. Plataiai város Kr. e. 431-ben zajló ostromáról az alábbiakat írta. „Máskor a föld alatt ásott aknákkal, vagyis alagutakkal operáltak a szembenálló felek. A városvédők az erődítmények mögött leástak a földbe, majd hosszú alagutat vájva a kívül összehordott ostromsánc alá jutottak. Azután alulról kiásták az azt alkotó földet és behordták a városba. Előfordult, hogy ezt éjszaka hajtották végre, és az ostromlók reggelre ébredve, meglepődve észlelték, sáncuk egyszerűen eltűnt. A támadók ugyancsak ástak alagutat. Észrevétlenül a városfal alá vezették a földalatti járatot, és ahol a falak alatt árkot vájtak, a falrészt alágerendázták. Roham előtt azután a fadúccokat felgyújtották, azok elégték, és a falak támasztók nélkül maradva természetesen beomlottak. Az így támadt résen át azután be lehetett hatolni az erődbe.”²⁹

A következőkben Winkler Gusztávnak a témában íródott könyve alapján tekintjük át röviden az erődök és az ellenük való harc fejlődését.³⁰

Aineiasz Taktikosz (Aeneas Taeticus – Kr. e. 4. század) *Taktika* című művének Poliokrétika című fejezetében részletesen foglalkozott a városok védelmi létesítményeivel és az ostromok eszközeivel. Kitért az aknaharc fontosságára akár a kitörések előkészítésénél, akár az ostromtoronyok elleni harcnál (ő is ezeket tekintette a legfontosabb eszközöknek a városok elfoglalásához).

A görög–makedón terjeszkedés nagy hatással volt az erődépítészetre úgy a Közel-Keleten, mint a görög szárazföldön, lehetőséget adva a hadmérnökök elképzeléseinek megvalósítására. Az ostrommódszerek fejlődése olyan újításokat hozott ezen a téren, amelyek később egy időre feledésbe merültek, és még a kora-középkorban is ismeretlenek voltak, úgymint:

- az alapokat a szilárd kőzetig lemélyítették az aknaharc ellen;
- a falak magasságát csak az ostromlétrák által elérhető magasságig emelték, viszont megnövelték a falvastagságot, akár 4 méterre (a szirakúzai Eurialos erődrendszerénél a falak hossza körülbelül 30 km volt, és néhol elérte a 6 méteres vastagságot);
- a falak előtt árkokat építettek (akár 20–30 méter szélesek és 4–5 méter mélyek), amelyeket föld alatti folyosókkal kötöttek össze.

²⁷ Schneck (1998) i. m. 45.

²⁸ Bővebben lásd: Lukács László: Kis akna-történelem. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6. (2002), 3. 15–57.

²⁹ Kertész István: A klasszikus ókor hadtudománya. *Honvédségi Szemle*, (1992), 9. 9.

³⁰ Winkler Gusztáv: *Erődvárosok, városerődítések*. Budapest, Műegyetemi Kiadó, 2007.

Philón (Kr. e 290–230 körül) *Mechanika* című művében összegezte a kor legfejlettebb erődítési technikáit, rögzítve az egyes elemek méreteit (például árkok, sáncok szélességét, mélységét, föld alatti összeköttetésüket egymással és a várral).

A Kr. e. 4. századtól az ostromeszközök (hajítógépek, ostromtornyok, faltörő kosok) fejlődése mellett, a harctér ostromra történő tervszerű előkészítése volt az a másik terület, amelyen jelentős előrelépés történt, ezen belül:

- fejlődött a műszaki csapatok eszközkészlete, tapasztalata, valamint az új tudományos eredmények is hatottak az ostromeljárások fejlődésére;
- az ostromeszközök megfelelő helyre történő eljuttatásához tereprendezést hajtottak végre, beleértve az árkok feltöltését úgy, hogy a betemetett rész elbírja azok tömegét;
- falakat aknákkal rombolták, összehangolva ezt a tervezett rohamok időpontjával;
- az előkészítésre fordított idő több hónap, akár fél év is lehetett;
- az aknákat bányászati módszerekkel építették, azok falazatát megerősítve – de ez nem lehetett túl erős, mert akkor nem lehetett gyorsan felgyújtani azokat; a megfelelő égéshez a szellőzést is biztosítani kellett.

Az időszak egyik jellemző ostroma Jeruzsálem elfoglalása volt Kr. u. 70-ben. A zsidó felkelés leverésére Vespasianus császár a fiát, Titust küldte el mintegy 10 légióval. Jeruzsálemet 25 ezer ember védte. A rómaiak 7 km hosszú zárófal építésével (sánc, előtte mély árok, a sánc tetején fa mellvéd) ostromzár alá vették az erődítményt (ehhez a város körüli erdőket 15 km-es körzetben le kellett tarolniuk). Az ostromtornyok részére kéthetes munkával földből rámpákat emeltek, a védők azonban fával aládúcolt alagutat ástak a rámpa alá, majd a fát felgyújtva az alagút beomlott, tönkretéve a felette lévő építményt is. A római csapatok ezzel szemben támadóaknát ástak hasonló módszerrel a falak alá, amelyek ácsolatának felgyújtását összehangolták a város kapui elleni támadással. A beomló falszakaszokon és a felgyújtott kapukon egyszerre behatoló támadók végül hosszú, véres utcai harcok után foglalták el a várost.

A városerődítések középkori csúcspontja a Kr. u. 1100–1350 közötti időszakra tehető. Az egyre magasabbra épített falak (értelemszerűen) egyre vékonyabbá is váltak, előttük pedig mély árkok készültek. Így próbálták meg hatástalanítani az ostromtechnikában alkalmazott hajítófegyvereket, létrákat, ostromtornyokat és faltörő kosokat. Az ostrommódszerek viszont újrahasznosították a feledésbe merült ókori ismereteket, amelyek szerint:

- az ostrom nem a falak megrohanásának története, hanem hosszas gondos előkészítés után a hadigépekkel kell az esetleges ostromot előkészíteni;
- a harci eszközök pusztító hatása megnövekszik, tehát a rohamnak egyre ritkábban szabad kitenni a katonákat;
- az ostromok egyik közvetlen fő célja a falak lerombolása;
- a rohamok előkészítésére a hajítófegyverek széles skáláját kell alkalmazni;
- bányászati eszközökkel alagutat ásnak a falak alá, majd a támasztó gerendázatot felgyújtják (ez esély lehet arra, hogy a berogyó föld magával rántja a fal egy darabját is);
- a fő eszköz továbbra is az ostromtorony maradt.

A tüzéség megjelenése után (1350–1500) a városerődítések terén is újabb jelentős fejlődés figyelhető meg. A falak vastagodtak, a magasságuk viszont csökkent, és elkezdtek földtöltéseket is építeni a belső oldalukon, a becsapódó ágyúgolyók faltörő hatását csökkentendő. A vastagabb (és töltésekkel megtámasztott) falak ellenállóbbak lettek a becsapódás rezgéseivel, de az aknákkal szemben is. Ahogy a 15. század második felében a tüzéség alkalmazása uralkodóvá vált az ostromok során, megkezdődött a védelmi létesítmények lábuzatának fokozatos védelme, vastagítása és az árkok tervezett, védelembe tagolt alkalmazása. Egyre gyakoribb lett a szárazárkok építése, amelyek ellenlejtőjét is kővel borították, ezáltal is nehezítve az ellenség lejutását ezen, továbbá annak rombolását. Az 1400-as évekre a városok megostromlása hosszadalmas, lassú műveletté változott. A várvédő tűzeszközök megjelenése gyakorlatilag lehetetlenné tette az ostromtornyok bevetését. A korábbi ostrommódszerekből maradt a várfalak aláaknázása, de azokat már nem a fadúcolat elégetésével, hanem puskaportöltetek felrobbantásával omlasztották le. Emiatt a következő évszázadokban megnőtt az aknaharc és -elhárítás szerepe a várostromok során.³¹

A következőkben két olyan ostromot idézünk fel példaként a történelemből, ahol az aknaharcnak is fontos szerepe volt.

3.2. Konstantinápoly ostroma – 1453

1453-ban Mehmed szultán Konstantinápoly ostromára indult. Az ott történt eseményekről az alábbiakat olvashatjuk Roger Crowley korabeli dokumentumokon alapuló könyvében.³²

Április elején Mehmed szultán a nehéz ostromágyúk érkezéséig az „oszmán ostrom egy másik műveletsorát erőltette. Földsáncok mögötti rejtett bunkerekben az árkászok óvatos aknaásásba fogtak a középső szakasznál. Tervük az volt, hogy alagúttal jutnak el a 250 méterre lévő falakig, melyeket aztán alulról omlasztanak le. Parancsot kaptak arra is, hogy az alkalmas pontokon kezdjék feltölteni a nagy várárkot, köveket hordván és fát, földet és tömérdek egyet-mást halmozván össze arra a napra, amelyen összehangolt támadás indul a falak ellen.”³³

Április közepére folyamatossá vált a falak ágyúzása. Ezzel egy időben folytatódott az elkéseredett harc a várárok birtoklásáért is. Nappal az oszmán csapatok megpróbálták ezt feltölteni a kézre eső legkülönbözőbb anyagokkal: fedező sortüzek védelme mellett földet, fát, törmelékét – sőt egyes beszámolók szerint – a saját sátraikat is a senki földjére hordták, és az árkokba borították. Éjjel a védők ellentámadásokat indítottak a kitorési kapukból, hogy újra megtisztítsák a várárkot és helyreállítsák annak eredeti mélységét.³⁴

Május derekára Mehmed a végsőkig feszítette a város védelmét, de az még mindig nem tört meg. Hadserege és hajóhada erőforrásait a szultán maximálisan kihasználta a középkori ostromháborúk három kulcselemére: a falak elleni rohamokra, az ágyúzásra és blokádra. Egy klasszikus módszer viszont eddig jórészt kipróbálatlan maradt: az aknaásás. A szerbiai oszmán csatlós államban feküdt az ezüstbányái gazdagságáról Európa-szerte híres Novo Brdo. A hadjá-

³¹ Winkler (2007) i. m.

³² Roger Crowley: *1453 – Konstantinápoly utolsó nagy ostroma*. Budapest, Park, 2005.

³³ Crowley (2005) i. m. 142.

³⁴ Crowley (2005) i. m. 152.

ratra szlávokat is besoroztak katonának, köztük egy csapat szakképzett vájárt a bányavárosból, valószínűleg szász bevándorlókat, akik „mesterien ástak és vájtak szét hegyeket, kiknek számai alatt a márvány viasz, a fekete hegyek pedig porhalmok vala”.³⁵ Bár munkaigényes volt, az aknaásás az egyik leghatékonyabb eljárásnak számított a falak lerombolására, és a muszlim seregek több száz éve sikeresen alkalmazták. A 12. század végére Szaladin utódjai rutinszerűen foglaltak el nagy keresztves várakat 6 hét alatt, a lövés és az aknaásás társításával.³⁶

Május közepén a szász ezüsbányászok cölöpfalak és földfedezékek takarásában ázni kezdtek az oszmán ároktól a falig terjedő 250 méteren. Nagy hozzáértést kívánó, lidéresen bonyolult és kimerítő munka volt. Füstölgő fáklyák fénye mellett a bányászok szűk föld alatti alagutakat vájtak, és ezeket előrehaladás közben faácsolattal dúcolták alá. A várost korábban ostromlók sikertelenül próbálkoztak ezzel a módszerrel, így a védők abban a hitben éltek, hogy a kemény sziklák miatt legalább ettől a fenyegetéstől nem kell tartaniuk. Május 16-án aztán rádöbbenek, hogy ez a nézet hamis. A várfalon őrködők meghallották a csákányok csengését a falakon belüli földszakasználól.

A védők, az eredetileg skót hivatásos katonát és hadmérnököt, Johannes Grantot bízták meg az aknaharc irányításával. Ellenaknát ástak, majd a fadúccokat felgyújtva az aknászokra omlasztották az alagutakat. A további aknamunkák felderítésére Grant vízzel teli tálakat és vödöröket helyeztetett el szabályos térközönként a falak mellett a földön, és figyelő szolgálatot szervezett. Május 21-én újabb alagutakat fedeztek fel, amelyet továbbra is azzal a céllal ástak az ostromlók, hogy a fal alatt juttassanak csapatokat a várba. A védők egy újabb ellenaknával ezt is megsemmisítették. Május 22-én újabb két aknatámadást kellett megghiúsítaniuk.

A szász bányászok azonban fáradhatatlanok voltak. Egy nap sem telt el újabb próbálkozás nélkül. Jacobo Tetaldi, egy firenzei kereskedő azt írta: „[A] keresztények ellenaknát ástak, hallgatóztak és betájolták őket [...] Füsttel vagy olykor ártalmas és bűzös léggel megfojtották a törököket az alagútjaikban. Egyes helyeken vízáraddal fullasztották meg őket és gyakran kényszerültek kézitusára.”³⁷

Május 23-án egy újabb aknatámadást fedeztek fel a védők, és az ellenaknával behatolva az alagútba görögtűzzel beomlasztották a mennyezetet, betemetve az aknászokat. Két tisztjüket elfogva és kivallatva megtudták az összes többi munkálat helyét is. Másnap az ezüsbányászok taktikát váltottak. Eddig egyenes vonalban elhaladtak a fal alatt, hogy bejáratot teremtsenek a városba, most a falat elérve elfordultak, és az alatt ástak tovább tíz lépés hosszan. Az alagutakat támfákkal kidúcolták, és felkészültek a felgyújtására, hogy így omlasztják be az adott falszakaszt. A munkát csak az utolsó pillanatban fedezték fel: a behatolókat elűzték, a falat téglával alulról újraalapozták.

Május 25-én egy utolsó kísérlet történt ennek a műveletnek a megismétlésére. Az aknászoknak megint sikerült egy hosszú falszakaszt alátámasztani a felgyújtáshoz, mielőtt tetten érték és visszaverték őket. A védők szemében ez volt a legveszélyesebb az eddig talált összes alagút közül, és földfedezése az aknaháború végét jelezte. A szász bányászok szakadatlanul dolgoztak

³⁵ Crowley (2005) i. m. idézi Agostino Pertusi: *La Caduta di Costantinopoli*. Milánó, 1976. 2. kötet. 262.

³⁶ Crowley (2005) i. m. 209.

³⁷ Crowley (2005) i. m. 209. idézi J. R. Melville Jones: *The Siege of Constantinople 1453: Seven Contemporary Accounts*. Amszterdam, 1972. I.M.5.

tíz napon át. 14 alagutat építettek, de Grant valamennyit elpusztította. Mehmed belátta ostromtornyai és aknáinak kudarcát – és tovább ágyúztatott.³⁸

1453. május 29-én, ötvennapos hősies ellenállás után esett el a város.

3.3. Rodosz elfoglalása – 1522

Crowley egy másik művében Rodosz 1522-es elfoglalásáról tudósít.³⁹

Rodosz szigete gát volt, amely az oszmánok földközi-tengeri előretörésének útjában volt. A johannita Szent János lovagrend által védett erődítményt több török szultán (II. Mehmed, Szelim) is sikertelenül próbálta elfoglalni. Végül is Szulejmán, Nándorfehérvár 1521-es elfoglalása után, szeptember 10-én kelt levelében már megfenyegette Rodosz nagymesterét, Philippe de L'Isle-Adamot, felszólítva, hogy adja fel a szigetet és annak erődjét. II. Mehmed 1480-as támadását követően, olasz hadmérnökök munkájának eredményeként „Rodosz 1522-ben nem csupán a világ legjobban védett települése volt, de egyszersmind a várostrom kísérleti terepe is”.⁴⁰ Ugyanakkor „a világ egyetlen serege sem vehette fel a versenyt az oszmánokkal az ostromlás művészetében. Legfőbb bizalmukat [...] nem is annyira az ostromműszereikbe helyezték, hanem a föld alatti szerkezetekbe, azaz a robbanó aknába. E célból a [...] partra kiszállított legénység jó része mindössze ásóval és lapáttal volt felszerelve. Korábban Szulejmán elrendelte, hogy kutassák át a balkáni tartományokat tapasztalt aknászokért (ezek többnyire keresztények voltak), a földalatti alagutak kivitelezésére. A jócskán felduzzasztott becslés szerint hatvanezren voltak – az egész sereg harmada. Keserves munkával, centiméterről centiméterre ásták ki az útjukat a ravaszul tervezett olasz bástyák alatt. [...] A szerencsétlen árkászokat, akik a nyílt terepen ástak, halomra lőtték.”⁴¹

Az erődítmény korábbi megerősítésében és a védelem szervezésében kiemelkedő jelentősége volt a kor egyik legjobb hadmérnökének, Gabriele Tadinónak. „Ahogy az aknászok alagútjai közelítettek a falak felé, ötletes jelzőeszközt készített: bőrhártyát feszített fakeretre, melyen csengettyűk csüngtek. A műszer elég érzékeny volt, hogy a legcsekélyebb föld alatti rezgésre is megszólaltak a »vészcsengők«. Ellenaknákat ásatott, hogy átvágják az ellenségéit, és a behatolókat az éj leple alatt levadászák. Az árkászokat lőporral repítette a levegőbe fedett aknáikból. [...] Ha egy-egy alagút mégis elkerülte volna a figyelmüket, csigavonalú furatokat vágatott a falak alapzatába, hogy szórtabbá tegye a robbanószerkezetek hatását. [...] Hiába talált meg és semlegesített szeptember elejére Tadino közel ötven alagutat, negyedikén a várost megrázkódtatta egy robbanás az angol bástyánál. A törököknek sikerült egy fel nem fedezett alagútban robbantaniuk, és kis híján tíz méteres lyukat ütöttek a falon. [...] Az elkövetkező napokban a vérontás egyre hevesebb lett. Aknák robbantak, többnyire kevés kárt okozva, köszönhetően a Tadino-féle furatok rendszerének.”⁴²

³⁸ Crowley (2005) i. m. 211–214.

³⁹ Roger Crowley: *Tengeri birodalmak – A kereszténység és az iszlám harca a Földközi tenger feletti uralomért (1521–1580)*. Budapest, Park, 2008.

⁴⁰ Crowley (2008) i. m. 28.

⁴¹ Crowley (2008) i. m. 30.

⁴² Crowley (2008) i. m. 32–33.

A védők hősi ellenállását végül is kisleiteik véges volta törte meg. „Nem volt már lőporunk, sem egyéb lőszerünk, sem élelmiszerünk, kivéve [...] a kenyeret és a vizet. Kétségbeesítő helyzetben voltunk.” – írta Sir Nicholas Roberts, egy angol lovag.⁴³

A december 20-án aláírt békeszerződést követően, az életben maradt védők (180 fő) 1523 első napján hagyták el a szigetet.

A fenti példákban bemutatott két ostrom sikere nem a véletlen műve volt. A 15–16. századokban a törököké volt a térség talán legjobban szervezett és vezetett hadereje. Ahogy Generál Tibor fogalmaz tanulmányában: „[A]z oszmánok – birodalomteremtő hódításaik érdekében – felfigyeltek a kor összes haditechnikai újonságaira és gyorsan elsajátítottak mindent, amit az egyetemes hadművészet produkált (tűzfegyverek gyártása, szállítása, alkalmazása, aknaharc, várvívás és -építés, flotta szervezése, kalóztaktika, kiképzés, kémkedés, hírközlés stb.).”⁴⁴ A szervezetszerű nehéz és könnyű lovasság, valamint a talán legismertebb janicsár gyalogság mellett műszaki erővel is rendelkeztek: műszellemelek (utászok), jáják (utászok, árkászok), aknászok (lagumdzsik).⁴⁵ A műszaki szolgálatot a „gránátos, vagy bombardir khúmbaradzsik (petárdások) és az aknász lagumdzsik látták el, illetve a hozzájuk vezényelt segéderőket, bányászokat ők irányították. Mindkét rend az előírt napokon köteles volt geometriát (műhendisz) tanulni. A khúmbaradzsik Boszniából származtak és 3, egyenként 100 főből álló alajt képeztek. Hadban minden bombatartályt (üstöt) 1 adjunktus, 9 segéd és 5 aspiráns szolgált ki. A rézsútos, ollós, tömlős és tolózáras bombákat dobták (katapultálták), ágyúból lötték, vagy kámpóval akasztották (pl. várkapukra). A lagumdzsik két alajt képeztek. Az egyikhez tartozó mesterek az aknák és ellenaknák fúrását, tömését és robbantását irányították. A másik rend a hadi és tábori műszaki berendezések építésével foglalkozott. Képzésüket és gyakorlataikat a bombardirokkal együtt folytatták.”⁴⁶

A várak fent bemutatott ostromához nagy létszámú, megfelelően erős fegyverzetű és jól szervezett hadsereg volt szükség. Még így is csak hosszú, akár többhetes küzdelem révén tudták kivívni a sikert, vagy akár (mint pl. Eger várának 1552-es ostromakor) a komoly véráldozatok és anyagi veszteségek után a támadók vonultak vissza. Ugyanakkor abban az időben nem egyszer árulás révén is foglaltak el várakat (lefizették a védőket, akik feladták a várat, vagy egy áruló által kinyitott kapun vagy titkos föld alatti bejáraton keresztül jutottak be a támadók). A másik módszer olyan szerkezetek alkalmazása volt, amelyekkel nem a vastag falakat, hanem az erőd legsebezhetőbb pontját (pontjait), a kapukat támadták. Ezek voltak a petárdák. Montecuccoli az erődök elleni ostromról így írt 1670-ben: nincs olyan erődítmény, amelyet vagy vassal, vagy tűzzel, vagy éhséggel vagy árulással ne lehetne megadásra kényszeríteni. A hadicselt véghez vihetjük petárdával.

⁴³ Crowley (2008) i. m. 36. Idézi Kenneth M. Setton: *The Papacy and the Levant (1204–1571)*. Vol. III. Philadelphia, The American Philosophical Society, 1984. 517.

⁴⁴ Generál Tibor: Az oszmán-török hadművészet keletkezése és fejlődése a XVI. századig. *Hadtörténelmi Közlemények*, 99. (1986), 1. 41.

⁴⁵ Generál Tibor: Az oszmán-török haderő szervezete és vezetése a birodalom fénykorában. *Hadtörténelmi Közlemények*, 97. (1984) 4. 622–623.

⁴⁶ Generál (1984) i. m. 640.

4. A petárda kialakulása, típusai, szerkezeti felépítése

4.1. A petárdák kialakulása, alkalmazásuk történelmi példái

A petárda kialakulásáról, harctéri alkalmazásáról viszonylag kevés hazai forrást találunk. A témát legbővebben Kalmár János tárgyalja egy 1939-ben írt cikkében,⁴⁷ amelynek alapján aztán 1961-ben is megjelent egy tanulmánya a Győri Xántus János Múzeum kiadásában.⁴⁸

Előtte Schaffer Antal 1903-as (egyébként a kor talán legteljesebb ismereteket nyújtó) robbantástechnikai könyvében egy fél mondatot szentel a kérdésnek: „1597-ben Pálffy Miklós és Prestyánszky Tata várát, 1598-ban pedig Pálffy és Schwarzenberg Győr várát úgy vették be, hogy a kapukat petárdákkal szétrombolták és a meglepett őrséget leverték.”⁴⁹

Takáts Sándor 1908-ban már bővebb információkkal szolgál tanulmányában. „Várszálláskor a gyújtó szerszámokon kívül robbantó szereket is vittek magukkal a végbeliek, mivel a kapukat ezek nélkül be nem zúzhatták volna. Úgy látszik, hogy ezen a téren a magyar végbeliek még a francziákat is megelőzték. Tudjuk, hogy az utóbbiak csak 1579-ben használják először a petárdát. A magyar végbeliek ilyen szerszámot már előbb is használnak, de természetesen nem petárdának hívják. A XVI. század hetvenes és nyolcvanas éveiből sok jelentés szól arról, miként robbantották fel tüzes szerszámokkal a végbeliek a török várak kapuit, de magát a robbantó szerszámot nem írják le. Úgy látszik, ez a végekben már oly közönséges volt, hogy megemlíteni sem tartották érdemesnek. Mindenesetre van tehát alapja annak a véleménynek, hogy a petárda igazában magyar találmány. Maga a petárda szó nálunk csak akkor lesz ismeretessé, mikor a császáriak itt meghonosítják. Úgy látszik, 1598-ban alkalmazták a petárdát nálunk először. Írott emlékekben a petárda szó csakis a XVII. században fordul elő, még pedig mindig fa-ágyú kíséretében. Egy összeírás a petárdához való fog-vasat is megemlíti, de minden magyarázat nélkül.”⁵⁰

Arday Géza 1910-ben kiadott, *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történelmi fejlődése* című könyvében szintén említést tesz a petárdáról, bár vitatja annak magyar eredetét. Értékes információkat ad viszont azok működéséről, továbbá a várostromokon kívül, a hadihajók elleni alkalmazásáról is. „A petárdát általában magyar találmánynak tartják. Jóllehet idegen kútforrásból merített adatok szerint a petárda feltalálását a francia Merle nevű hugenotta százados nevével hozzák kapcsolatba, aki azt 1577-ben használta először. [...] A petárdákat lőporral és földdel töltötték meg s többnyire az erősségek kapuit robbantották fel vele. Munkács várában 1711-ben a feltár szerint kilenc darab petárdát írtak össze. A petárdákat használták a hajók felrobbantására is. Ennek az ismerete 1629. évre vagy néhány évvel még későbbre tehető, amennyiben Furtenbach József »Architectura navalis« című 1629-ben Ulmban megjelent könyvében már fölemlíti a hajópetárdákat. La Rochelle ostrománál 1628-ban árbocos petárdákat használtak,

⁴⁷ Kalmár János: A petárda a XVI–XVII. század várostromainak szolgálatában. *Hadtörténelmi Közlemények*, 40. (1939), 1. 187–204.

⁴⁸ Kalmár János: A petárda szerepe Győr 1598. évi visszafoglalásánál. *Arrabona – Múzeumi Közlemények*, (1961), 3. 79–98.

⁴⁹ Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Budapest, Pallas Rt., 1903. 3.

⁵⁰ Takáts Sándor: Magyar tüzes- és lövészszerzők. *Századok, a Magyar Történelmi Társulat Közlönye*, 42. (1908), 55–56.

különösen a csapóhidak előtt, továbbá úszó és terelőpetárdákat, amelyek a torpedók előhírnökeinek tekinthetők. Az úszópetárdák fehér bádogból készültek és lőporral voltak megtöltve. Hogy a víz felszínén maradjanak, falemezhez kötötték. Kárt az ellenséges hajókban nem tett, csak erkölcsi hatást idézett elő azáltal, hogy a vizet magasra hajította.⁵¹

Nagy Lászlónak, az 1630–1662 között alkalmazott magyar fegyverekről írt, 1911-ben megjelent könyve, *Tüzes szerszámok* című harmadik fejezetében ugyancsak találkozunk a petárdákkal. „Legtökéletesebb tüziszerszám a petárda. Mint hathatós rombolóeszköz a XVI. század folyamán lesz ismeretes. Célja a megerősített kapukat, palisadokat szétrombolni, hogy a támadt résen a behatolás lehetséges legyen. A petárda egy, a nyílásával négyszögletes deszkára erősített érckazán. Használat előtt külön e célra lőporral és földdel kevert tömeggel töltötték s a szétrombolandó kapuba srófolt horogszerű nyulványra karika segítségével akasztották. Nyomban rá a lőport gyújtották meg mire a kitóduló föld a kaput szerte roncsolta. Déva várában 1640-ben két petárdát s ugyanennyi hozzávaló vasat találnak a leltározók.”⁵²

A leírtak alapján nehéz lenne elképzelni, hogy milyen is volt valójában a petárda, eredetéről pedig végképp nehéz lenne döntenünk. Ez utóbbi kérdésben Kalmár János sem tud egyértelműen állást foglalni. „A XVI. század második felétől kezdve, a várostromoknál sokszor játszott döntő szerepet az akkoriban feltalált robbantó eszköz, a petárda, mellyel rendszerint a várkapukat roncsolták szét, hogy a várba benyomulhassanak. Neve francia eredetű; a »peter« szóból származik. [...] magyar végek harcainál, a XVI. században, csak mint tüzes szerszámot említik a jelentések, de még Montecuccoli (1608–1680) munkájában is Pyloclastra a neve. A petárda szó hazánkban inkább csak akkor vált ismertebbé, mikor a császáriak (Mansfeld) itt meghonosították. Származásának helye eddig sok vitára és különböző megállapításokra adott okot: végérvényesen, kétséget kizáróan nincs is eldöntve.”⁵³

Ezt követően utal esetleges magyar, francia vallásháború-korabeli és holland eredetre vonatkozó elképzelésekre is. Az első alkalmazás időpontjával kapcsolatban is eltérő irodalmi forrásokat mutat be. „A petárda [...] valószínűleg Franciaországból származott, amennyiben 1569. szeptember 10-én Aurillac (Auvergne) elfoglalásánál [...] egy kis csoport hugenotta a vár egyik régi [...] kettős kapuját robbantotta fel petárdával és úgy nyomult be a várba. A petárdának Franciaországban való elterjedését az ott lejátszódott vallásháborúban, a támadásnál és az erődítmények elfoglalásánál fölmerült szükség és kényszerhelyzet segítette elő.” Egy másik forrás, bár szintén francia eredetre utal, de a használat időpontját 1574-et jelöli meg azzal a megjegyzéssel, hogy „a francia petárdások az osztrák tüzér Corpsnál kerestek voltak”. Megint máshol Ambert 1577-es elfoglalásáról írnak a kapu petárdával történt berobbantásával, és így báró Mathieu Merle de Savalas lenne a feltaláló, rendszeresítő. Ezzel szemben egy 1570 körül egy Johann Stradanus által készített, ágyúöntő műhely belsejét ábrázoló faliszőnyeg-tervezet festményén egy petárda is látható, „tehát ebben az évben a petárda már nem volt új

⁵¹ Arday Géza m. kir. honvédszázados: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történeti fejlődése*. Kassa, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, 1910. 413–414.

⁵² Nagy László: *Magyar fegyverek 1630–1662*. Temesvár, Csanádegyházmegyei Könyvnyomda, 1911. 66.

⁵³ Kalmár (1939) i. m. 187.

eredetű találmány, mert különben a festő nem vette volna fel a képre. Senki sem tudta volna megállapítani, hogy mit ábrázol."⁵⁴

Tanulmányában utal Takáts fent bemutatott, a petárda magyar eredetére vonatkozó elméletére is, egy konkrét példával próbálva azt alátámasztani: „Ezt mutatja az a körülmény is, hogy például a kis Pápa magyar őrsege 1580 telén, Koppány várának mind a három kapuját egyszerre robbantotta fel petárdával."⁵⁵

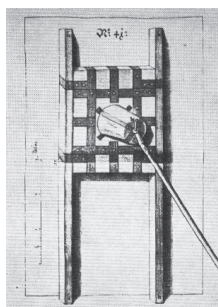
A kérdés tehát egyéb konkrét források hiányában eldöntetlen maradt: kik is találták fel eredetileg a petárdát? A következőkben inkább azt vizsgáljuk meg, milyen volt valójában?

4.2. A petárdák típusai, szerkezeti felépítésük

Az alfejezetben az egyetlen előtalált részletes magyar forrásra, Kalmár János tanulmányára támaszkodva mutatjuk be a korabeli petárdák típusait és azok szerkezetét, működését.

Kalmár szerint az alábbi petárdatípusokat alkalmazták:

- Kapupetárda: a várkapuba csavart horogra akasztották vagy állvánnyal támasztották a kapuhoz.



2. ábra. Állványos kapupetárda

Forrás: Kalmár (1961) i. m. 90. 8. ábra (Furtenbach alapján)



3. ábra. Kapupetárda

Forrás: Kalmár (1939) i. m. 93. 10. ábra (Hadtörténeti Múzeum)

⁵⁴ Kalmár (1939) i. m. 188.

⁵⁵ Kalmár (1939) i. m. 189.

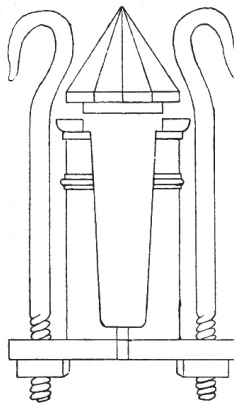
A Nagy László által írt, fent bemutatott könyvben említett, Montecuccoli által pyloclastra néven szereplő petárda a hadvezér Lipcsében, 1704-ben olasz nyelven kiadott kétkötetes alpművében is megjelent. A többféle petárdatípust is bemutató művet számtalan nyelvre lefordították és kiadták a következő évtizedekben. Ilyen a 4. ábrán látható képet tartalmazó, 1736-ban kiadott német nyelvű könyv is.



4. ábra. Pyloclastra – petárda Montecuccoli szerint

Forrás: Raimondo Montecuccoli: *Besondere und geheime Kriegs-Nachrichten*. Leipzig, Weidmann, 1736. 39.

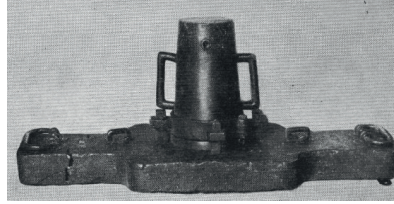
- Láncpetárda: záróláncok vagy kapuláncok szemei közé függesztették.



5. ábra. Láncpetárda

Forrás: Kalmár (1961) i. m. 97. 15. ábra (Braun alapján)

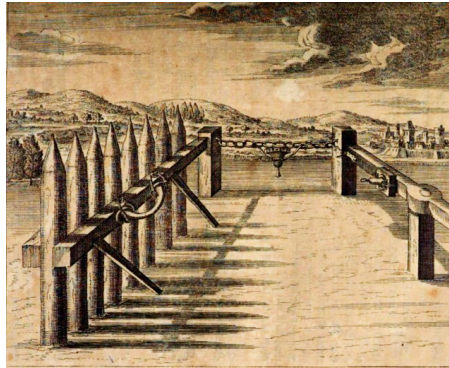
- Cölöpsorpetárda: a cölöpsor (*pallisad*) széles felületén volt elhelyezve.



6. ábra. Cölöpsorpetárda

Forrás: Kalmár (1961) i. m. 93. 11. ábra (Hadtörténeti Múzeum)

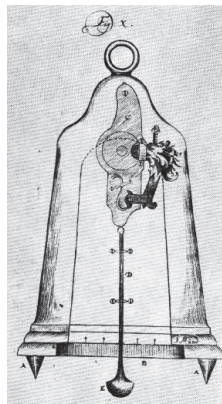
Montecuccoli ezekről a petárdákról is bemutat egy képet, különböző elhelyezésű robbanószerkezetekkel.



7. ábra. Cölöpsorpetárda Montecuccoli művében

Forrás: Montecuccoli (1736) i. m. 42.

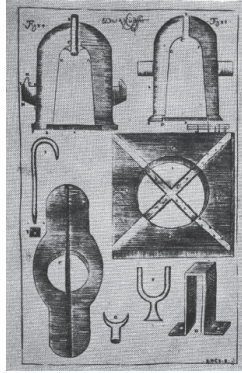
- Rács- és csapórácspetárda: a petárda deszkájára erősített horoggal akasztották a kapuzat rácsára.
- Hajópetárda: az árbc keresztgerendájáról ejtették az ellenséges hajó fedézetére.



8. ábra. Hajópetárda

Forrás: Kalmár (1961) i. m. 96. 14. ábra (Braun alapján)

A petárdák szerkezetét, alkalmazásuk módszereit áttekintve fény derült a Takáts tanulmányában „minden magyarázat nélküli fog-vas” rejtélyére is: a rombolandó céltárgyba csavarozható horog is beletartozott a petárda „egységkészletébe”.



9. ábra. Petárda egységkészlet

Forrás: Kalmár (1961) i. m. 90. 9. ábra (Braun alapján)

A fentiekből azt látjuk, hogy a petárdák készítése abból a felismerésből adódott, hogy a lőpor fojtás nélkül nem végez komoly romboló munkát, hanem – ugyan nagy sebességgel – csak elég, ellobban. Az ágyúk és egyéb lőfegyverek adhatták az ötletet, hogy hasonlóképpen „gátak közé szorítva” a lőport, közvetlen hatású rombolóeszközt hozzanak létre. A petárdák a bemutatott lexikonok szerinti megfogalmazásaival élve, valóban harang alakú szerkezetek voltak, amelyeket a felhasználás előtt töltöttek meg lőporral, és a céltárgyra erősítve robbantottak fel. Anyaguk rendszerint az ágyúkhöz hasonlóan öntött bronz volt, bár – ennek hiányában – készülhetett ónból vagy vasból is. Egyes feljegyzések szerint kovácsolással is képesek voltak a megfelelő formát vasból kialakítani. Kalmár arról ír, hogy de Viele az alábbi bronz keverékeket javasolta a petárdák öntéséhez:

- 1 font sárgarézhez 2 ½ font ón és 25 font vörösréz;⁵⁶
- 1 font sárgarézhez 1font ón és 16 font vörösréz;⁵⁷
- 1/2 font sárgarézhez 1 font ón és 10 font vörösréz.⁵⁸

„Lágyabb öntvényekhez 10 font vörösrézhez 1 font ón és 1 font sárgaréz járult, mert az ón tette keménnyé az öntvényt. Azonban akár kis, akár nagyméretű petárda testet öntöttek, 5 font vörösrézhez ½ font sárgaréz számítottak.”⁵⁹

A következőkben megoldást nyert a korabeli anyagok „fa-ágyú” meghatározása is, ugyanis ha nem volt más, akkor fából is faragtak petárdát. „A fának azonban egészségesnek, száraznak és jól hasíthatónak kellett lennie. A fatönköt először hengeresre faragták, esetleg esztergályosnál

⁵⁶ 0,45 – 1,13 és 11,34 kg.

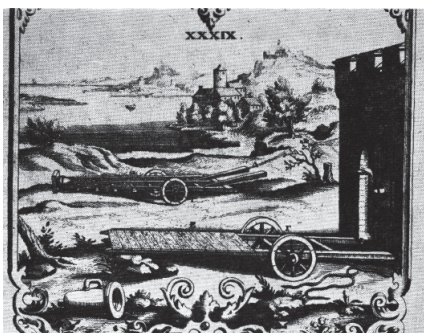
⁵⁷ 0,45 – 0,45 és 7,26 kg.

⁵⁸ 0,23 – 0,45 és 4,54 kg.

⁵⁹ Kalmár (1939) i. m. 192–193.

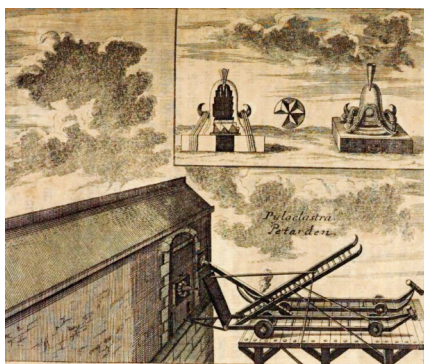
kifúrták, majd kívülről és belülről helyes formára alakították. A falvastagságot mindenütt azonos méretre készítették. A fapetárdát is a fémből öntötték formájára faragták, majd 4 drb. 0,5 hüvelyk vastag és 2 hüvelyk⁶⁰ széles vaspánttal keresztben átpántolták és szeggel vagy csavarokkal – ami jobb volt – a fatestre erősítették.”⁶¹

A petárdák a rombolandó építmény, szerkezet függvényében különböző töltetmeggel készültek. A legkisebbek néha csak fél kg lőport tartalmaztak, de a mennyiség elérhette akár a 100 kg-ot. Ez utóbbiak esetén már jelentős volt az össztömegük is, hiszen magának a robbanószerkezet testének elég erősnek kellett lennie ahhoz, hogy a robbanás energiáját a céltárgyra koncentrálja, de közben ne robbanjon szét, hiszen nem a repeszképzés volt a feladata. „A használat alatt kialakult gyakorlat szerint, 5 kg puskaporttöltéshez 40 kg fémet számítottak. Minden további 5 kg puskaporttöltéshez pedig 10 kg fémet. Így tehát egy 100 kg puskaporttöltéshez való üres petárda 250 kg-t nyomott.”⁶² Ezeket a nagy méretű petárdákat természetesen nem tudták egyszerűen „felakasztani” a várkapukra, ezért külön speciális petárdaelhelyező kocsikat készítettek, amelyeket kézzel töltek a robbantás helyszínére.



10. ábra. Petárdaelhelyező létráskocsi

Forrás: Kalmár (1961) i. m. 95. 13. ábra (Delichi alapján)



11. ábra. Petárdakocsi Montecuccoli művében

Forrás: Montecuccoli (1736) i. m. 39.

⁶⁰ 1,27 és 5,08 cm.

⁶¹ Kalmár (1939) i. m. 193.

⁶² Kalmár (1939) i. m. 194.

A petárdákhoz használ lőpor eltért az ágyúban alkalmazottaktól, „mert a petárdáknak gyorsabb erő kifejtést kellett elérnie”. A korabeli irodalmakban található sokféle összetételű lőpor arra utal, hogy komoly kísérleteket folytattak az ideális robbanóanyag megtalálásához. A lőporban alapelemként szereplő salétrom, kén és faszén mellett, a különböző keverékek receptjeiben találkozunk arzén-triszulfiddal, higannyal, kámmal, cinkkel, szalmiákkal, sőt még narancshéjjal is. A kámfort pálinkában oldották fel. Az egyik recept szerint „ha különösen erős petárdátöltő puskaport akartak készíteni, akkor nyáron szedett ökörfarkkóró sárga virágját és kámfort, minél többet, annál jobb, erős pálinkával kellett feltölteni és abba áztatni a petárda puszkaporkeverékét. E munkánál nem volt szabad nyitott szájjal dolgozni, nehogy mérges anyagot szívjon fel a munkás.”⁶³

Az elkészült lőport aztán több adagban, rétegenként alaposan tömörítve töltötték a robbanótestbe, végül pedig a nedvesedés elkerülése céljából az egészet viasszal zárták le. Erre került egy méretre vágott záró fakorong, az úgynevezett petárdatükör. Ennek anyaga általában dió- vagy szilfa, esetleg nyárfagyökér volt, a petárda méretétől függően 3–4–5–6 hüvelyk⁶⁴ vastagságban. Ezután a petárdát az úgynevezett matril- (madril-) deszkára helyezték és ráerősítették. Kisebb méretű szerkezetekhez 4–6–8 hüvelyk⁶⁵ oldalhosszúságú és ennek megfelelően 2–3–4 hüvelyk vastag⁶⁶ deszkát használtak, amelyen 1 hüvelyk mély⁶⁷ vájatot készítettek, a petárda szájának átmérőjével megegyezően. Ebbe helyezték a kész petárdát, és átlósan vaspántokkal rögzítették (lásd a 3. ábrát). Nagy méretű petárdáknál 21 hüvelyk hosszú, 14 hüvelyk széles és 3 hüvelyk vastag⁶⁸ matril-t használtak.

5. Petárdák a magyar hadszíntéren

A 16. század a törökök elleni harc jegyében telt Magyarországon. A fent bemutatott felszereltséggel, szervezettel és ostromtechnikai tudással rendelkező török csapatok ellen a magyar végvárak élet-halál harcot folytattak. A főleg portyázó, lovas harcmodorra berendezkedett és kiképzett várvédők kevés ismerettel rendelkeztek az aknaharc technikáiról. Ez alól kivételt jelenthet Eger 1552-es ostroma, amelynél a lagumdzsik aknáit hatékony felderítőeszközökkel és ellenaknák ásásával hatástalanították.

A Magyar Királyság területén folyó 15 éves háború során a császári csapatok és az Oszmán Birodalom erői változó sikerrel foglalták el, majd „vették vissza” a területen lévő várakat, városokat. A törökök jól bevált taktikájuk szerint továbbra is eredményesen alkalmazták az aknaharcot. Ennek lett áldozata többek között 1596-ban Eger vára is. Ugyanakkor a törökök által 1594-ben elfoglalt Győr várának visszafoglalására indított császári támadás rávilágított a várostromok technikája terén tanúsított hiányosságaikra. Ahogy Kozics ír róla: „A magyar-német csapatok

⁶³ Kalmár (1939) i. m. 196–197.

⁶⁴ 7,62 – 10,16 – 12,70 – 15,20 cm.

⁶⁵ 10,16 – 15,2 – 20,32 cm.

⁶⁶ 5,08 – 7,62 – 10,16 cm.

⁶⁷ 2,54 cm.

⁶⁸ 53,34 – 35,56 – 7,62 cm.

[...] szorgalmasan portyáztak és a törökben mindenkép kárt tenni törekedtek.⁶⁹ Amikor viszont a III. Miksa főherceg vezette császári csapatok 1597 szeptemberében körülzárták a várat, az ostromtechnika terén már nem mutattak ilyen eredményességet. „Lássuk már most, miképp viselkedik a török várparancsnok a megszálló sereg műveleteivel és intézkedéseivel szemben, hogy a rábizott fontos helyet megóvja. A már hét héten át húzódó ostromzár alatt sem komolyabb tűzér-támadást, sem aknamunkákat nem tapasztalván [...] csakis egy lehetőség lebegett szemei előtt, s ez valamelyik kapu ellen intézendő rajtaütés volt.”⁷⁰ Erre viszont akkor nem került sor, október 2-án az ostrom félbeszakadt, a támadók elvonultak.

Tekintve, hogy az akkori császári csapatok nem rendelkeztek a várak elfoglalásához megfelelő ostromtechnikával, valóban azok legsebezhetőbb részeit, a kapukat kellett támadniuk. Ezért jelentek meg Magyarországon a petárdák, amelyek két akkori várostromban is sikerre vezették a támadókat.

5.1. A Tatai vár ostroma – 1597

A törökök 1594-ben Tatát is elfoglalták, Győrhöz hasonlóan. 1597 tavaszán Pálffy Miklós „elhatározta, hogy a saját felelősségére megkísérli Tata visszavételét. A vállalkozást a vezetőik, Pálffy, Nádasdy és Bernstein a legnagyobb titokban készítették elő.”⁷¹

A váratlanság hatását Pálffy egy új fegyver, a petárda használatával kívánta fokozni, amelyet az év tavaszán Johann Bernstein hozott az országba. A kor történetírója Istvánffy Miklós, a következőket írja róla: „A francia és belga csaknem irtásig viselt belháborúban bizonyos gépezet találtatott fel, mi a várak városok kapuit egy csapással összezúzza. A petárdának nevezett hadigép megtöltve lőporral, iszonyú roham erejével a legerősebb kapukat is kiveté sarkából, s azt darabokra zúzá. Ennek a gépnek a magyarok és törökök még hírért sem hallák sem eddig nem látták. De azt Presdenszki⁷² behozván Pálfival elvégzé, hogy Tata romlásánál használandja.”⁷³

Pálffy május 22-én délután „a következő menetoszlopba rendezte seregét: a menet élén három, törökül jól beszélő lovas haladt egy Rác Illés nevű huszár vezetésével; utánuk a petárdát szállító szekér és kiszolgáló személyzete, húsz spanyol és vallon katona jött, ötszáz esztergomi hajdú és Pezen kapitány 450 muskétása követte őket, majd 300, létrákkal felszerelt magyar gyalogos folytatta a sort, a menet végén pedig 300 [...] katona vonult. Éjszaka érkeztek a vár

⁶⁹ Kozics László: Győr vár 1594–1598-ig – második és befejező közlemény. *Hadtörténelmi Közlemények*, (1891), 1. 685.

⁷⁰ Kozics (1891) i. m. 691.

⁷¹ Szabó László: A tatai vár a XVI. században. *Hadtörténelmi Közlemények*, 10. (1963), 1. 334.

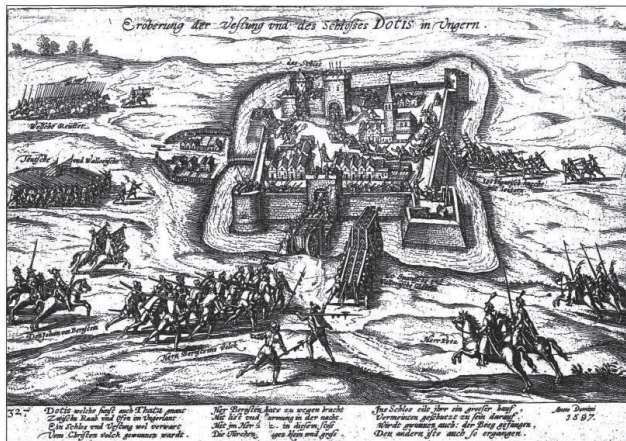
⁷² Az irodalmakban Prestyánszki vagy Presdenszki, Prestyenzky néven is szereplő parancsnok egy korabeli forrás szerint cseh nemes volt, és a németek módosították a számukra könnyebben kiejthető Berstainskire, ahonnan aztán más anyagokban már Bernstein vagy Bernstein néven jelenik meg. A Tatai vár elfoglalása után Bernstein Pálffyval együtt részt vett Győr 1597-es sikertelen ostromában is, de ahogy Kozics írja, „Bernstein – ki úgy látszik a várívás műszaki részét vezette – kedvenc eszméjétől sarkallva – csakugyan valami vállalatot tervezett a bécsi kapu ellen és szeptember 30-án [...] kivonult kémszemlére, hogy a várkapu környékét személyesen vehesse szemügyre. [...] A bátor férfiú egész a várárokig nyomult előre, de vakmerőségét életével fizette meg, mivel egy ágyúgolyó fejét és fél vállát hordta el.” Ezért maradt tehát el akkor Győrnél a kapuk petárdával való támadása.

⁷³ Kiss Vendel – Mohainé Varga Edit: *Végvári élet Tatán – Kiállítás a tatai várban '92 október – '93 április*. Komárom, Komáromi Nyomda és Kiadó Kft. 1992. 18.

alá, itt megállította a gyalogosokat, s a vár körül lesállításokba helyezte őket. A törökül beszélő lovasok a petárdát szállító szekérral és kísérőikkel egészen a várkapuig mentek. A tervnek megfelelően, győri töröknek mondták magukat, akik Budáról élelmet szállítanak, s engedélyt kértek, hogy éjszakára a vár falainak védelmébe húzódhassanak. Az engedély után a szekeret feltölték a hidra, az őr tiltakozására pedig azt felelték, hogy a portyázó hajdúktól akarják csak ily módon értékes szállítmányukat megóvni.

A petárdát egy különösen hosszú, létrához hasonló szekéren szállították, melynek vége acélcúcsban végződött. Az acélcúcs belefúródott a felvonóhíd fájába, a szekér elején elhelyezett felvonószerkezet pedig segítette a petárdát elhelyezni a megfelelő helyen. Ez a különös formájú szekér feltűnt a jó szemű kapuőrnek, de gyanakvását Rácz Illés eloszlatta, mondván, hogy a nagyobb biztonság végett kötötték össze két szekeret, s innét a szokatlan forma. A beszélgetés alatt Bernstein emberei a felvonóhíddal ellátott kapuhoz tolták a szekeret, és elhelyezték a petárdát. A robbanás ereje szétzúzta a felvonóhidat és a kaput, a spanyolok pedig a náluk lévő hidkészslet segítségével gyorsan behatoltak a várba.⁷⁴

A támadás sikeres volt, és a vár is viszonylag épen került a támadók kezére, csak a kaput és a felvonóhidat kellett rendbehozni.



Tata 1597. május 23-i visszafoglalása
(ismeretlen művész metszete)

12. ábra. Tata visszafoglalása petárdával (ismeretlen szerző)

Forrás: Kiss – Mohainé Varga (1992) i. m. 16.

A vár visszavételéről az évente megrendezésre kerülő Tatai Patara Török-kori Történelmi fesztivál keretében emlékeznek meg a hagyományőrök.⁷⁵

⁷⁴ Kiss – Mohainé Varga (1992) i. m. 18–21.

⁷⁵ www.tataipatara.hu/index.php/hu/

5.2. A Győri vár ostroma – 1598

A 15 éves háborúban a keresztény hadsereg nem volt egységes szervezetű. A hadjáratok vezetésével az uralkodó éves megbízással egy Obrist-Feldmarschallt nevezett ki. Győr 1594-es török elfoglalása és 1597-es sikertelen ostroma után, Adolf von Schwarzenberget nevezték ki hadszíntéri vezérré, aki ezt követően még 1599-ben és 1600-ban is betöltötte ezt a pozíciót. Az 1598. január közepén, Prágában tartott haditanácson született döntés és készült egy, a csapatok feladatainak szintjéig kidolgozott haditerv Győr visszafoglalásáról. Ennek ötlete állítólag Giorgio Bastától származott, de Schwarzenberg és Pálffy Miklós terjesztette elő. A tervben szerepelt két petárda alkalmazása is, amelyek közül a kisebb az első kapu rácsozatát kellett volna felrobbantani, majd a keletkező résen a nagy petárdát a kapuhoz tolva felrobbantani.⁷⁶

A terv jóváhagyása után Schwarzenberg megrendelte az ostromhoz szükséges eszközök elkészítését Sprinzenstein⁷⁷ bécsi hadiszertármesternél, aki „a petárdák elkészítésére kapott ugyan parancsot, de pénzt egy fillért sem. Ám a derék katona, aki Schwarzenberget atyjaként szerette [...] saját ezüst asztali készletének egy részét tette zálogba, csakhogy a megrendelt petárdákat gyorsan elkészíttethesse. Ugyanő volt az, aki már 1597-ben Németalföldön a már ott korábban (1579) föltalált petárdákat tanulmányozta és ott Vaubecourt alezredest és La Marsch géplakatos-káplárt a német császár hadiszolgálatára megfogadta.”⁷⁸

Állítólag tíz darab petárdát készítettek el és szállítottak le március 20-án Komáromba, amelyek közül „Győr elé a mieink 3 egyforma nagyságú petárdával érkeztek, melyek mindegyike Schwarzenberg [...] győri levele szerint, 175 fontot nyomott; úgy látszik mindenestől, mert Scherer bécsi jezsuita páter magyarázata szerint egy-egy petárdát 37 font puskaporral töltöttek meg, mely összesen 6 frtb került. Az egész petárda értéke pedig csak 20 tallér volt.”⁷⁹

A vár elleni támadás hasonlóképpen történt, mint egy évvel korábban Tatán. „Amikor Pálffyék megtudták, hogy a törökök Budáról élelmiszert akarnak Győrbe szállítani, ezzel a hírral kapcsolták össze haditervüket. A csapatok [...] 27-én indultak Győr felé s 29-én éjjel 3 órakerkeztek oda. [...] Pálffyék öt törökül tudó huszárt küldtek a »pusztai«, más néven fehérvári kapu alá, hogy az őrséggel beszélgetést kezdjenek az érkező élelmiszeres szekerekről és a felvonóhid leeresztését kérik, mert a szekereknek még napkelte előtt a várba be kell jutniuk. A beszélgetés alatt a mieink észrevétlenül közeledtek a hidak alatt a csapórácshoz. Sikertelen is ezt csendben kinyitniuk. A felvonóhidat már leeresztve találták és így a várkapu jobb szárnyára felakaszthatták a petárdát; majd meggyújtották és a robbanás ereje szétörte a kaput.”⁸⁰

Bagi szerint az eredeti terv az volt, hogy Jean de Vaubecourt egy kisebb petárdát akasztva az első kapu rácsozatára felrobbantja azt, majd ezen keresztül Jerôme de la Marche egy szekerre helyezett nagy petárdát tol a kapuhoz, és rögzítve azt szintén felrobbantja.⁸¹ Ez egyébként ellentmondásban áll a Schwarzenberg levelében foglalt három egyforma petárdával. Mohl

⁷⁶ Bagi Zoltán Péter: Adolf von Schwarzenberg a hadvezér. *Hadtörténelmi Közlemények*, 131. (2018), 2. 397–398.

⁷⁷ Kalmár (1961) i. m. 82. szerint Sprinzenstein János Albrecht tábornagy.

⁷⁸ Mohl Antal: *Győr eleste és visszavétele 1594–1598*. Győr, Győregyházmegye Könyvsajtója, 1913. 50.

⁷⁹ Mohl (1913) i. m. 54.

⁸⁰ Kalmár (1961) i. m. 79.

⁸¹ Bagi (2018) i. m. 398.

az esemény kapcsán arról írt, hogy „a facölöpös kerítés aljára illesztett petárda szerencsére nem sült el [...] mert a korai durranás az egész vállalat sikerét kockáztatta volna. Erre Vaubecourt és társai rázással és fegyvereik segítségével nyitották ki a kaput [...] minden nagyobb zaj nélkül.”⁸² A felvonóhidat ezután valóban leeresztve találták, amelyen keresztül eljutottak a fehérvári vaskapuhoz. Az öt huszár beszélgetni kezdett az őrrel, miközben „Vaubecourt és emberei mindegyik kapuszárnyra egy-egy petárdát akasztottak [...] eközben a fölébredt kapuőrök is rosszat gyanítottak és az 5 előőrsközül hármat lelőttek. Ám a törökök már elkéstek! Eldurrantak a cserfa-ágyúk; az első a megvasalt kapunak egyik szárnyát bezúzta, olyan lyukat törve rajta, hogy azon 2 ember kényelmesen bebújhatott. A másik petárda pedig a kapu másik szárnyát belökte a kapu mögötti piac közepére.”⁸³



13. ábra. A győri vár Fehérvári kapujának szétrobbantása 1598-ban
Forrás: Kalmár (1961) i. m. 80. 1. ábra (Khevenhiller, Annales Ferdinandei... című munkájából)

A kapukon behatoló császári csapatok végül sikeresen elfoglalták a várat.

Schwarzenberg a későbbi hadjáratai során is alkalmazott petárdákat. „1599 áprilisában a Buda elleni rajtaütéshez is elvitetett egy petárdát a seregével, de végül ezt Zsámbék palánkjának kapuja ellen használták fel, majd három héttel később, május 10-én hajnalban a Székesfehérvár elleni támadásban [...] a két külváros mindkét kapuján található rácsot csöndben kinyitották és petárdát erősítettek rájuk. [...] mindkét kapu felrobbant [...] a belsőváros kapujának berobbanásához is hoztak egy petárdát, itt már nem jártak sikerrel, mivel a védők a kapuboltozatot sietve feltöltötték.”⁸⁴ Ugyanígy jártak ez év augusztusában Pestnél is, ahol az őrség a petárdatámadás előtt egy nappal szintén feltöltötte a kapuboltozatot.

⁸² Mohl (1913) i. m. 54.

⁸³ Mohl (1913) i. m. 54.

⁸⁴ Bagi (2018) i. m. 401.

A győri támadásban főszerepet vállaló Vaubecourtról még egy hírben találkozunk. Mercoeur herceg 1601 szeptemberében Székesfehérvár visszafoglalására készült. A külváros elfoglalását követően a törökök visszavonultak a belvárosba. „Vaubecourt báró, aki emlékezett még a győri sikerre, odafutott a kapuhoz, hogy oda helyezzen egy petárdát, ami még eléggé újszerű hadiszert volt abban az időben. De egy ágyúgolyó elvitte a combját, s ez nagyban késleltette a város elfoglalását. A báró kigyógyult ugyan a sebéből, de sánta maradt élete végéig.”⁸⁵ A várost egyébként súlyos harcok után elfoglalták.

„Megállapítható tehát, hogy a fegyver csak rajtaütésnél, meglepetésszerű támadásoknál lehet igazán hatásos. Abban az esetben, ha a védők tudomást szereztek a keresztények támadási szándékáról, úgy tudtak ellene védekezni.”⁸⁶

6. Befejezés

A petárda későbbi hazai alkalmazásával kapcsolatban Kalmár megemlíti, hogy Déva várának 1640. évi leltározásakor két petárdát és ugyanennyi hozzávaló vasas táblát (matril) írtak össze. „A Huszti vár 1669. január 1-én felvett inventáriumában, a vár lövészszámai között 9 db tüzes petárdát találunk. Munkácson 1711-ben 9 db petárdát írtak össze [...] a petárda alkalmazása a XVII. század végéig tartott. Használata a védelem fejlődésével egyre csökkent, mert a külső védővonalak mindinkább megóvták a várat az ortámadások ellen. A XVII. század végén már csak a várfelszerelések lajstromában jut szerephez ez a nem olyan régen még veszedelmes pusztító szerszám.”⁸⁷

A várostromok során alkalmazott aknaharc terén viszont továbbra sem történt komoly előrelépés Magyarországon. Bár Montecuccoli 1670-ben készült, *A magyarországi török háborúkról* című művének a török erődítmények megtámadásáról és ostromáról szóló részében azt írja „főként aknákat kell használnunk”,⁸⁸ sőt ugyanezen munka LXXVI. fejezetében a várostrom menetén belül az aknaharc végrehajtásának részleteiről is beszámol,⁸⁹ ez továbbra sem volt jellemző az oszmán hódítók ellen folytatott hazai harcok során. Ez igazolódott be Buda 1684-es sikertelen és 1686-os, győzelemmel végződött ostromakor is. Az 1684-es vereség okai között „nagy szerepet játszottak az elavult harcászati megoldások, valamint az előkészítetlenség, [...] az aknaharc teljes mértékben hatástalan maradt”.⁹⁰

⁸⁵ Fehrentheil-Gruppenberg László: Mercoeur lotharingiai herceg magyarországi szereplése. *Hadtörténelmi Közlemények*, 38. (1937), 1. 220.

⁸⁶ Bagó (2018) i. m. 401.

⁸⁷ Kalmár (1961) i. m. 96–97.

⁸⁸ Raimondo Montecuccoli: *A magyarországi török háborúkról*. (ford. Domokos György, szerk. Hausner Gábor), Budapest, Dialóg Camus, 2019. 315.

⁸⁹ Uo. 143–144.

⁹⁰ Domokos György: Buda visszavívásának ostromtechnikai problémái, II. A vár körülvétele. *Hadtörténelmi Közlemények*, 103. (1993a), 1. 20–21.

Az 1686-os ostromról írt tanulmány konklúziójában a szerző hasonló okokat talált arra a kérdésre: „Miért tartott 75 napig Buda visszavívása?”⁹¹ A sikert hátráltató tényezők között említi egyrészt a „keresztény aknászok csődjét”, ezzel szemben a „török védősereg aknász- és elhárító tevékenységét”, amelynek során a támadó csapatok állásai, rohamterepszakaszai alá ásott aknák robbantásával okoztak súlyos veszteségeket az ostromlóknak.⁹² A támadóknál – talán jobb híján – még megjelent a petárda, legalább is Generál Tibor 1986-os cikkében arról ír, hogy „június 23-án a Vízi és Alsóvárost a török jelentősebb ellenállás nélkül feladta, pedig a kezére játszott, hogy a Kakas kapura a támadók által akasztott petárda csődöt mondott”.⁹³

A következő időszak az erődépítézet fénykora volt Európában. Az erődrendszerek mélységi tagolása és az egyre korszerűbb építészeti megoldások az ostromtechnika fejlődését is kikényszerítették. Ebben a petárdáknak már nem jutott szerep. A kor kiváló francia erődítő mérnöke, Sebastien LePrestre de Vauban marsall (1630–1707) két területen is történelmi jelentőségűt alkotott. Egyrészt a nevéhez fűződik az egységes erődvédelem elméletének és gyakorlatának kialakítása, több mint 40 erődítmény megerősítése, tervezése. Erődítményeivel utat mutatott a későbbi korok tervezőinek is. Másrészt az általa kialakított ostromtechnikai módszert több mint 100 évig alkalmazták kisebb módosításokkal. Ezenkívül ő volt a föld alatti aknaharc technikájának tökéletesítője Európában.⁹⁴ Művében elsőként rögzítette az aknaharc szakterminológiáját, elvégezte az aknák rendeltetés szerinti felosztását, meghatározva jellemzőiket. Szintén elsőként dolgozta ki a falak rombolásához szükséges feketelőpor-töltet számításának metodikáját a várható hatásfok alapján.⁹⁵ A 18. század a föld alatti aknaharc virágkorát hozta. Vauban örökségét folytatta a kor legjobb aknászána tartott, szintén francia Bernard Forest de Bélidor (1698–1760), akinek munkássága elindította a mai napig alkalmazott robbantástechnikai számításoknak a fejlődését.⁹⁶

Az aknák és az ellenaknák ugyanolyan fontos részét képezték egy-egy vár megvívásának, mint a falak, a bástyák vagy az ágyúk, és szerepet játszottak később a Krími háborúban (1854–1855) és az Orosz–Japán háborúban is Port Arthur ostromakor (1904–1905). Az I. világháború állásharcaiban alkalmazott föld alatti aknaharc már egy egész más vetületét mutatja ennek a harctevékenységi formának.

⁹¹ Domokos György: Buda visszavívásának ostromtechnikai problémái, IV. A vár elfoglalása. *Hadtörténelmi Közlemények*, 103. (1993b), 2. 74.

⁹² Domokos (1993b) i. m. 75.

⁹³ Generál Tibor: Buda katonai helyzete a hanyatló oszmán birodalomban és védelmének körülményei az 1686-os ostrom során. *Hadtörténelmi Közlemények*, 99. (1986), 3. 431.

⁹⁴ Sebastien LePrestre de Vauban: *A Manual of Siegecraft and Fortification*. USA, University of Michigan Press, 1968. a szerző *Mémoire pour servir d'instruction dans la conduite des sièges et dans la défense des places*. Leiden, 1740. műve alapján.

⁹⁵ Bővebben lásd: Tóth József – Lukács László – Volszky Géza: *Akna kisenciklopédia*. Budapest, Tudománymenedzsmentért, Tudás Alapú Technológiáért Alapítvány, 2012. 12–13.

⁹⁶ Bővebben lásd: Lukács László: Tégla, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődése, a honi katonai robbantás technikában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), 1. 55–84.

Felhasznált irodalom

- A Franklin kézi lexikona*. III. kötet, Budapest, Franklin Társulat, 1912.
- A magyar nyelv történelmi-etimológiai szótára*. 3. kötet, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1976.
- A Pallas nagy lexikona*. XIII. kötet, Budapest, Pallas Irodalmi és Nyomdai Rt., 1896.
- Arday Géza m. kir. honvédszázados: *A lőpor és robbanó anyagok technológiája és történelmi fejlődése*. Kassa, Szent Erzsébet Nyomda Részvénytársaság, 1910.
- Bagi Zoltán Péter: Adolf von Schwarzenberg a hadvezér. *Hadtörténelmi Közlemények*, 131. (2018), 2. 393–414.
- Crowley, Roger: *1453 – Konstantinápoly utolsó nagy ostroma*. Budapest, Park, 2005.
- Crowley, Roger: *Tengeri birodalmak – A kereszténység és az iszlám harca a Földközi tenger feletti uralomért (1521–1580.)*. Budapest, Park, 2008.
- Crystal, David (szerk.): *Cambridge Enciklopédia – Egy kötetben, amit a világról tudni kell*. Budapest, Maecenas, 1992.
- Czuczor Gergely – Fogarasi János: *A magyar nyelv szótára*. 5. kötet, Atheaneum, Pest, 1870.
- Domokos György: Buda visszavívásának ostromtechnikai problémái, II. A vár körülzárása. *Hadtörténelmi Közlemények*, 106. (1993a), 1. 3–60.
- Domokos György: Buda visszavívásának ostromtechnikai problémái, IV. A vár elfoglalása. *Hadtörténelmi Közlemények*, 106. (1993b), 2. 43–95.
- Dormándi László – Juhász Vilmos (szerk.): *Új lexikon* V. kötet, Budapest, Dante-Pantheon, 1936.
- Fehrenheil-Gruppenberg László: Mercoeur lotharingiai herceg magyarországi szereplése. *Hadtörténelmi Közlemények*, 38. (1937), 1. 205–234.
- Generál Tibor: Az oszmán-török haderő szervezete és vezetése a birodalom fénykorában. *Hadtörténelmi Közlemények*, 97. (1984), 4. 617–663.
- Generál Tibor: Az oszmán-török hadművészet keletkezése és fejlődése a XVI. századig. *Hadtörténelmi Közlemények*, 99. (1986), 1. szám, 3–46.
- Generál Tibor: Buda katonai helyzete a hanyatló oszmán birodalomban és védelmének körülményei az 1686-os ostrom során. *Hadtörténelmi Közlemények*, 99. (1986), 3. 403–436.
- Haditechnikai kislexikon*. Budapest, Zrínyi, 1971.
- Kalmár János: A petárda a XVI–XVII. század várostromainak szolgálatában. *Hadtörténelmi Közlemények*, 40. (1939), 187–204.
- Kalmár János: A petárda szerepe Győr 1598. évi visszafoglalásánál. *Arrabona Múzeumi Közlemények*, (1961), 3. 79–98.
- Kertész István: A klasszikus ókor hadtudománya. *Honvédségi Szemle*, (1992), 9. 8–15.
- Kiss Vendel – Mohainé Varga Edit: *Végvári élet Tatán – Kiállítás a tatai várban '92 október – '93 április*. Komárom, Komáromi Nyomda és Kiadó Kft. 1992.
- Kozics László: Győr vár 1594–1598-ig – második és befejező közlemény. *Hadtörténelmi Közlemények*, (1891), 1. 683–702.
- Krajnc Zoltán (szerk.): *Hadtudományi lexikon – új kötet*. Budapest, Dialóg Campus, 2019.
- Lukács László: Kis akna-történelem. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6. (2002), 3. 15–57.
- Lukács László: Téglá, kő, beton és vasbeton szerkezeti elemek robbantási szabályainak fejlődése, a honi katonai robbantás technikában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), 1. 55–84.
- Lukács László: *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányai és a kor új kihívásaira*. Budapest, Dialóg Campus, 2017. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/tudasar-reszletek?id=123456789/6916>
- Magyar értelmező kéziszótár L–Zs*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1989.
- Magyar Larousse enciklopédia*. III. kötet, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1994.
- Magyar lexikon*. XIII. kötet, Budapest, Wilckens és Waidl, 1883.
- Magyar nagylexikon*. 14. kötet, Budapest, Magyar Nagylexikon Kiadó, 2002.; 19. kiegészítő kötet, 2004.
- Mohl Antal: *Győr eleste és visszavétele 1594–1598*. Győr, Győregyházmege Könyvsajtója, 1913.

- Montecuccoli, Raimondo: *Besondere und geheime Kriegs-Nachrichten*. Leipzig, Weidmann, 1736.
- Montecuccoli, Raimondo: *A magyarországi török háborúkról*. (ford. Domokos György, szerk. Hausner Gábor), Budapest, Dialóg Campus, 2019.
- Nagy László: *Magyar fegyverek 1630–1662*. Temesvár, Csanádegyházmegyei Könyvnyomda, 1911.
- Révai nagy lexikona*. XV. kötet, Budapest, Révai testvérek Irodalmi Intézet Rt., 1922.
- Schaffer Antal: *A gyakorlati robbantó technika kézikönyve*. Budapest, Pallas Rt., 1903.
- Schneck, William C.: The Origins of Military Mines Part 1. *The Engineer*, 28. (1998), PB 5-98-3. 49–54.
- Setton, Kenneth M.: *The Papacy and the Levant (1204–1571)*. Vol. III. Philadelphia, The American Philosophical Society, 1984.
- Szabó József (szerk.): *Hadtudományi lexikon*. M–Zs, Budapest, Magyar Hadtudományi Társaság, 1995.
- Szabó László: A tatabánya vár a XVI. században. *Hadtörténelmi Közlemények*, 10. (1963), 1. 317–335.
- Szarvas Gábor – Simonyi Zsigmond (szerk.): *Magyar nyelvtörténeti szótár*. II. kötet, Budapest, Hornyánszky Viktor Akadémiai Könyvkereskedése, 1891.
- Szlovár vojennüh terminov (Katonai szakkifejezések szótára)*. Moszkva, Voennoje Izdatyelsztvo, 1988.
- Takáts Sándor: Magyar tüzes- és lövészerszámok. *Századok, a Magyar Történelmi Társulat Közlönye*, 42. (1908), 49–62.
- Tolnai új világlexikona*. XIV. kötet, Budapest, Tolnai Nyomdai Műintézet és Kiadóvállalat Rt., 1929.
- Tóth József – Lukács László – Volszky Géza: *Akna kisenciklopédia*. Budapest, Tudománymenedzsmentért, Tudás Alapú Technológiákért Alapítvány, 2012.
- Új idők lexikona*. XIX–XX. kötet, Budapest, Singer és Wolfner Irodalmi Intézet Rt., 1941.
- Új Magyar Lexikon*. 5. kötet, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1962.
- Vauban, Sebastien LePrestre de: *A Manual of Siegecraft and Fortification*. USA, University of Michigan Press, 1968.
- Veremejev, J. G.: *Istoriija zarozhgyenyija i razvitija minnovo oruzsija* (Az aknafegyver kialakulásának és fejlődésének története) 1. rész. é. n. Online: <http://saper.isnet.ru/histmin/istoria-min-1.html>
- Winkler Gusztáv: *Erődvárosok, városerődítések*. Budapest, Műegyetemi Kiadó, 2007.

Balla Tibor¹ – Padányi József²

Műszaki kiválóságok: Schmoll Endre

Engineer Geniuses: Endre Schmoll

A műszaki kiválóságok között ebben a publikációban egy I. és II. világháborúban is harcolt katonát mutatunk be. Olyan katonát, aki mind az elmélet, mind a gyakorlat terén maradandót alkotott. Foglalkozott a műszaki támogatás szinte valamennyi területével. Maradandó alkotása a Haditechnikai Ismeretek I–III. kötet, amely még ma is sok, hasznosítható ismeretet tartalmaz.

Kulcsszavak: haditechnika, páncélvonat, gépesítés, állandó erődítés

In our series about notable military engineering officers, this current study deals with a soldier who fought in both World Wars; an officer who had significant achievements in theory and practice as well. He has dealt with almost every field of engineering support. His most lasting achievements are the textbooks Haditechnikai Ismeretek I–III. [Rudiments of military technique I–III], which contain much, today still applicable information.

Keywords: military technology, armored train, mechanisation, permanent fortification



1. ábra. Schmoll Endre arcképe

Forrás: Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda K. F. T., 1938. 530.

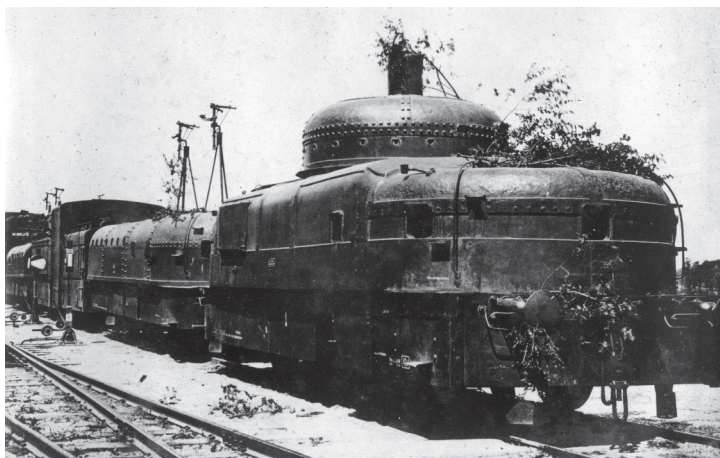
¹ Nemzeti Közszerológati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, kutatóprofesszor, e-mail: balla.tibor@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2476-8981>

² Nemzeti Közszerológati Egyetem, egyetemi tanár, e-mail: padanyi.jozsef@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6665-8444>

Schmoll Endre 1894. április 17-én született a Nógrád vármegyei Patvarc községben, római katolikus vallású családban. Édesapja Schmoll Endre magyar királyi pénzügyi ellenőr, édesanyja Latkóczy Margit. Katonatiszti és tábornoiki pályája végéig nőtlen maradt. Anyanyelvén kívül németül tökéletesen, franciául gyengén beszélt.

A katonatiszti pálya alapjait az Osztrák–Magyar Monarchia nagy hírű katonaiskoláiban sajátította el: 1905 és 1909 között a császári és királyi katonai alreáliskola négy osztályát végezte jó eredménnyel, majd 1909-től 1912-ig a császári és királyi katonai főreáliskola három évfolyamát abszolválta jó összeredménnyel, mindkettőt Kismartonban. Az 1912–1914 közötti időszakban a császári és királyi Műszaki Katonai Akadémia két évfolyamát fejezte be magyar állami alapítványi helyen Mödlingben. 1922 és 1924 között a magyar királyi honvéd Ludovika Akadémia Tiszti Továbbképző Tanfolyamát (a Hadiakadémiát) végezte el Budapesten.³

Már az I. világháború kitörése után, 1914. október 15-én avatták hadnaggyá, majd megkezdte tényleges tiszti szolgálatát a császári és királyi Vasúti Ezredben. A világégés különböző hadszínterein teljesített szolgálatot beosztott tisztként, először a császári és királyi 8. vasúti pótszázadnál. 1914 decembere és 1915 januárja között a császári és királyi 30. vasútépítő század kötelékében vett részt az orosz fronton a bochniai vasúti híd helyreállításában, 1915 januárja és 1915 áprilisa között pedig a delatyni völgyátjáró helyreállításán dolgozott, közben a MÁV I. és a MÁV VIII. számú páncélvonatainak parancsnoka volt.



2. ábra. Az Osztrák–Magyar Monarchia hadseregének IX. számú, motoros lövegkocsi vontatta páncélvonata

Forrás: Fortepan 52263

Ebből az időszakból (1915. május 16.) maradt ránk egy feljegyzés a működéséről: „Ugyanaznap a 8. számú páncélvonat Schmoll hadnagy parancsnoksága alatt Lanczynon keresztül Sadsawka felé futott ki, hol sikerült neki a saját csapatainkon túlhaladva, ellenséges tüzérségi és géppuskatűzben egy ellenséges állásba behatolni és az állásban lévő legénységet egy odairányzott

³ Hadtörténelmi Levéltár, Tiszti anyakönyvi lapok 1652/1894.

ágyúlovással megadásra kényszeríteni; 50 orosz foglyul ejtve – kiket az előfutó kocsin helyezett el – tért vissza Delatynba.”⁴

1915 júniusától a császári és királyi 36. vasúti századdal az olasz hadszíntér isonzói arcvonalszakaszán tevékenykedett (különböző pályaudvarok bővítésében, nagyobb vasúti rakodók építésében, az alsó-krajnai vasútvonal átépítésében, a dutovlje–scopói átrakó pályaudvar, valamint a Dutovlje–Scopo–Gorjansko közötti motoros tábori vasút építésében működött közre). 1915. július 1-jén főhadnaggyá lépett elő. Tevékenysége közben jutott ideje szakmai ismereteinek bővítésére is, hiszen 1916-ban szerelési tanfolyamot végzett a Monarchia közös hadseregének kötelékében. 1916 októberétől a császári és királyi 36. vasúti századdal a belgrádi vasúti híd helyreállításán dolgozott, majd 1917 februárjától az olasz hadszíntér isonzói szakaszán Batuje községnél szabványos nyomtávú vasutat, az Idria-völgyben pedig motoros tábori vasutat épített alakulatával. 1917. október 24-től részt vett az osztrák–magyar és a német csapatok által az olasz hadszíntéren végrehajtott caporettoi áttörés hadműveleteiben, majd az Isonzó folyón átívelő híd helyreállításában Pieris-Turriacónál. 1918 tavaszán részese volt az osztrák–magyar haderő által végrehajtott júniusi piavei offenzíva előkészületeinek, többek között a 35 cm-es „György-üteg” beépítésében segédkezett. 1918 augusztusa és októbere között az elektromos tábori vasúti tanfolyam hallgatója volt Bécsújhelyen. 1918 októberében és november elején ismét az olasz hadszíntéren harcolt, az osztrák–magyar haderő végső visszavonulása során a Motta di Livenza – Casarsa vasútvonal robbantásával és rombolásával nehezítette az antantcsapatok előrenyomulását.⁵

Az 1918 novembere és 1920 közötti tevékenységéről nem állnak rendelkezésre közelebbi adatok. 1920–21 folyamán a budapesti magyar királyi vasútépítő zászlóalj állományaiba tartozott beosztott tisztként, és 1920-ban géppuskás tanfolyamot végzett. 1921. augusztus 29-től a magyar királyi Honvédelmi Minisztérium Felszámoló Hivatalánál került beosztásba Budapesten. 1922. október 1-jétől 1924. október 1-jéig a budapesti Ludovika Akadémia tiszti továbbképző tanfolyamának (a vezérkari szakképesítést nyújtó Hadiakadémia)⁶ hallgatója volt, közben 1923. szeptember 1-jén századossá léptették elő. 1924. október 1-jétől a magyar királyi Honvédelmi Minisztérium Elnökségének 20 fős állományaiba osztották be, ugyanakkor tartósan vezényelték a budapesti magyar királyi 1. honvéd utászszázalóhoz csapatszolgálatra.

1925. január 1-jétől a Minőség Ellenőrző Hivatal debreceni kirendeltségének „B” állományaiba került, egyidejűleg áthelyezték a vezérkari tisztek állománycsoportjába. Közben 1927. augusztus 10. és szeptember 15. között csapatszolgálatra osztották be a szegedi magyar királyi 3. honvéd utászszázalóhoz. 1927. november 1-jétől beosztásai folyamatosan Budapesthez kötődtek, hiszen 1932. augusztus 1-jéig a Budapesti Szabályzatismertető Tanfolyam (Hadiakadémia) tanáráként tevékenykedett. Közben 1929. április 1. és április 30. között csapatszolgálaton

⁴ Vitéz Kalándy Imre altábornagy feljegyzései. In Rónaföldi Zoltán: *Páncélvonataink I. kötet. A kezdetektől a Tanácsköztársaságig*. 2016. 135.

⁵ Jacobi (1938) i. m. 408., 530.; Hadtörténelmi Levéltár Tiszti anyakönyvi lapok 1652/1894 i. m.

⁶ Az 1920. június 4-én aláírt trianoni békediktátum ugyan megtiltotta a vezérkar működését és a vezérkari képzést a magyar királyi Honvédségben, annak ellenére a Hadiakadémia 1920 őszétől 1938-ig különböző elnevezések alatt (Ludovika Akadémia Tiszti Továbbképző Tanfolyam, Budapesti Szabályzatismertető Tanfolyam) működött a Hungária körúti Pálffy-laktanyában (a mai NKE HHK Campus területén).

tartózkodott a Rendőrújonc Iskolánál, 1931. április 18. és július 27. között pedig a törzstiszti tanfolyam tanára is volt. 1931. november 1-jén őrnaggyá nevezték ki. 1932. augusztus 1-jétől kezdődően, közel öt éven át a magyar királyi Honvédelmi Minisztérium VI–7/k. osztály osztályvezető-helyetteseként ténykedett, és 1935. május 1-jén alezredessé léptették elő beosztásában. Közben 1936. november 15. és 1937. május 1. között csapatszolgálatra vezényelték a magyar királyi 2. honvéd gyalogezredhez.

Az oktatás mindig közel állt hozzá, nemcsak a honvédségi, de a civil szférában is tanított. A Királyi Magyar Pázmány Péter Tudományegyetemen 1935–38 között „A korszerű honvédelem kérdései” címmel tartott kurzust, heti kettő–négy órában.⁷ A Pécsi Erzsébet Tudományegyetemen az 1936–37-es tanévben a Jog- és államtudományi Karon, valamint az orvostudományi Karon „Honvédelmi ismeretek” címmel hirdette kurzusát.⁸ A tudományos ismeretterjesztés sem állt tőle távol, hiszen az országos Tiszti Kaszinó előadás-sorozatában „A korszerű vegyi háború” címmel tartott vetített képes előadást 1938. március 14-én.⁹

1937. március 13-tól a magyar királyi Honvédelmi Minisztérium VI–7/k. osztály osztályvezetőjeként folytatta pályafutását. 1937. május 1-jétől kezdődően a Honvéd Vezérkar Főnöke 7/m. osztály osztályvezetője volt, 1939. május 1-jén pedig ezredesi rangra emelték. 1940. november 1-jétől a magyar királyi Bolyai János Honvéd Műszaki Akadémia parancsnoki teendőit látta el. 1941. május 1. után a magyar királyi Honvédelmi Minisztérium III. csoportfőnök 1. helyettesének beosztását töltötte be, 1942. március 30-tól vezérőrnagyként. 1942. május 1-jétől 1944. október 1-jéig a magyar királyi Honvédelmi Minisztérium III. (anyag) csoportjának főnöke volt, 1944. július 1-jétől altábornagyi rangban. 1944. október 1-jétől a nyugállományba helyezés előtti három havi egészségügyi szabadságát töltötte, de 1945. január 4-én beosztották a totális mozgósítás és harcbaállítás törzsébe. A II. világháború lezárulta után Ausztriában telepedett le. 1949 májusában hunyt el az ausztriai Braunau am Inn településen.¹⁰

Schmoll Endre szakmai felkészültségét, rátermettségét, bátorságát előjárói, valamint a magyar királyi Honvédség vezetői megbecsülték és kitüntetések adományozásával is ismerték, amelyek közül a következőket kapta meg: Bronz Katonai Érdemérem hadiszalagon, kardokkal; Ezüst Katonai Érdemérem hadiszalagon, kardokkal (két ízben); 1917. Károly Csapatkereszt; 1927. Kormányzói Dicsérő Elismerés Magyar Koronás Bronzérme vörös-fehér szegélyes smaragdzöld szalagon; 1932. Kormányzói Dicsérő Elismerés Magyar Koronás Bronzérme szalagján a Katonai Érdemkereszt III. osztálya hadidíszítménnyel, kardokkal miniatűrjével; Háborús Emlékérem kardokkal és sisakkal; 1934. Tiszti Szolgálati Jel III. osztálya; 1936. Magyar Érdemrend tisztikeresztje; 1939. július 2. Kormányzói Dicsérő Elismerés Magyar Koronás Bronzérme hadiszalagon; 1939. október 15. Tiszti Szolgálati Jel II./A. osztálya; 1940. július 17. Magyar Érdemrend középkeresztje; 1940. október 22. Újóltagos Kormányzói Dicsérő Elismerés Magyar Koronás Ezüstérme vörös-fehér szegélyes smaragdzöld szalagon; 1941. június 28. Nemzetvédelmi Kereszt; 1941. Erdélyi Emlékérem; 1944. október 19. Légoltalmi Jelvény.

⁷ *A Királyi Magyar Pázmány Péter Tudományegyetem tanrendje.* Arcanum.

⁸ *Pécsi Napló,* (1937), január, 13.

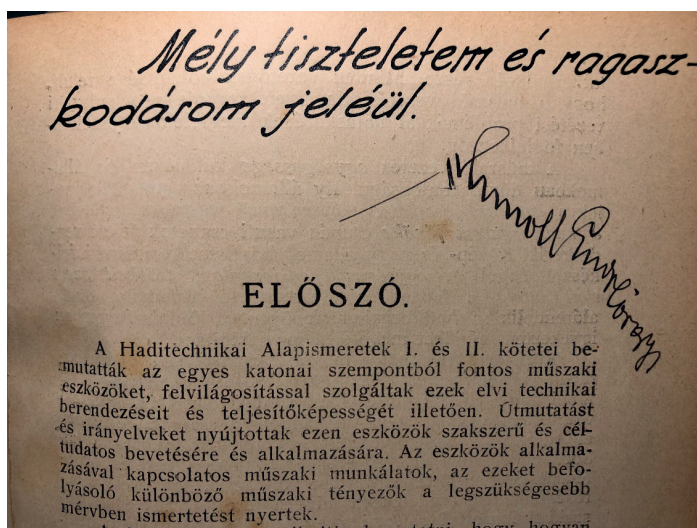
⁹ *Magyarság,* 19. (1938), március.

¹⁰ Hadtörténelmi Levéltár Tiszti anyakönyvi lapok 1652/1894 i. m.; Szakály Sándor: *A magyar katonai felső vezetés 1938–1945.* Budapest, Ister Kiadó Kft., 2001. 302.

A külföldi kitüntetések közül az alábbiaknak volt birtokosa: 1939. október 27. Német Sasrend érdemkereszt I. fokozata; 1940. június 15. Olasz Korona Rend tisztikeresztje.¹¹

Katonai műszaki szakírói munkássága is rendkívül figyelemre méltó. Több önálló kötetet és számos tanulmányt jegyzett szerzőként, amelyek egy része ma is nagy haszonnal forgatható. Kiemelkedik szakírói munkásságából a *Haditechnikai alapismeretek* 1–3. kötete, amelyekben összefoglalta több évtizedes szakmai munkásságának szinte összes gyakorlati tapasztalatát.¹²

Az 1. kötet a szállítási módok és vonalak technikáját, a hídépítést, a robbantástechnikát és a vegyi háború kérdéseit ismerteti. A 2. kötet az erődítési, utász- és fényszóró ismereteket, az aknaharc, hídépítés és folyamatkelés kérdéseit tárgyalja, s külön fejezetben foglalkozik a folyamerőkkel és a vízi szállítás kérdéseivel. A 3. kötet mindazt tartalmazza, ami a műszaki csapatok és intézetek szervezése és alkalmazása szempontjából fontos: anyag- és mechanikai ismeretek; műszaki csapatok szervezési és felszerelési elvei; a műszaki vezetés; műszaki segéd-szolgálat; műszaki számvetések; légi erők hatása a műszaki tevékenységre; gyakorlati példák gyűjteménye. Ebben foglalkozik részletesen a világító és fényszóró technikával, a vízzel való ellátással, a ködösítés kérdéseivel, a mozgástámogatás és mozgásakadályozás lehetőségeivel.



3. ábra. Schmoll Endre saját kezű aláírása

Forrás: a szerzők felvétele

Érdekes talán – habár abban az időben ez nem ritka –, hogy a kötetek magánkiadásban készültek, közvetlenül a szerzőtől lehetett megrendelni azokat. Az elkészült művek nagy visszhangot váltottak ki a szakmában, itthon és külföldön. Ausztriában a világháborús bajtárs, a po-

¹¹ Hadtörténelmi Levéltár Tisztai anyakönyvi lapok 1652/1894 i. m.; a *Honvédségi Közlöny* 1936–1944 közötti évfolyamai.

¹² Schmoll Endre: *Haditechnikai alapismeretek* 1–3. Budapest, 1929–1933.

zsonyi utászok 2. századának egykori beosztott tisztje, Oskar Regele hadnagy méltatta a szerző munkásságát.¹³ Itthon is rövid idő alatt alapművé váltak a kötetek. Az egyik méltatója így írt: „A műből kiérezhető a szerző alap gondolata, melyet minden egyes fejezetben markánsan kidomborít s igyekszik már az előrészben az olvasó gondolatkörébe a következő szavakkal beiktatni: »Nem két ellentétes fogalomról van szó, hanem két rokon fogalomról. Nem harcászat vagy technika, hanem harcászat és technika.« Csak örömmel üdvözölhetjük a könyvnek ezen célját, mely a mai fejlett technikát a harcászattal kapcsolatban az őt megillető és rangú helyre sorolja.

A szerző ezen alap gondolat gyakorlati megvalósításához segédkezett is nyújt, így elsősorban a felső vezetés részére, mely hivatott a várható műszaki teljesítményeket mérlegelni és a harcászati helyzetbe helyesen beilleszteni. A mérlegeléshez s így tehát a vezető elhatározásához és tervéhez a legfontosabb bázis a minden műszaki ténykedést megelőző alapvető számvetés, melynek segítségével körülbelüli pontossággal megállapíthatók a szerszám-, anyag-, idő- és munkaerőszükségletek. A szerző minden műszaki ténykedés vázolásánál gazdagon bocsátja rendelkezésre ezen szükséges adatokat, s helyenkint beiktatott példákkal a kalkulációk kiviteli technikáját is ismerteti.”¹⁴

A három kötet előszavában a szerző rögzíti, hogy munkáját nemcsak a műszaki tisztiek, de minden döntéshozó számára írta, hiszen műszaki hozzáértés nélkül nem születethetik jó döntés, elhatározás, terv és parancs.

Sajátos előrelátásról tanuskodik a *Repülőkkel (légi úton) szállított romboló osztagok* című írása, amelyet 1930-ban vetett papírra.¹⁵ A cikkben sorra veszi azokat a körülményeket, amelyek az I. világháborúban, illetve azt követően váltak meghatározóvá a harc megvívásában. Hihetetlen érzékkel világít rá arra, hogy a légi erő szerepének súlyának változásával a műszaki támogatás számos eleme is változik. Ez igaz a védekezésre, de igaz a támadó harc műszaki támogatására is. A légi szállítás olyan lehetőségeket nyit meg, amelyekre eddig nem gondolhattunk. Ilyen a légi szállítású romboló csoport, amely amellet, hogy gyorsan és észrevétlenül képes megközelíteni a célt, arra is alkalmas, hogy mélyen az ellenség hátában tevékenykedjen. Feladataik közé tartozhat a hidak, utak, műtárgyak rombolása, útvonalak, irányok aknásítása. A szerző sorra veszi azokat a mutatókat, amelyek meghatározzák egy ilyen művelet sikerét. Foglalkozik a lehetséges célok bemutatásával – kiemelten a vasút mint a hátszéli szállítás egyik legfontosabb eszköze –, számvetést készít a szállítandó robbanóanyag mennyiségéről, a szükséges időről és munkaerőről. A hatékonyság vizsgálatánál összehasonlító számvetést végez a bombázás és a romboló osztag alkalmazásáról. Összegzésként megállapítja, hogy megfelelő előkészítés mellett a romboló osztagok alkalmazása jelentősen növelheti a harc sikerességét.

A *műszaki alakulatok motorizálása és mechanizálása* című munkájában a gépesítés lehetőségeit és korlátait vizsgálja.¹⁶ Kiinduló gondolata az, hogy erre az időszakra a gyakorlat már meghaladta az elméletet. Olyan fejlődés ment végbe ugyanis a gépesítésben, amelyet a haderő műszaki csapatai nem követtek. Hiába növekedett a műszaki csapatok aránya (1812-t

¹³ Oskar Regele (1890–1969) 1945 után a Bécsi Hadilevéltár igazgatója, ugyanakkor 1955-ben az Osztrák Állami Levéltár főigazgatója, 1952–1963 között az Osztrák Hadtörténeli Bizottság (alapító) elnöke.

¹⁴ *Magyar Katonai Szemle*, (1931), 6. 298.

¹⁵ *Magyar Katonai Szemle*, (1931), 12. 161–170.

¹⁶ *Magyar Katonai Közlöny*, (1930), 5. 423–436.

véve alapul, az 1930-as évekre 7,3-szorosára nőtt ez az arány), ha a gépesítettség és így a teljesítőképesség nem nőtt. Utóbbi növelésének egyik útja lehet a műszaki munkák magas fokú gépesítése. Az alapvető műszaki támogatási feladatok mindegyike (mozgás támogatása, mozgás akadályozása) jól gépesíthető, az elvégzett munka gazdaságossága, katonai hatékonysága javítható. Ez a tendencia már az I. világháborúban kimutatható volt, hiszen számtalan új technikai eszköz jelent meg a műszaki csapatok felszerelésében. Ezzel párhuzamosan a harcok közvetlenül megvívó fegyvernemek gépesítettsége és mozgékonyasága is javult, ami újabb érv a műszaki csapatok technikai felszereltségének újragondolása mellett.

Schmoll Endre gondolkodását és tollát a korszerű magyar haderő elméleti alapjainak lerakása vezette. Több publikációjában is ez a hívószó.¹⁷ Így részletesen foglalkozott az állandó erődítés, a műszaki vezetés, és a vegyi háború kérdéseivel. Utóbbi téma feldolgozásával más írásában is találkozunk.¹⁸

Minden írásában tetten érhető az a széles körű érdeklődés, amely a más államokban történő haderőfejlesztés felé irányult. Számolatlanul hozza a külföldi példákat, legyen az új eszköz, harcmód vagy szervezeti fejlesztés.

A műszaki vezetésről írott cikke vitát váltott ki a műszaki – elsősorban világháborús tapasztalatokkal is rendelkező – szakemberek körében. Némelyek zokon vették, hogy Schmoll komoly kritikát fogalmazott meg arról, hogy a magasabb szintű katonai vezetésben dolgozó műszaki tisztek hajlamosak voltak csak a műszaki támogatási szempontokat figyelni egy-egy döntés során. Belátható, hogy ebben igaza volt, hiszen önmagában a műszaki támogatás nem értelmezhető, annak összhangban kell állni a harcászati és hadműveleti követelményekkel.

A kritikai hangok sem vitatták ugyanakkor azokat a megállapításokat, amelyek a változtatás igényét hangoztatták. A vita legfontosabb – máig ható – tanulsága az, hogy a „műszaki tisztet kiképzési színvonal (nem anyag) tekintetében a régi hadmérnök törzskarhoz minél közelebb kell hoznunk, különös súlyt helyezve az elméletnek a csapatszolgálatban kötelező gyakorlati kiértékelésére”.¹⁹ Azaz szembesülünk a tisztképzés örök kérdésével, az elmélet és a gyakorlat arányával a képzés során.

Felhasznált irodalom

A Királyi Magyar Pázmány Péter Tudományegyetem tanrendje. Online: <https://adtplus.arcanum.hu/hu/search/results/?list=eyJmaWx0ZXJzljogeyJDT0wiOiBblkVMVEVfRWd5ZXRIbWlUYW5yZW5k-ZWsiXX0slCjxdWVyeSl6lCjY2htb2xslGVuZlJlln0>

Hadtörténelmi Levéltár, Budapest, Tiszti anyakönyvi lapok 1652/1894

Honvédségi Közlöny. Kiadja a Magyar Királyi Honvédelmi Minisztérium. Budapest, 1936–1944.

Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda K. F. T., 1938.

¹⁷ A korszerű állandó erődítés. *Magyar Katonai Közlöny*, 18. (1930), 11. 1072–1095., A korszerű műszaki vezetés. *Magyar Katonai Szemle*, 3. (1932), 1. 19–40., A korszerű vegyi háború. *Magyar Katonai Szemle*, 8. (1938), 2. 16–24.

¹⁸ A terep előzetes megfertőzése. *Magyar Katonai Szemle*, 2. (1932), 4. 139–158.

¹⁹ Reich Egon: Korszerű műszaki vezetés. *Magyar Katonai Szemle*, 3. (1933), 1. 623–635.

- Magyarság*, 19. (1938), március. Online: https://adtplus.arcanum.hu/hu/view/MagyarsagMilotayPet-ho_1938_03/?query=schmoll%20endre&pg=22&layout=s
- Pécsi Napló*, 46. (1937), 13. Online: https://adtplus.arcanum.hu/hu/view/PecsiNaplo_1937_01/?query=schmoll%20endre&pg=118&layout=s
- Reich Egon: Korszerű műszaki vezetés. *Magyar Katonai Szemle*, 3. (1933), 1. 623–635.
- Rónaföldi Zoltán: *Páncélvonataink I. kötet. A kezdetektől a Tanácsköztársaságig*. 2016. Online: <https://mek.oszk.hu/16400/16458/16458.pdf>
- Schmoll Endre: *Haditechnikai alapismeretek 1–3*. Budapest, 1929–1933.
- Schmoll Endre: A műszaki alakulatok motorizálása és mechanizálása. *Magyar Katonai Közlöny*, (1930), 5. 423–436.
- Schmoll Endre: A korszerű állandó erődítés. *Magyar Katonai Közlöny*, 18. (1930), 11. 1072–1095.
- Schmoll Endre: Repülőkkal (légi úton) szállított romboló osztagok. *Magyar Katonai Szemle*, (1931), 12. 161–170.
- Schmoll Endre: A terep előzetes megfertőzése. *Magyar Katonai Szemle*, 2. (1932), 4. 139–158.
- Schmoll Endre: Korszerű műszaki vezetés. *Magyar Katonai Szemle*, 3. (1933), 1. 15–27.
- Schmoll Endre: A korszerű vegyi háború. *Magyar Katonai Szemle*, 8. (1938), 2. 16–24.
- Szakály Sándor: *A magyar katonai felső vezetés 1938–1945*. Budapest, Ister Kiadó Kft., 2001.
- Vitéz Kalándy Imre altábornagy feljegyzései. In Rónaföldi Zoltán: *Páncélvonataink I. kötet. A kezdetektől a Tanácsköztársaságig*. 2016. 135. Online: <https://mek.oszk.hu/16400/16458/16458.pdf>

Internetes forrás

<https://fortepan.hu/hu/photos/?q=p%C3%A1nc%C3%A9lvonat>

Dénes Kálmán¹ – Kovács Zoltán²

A klímaváltozás hatásai a vízgazdálkodásra

Effects of Climate Change on Water Management

A globalizáció okozta klímaváltozásnak számos káros, napjainkban egyre gyakrabban jelentkező hatása és következménye figyelhető meg. Ennek következtében világszerte megfigyelhető gondok és problémák alakultak ki az öntözési nehézségektől kezdve, a különböző betegségek megjelenésén át, egészen háborúk kitöréséig bezárólag. Tehát jó okkal gondolunk erre mint problémára. A szerzők dolgozatukban azokat a lehetőségeket és műszaki feladatokat mutatják be, amelyeket a klímaváltozás káros következményeinek felszámolása, illetve csökkentése érdekében lehet végrehajtani.

Kulcsszavak: klímaváltozás, aszály, árvíz, vízkészlet, víztakarékosság

Climate change caused by globalisation has a number of harmful effects and consequences that are more and more common today. As a result, worldwide problems have emerged, ranging from irrigation difficulties to the emergence of various diseases, up to the outbreak of wars. So we think of this as a problem with good reason. The authors present in their study the possibilities and technical tasks that can be carried out in order to eliminate and reduce the harmful consequences of climate change.

Keywords: climate change, drought, flood, water resources, water saving

1. Bevezetés

A meggyfákon új, életerős hajtások jelentek meg egészséges levelekkel. 1–2 héttel később kinyíltak a virágok, majd a méhek áldozatos munkája nyomán a termés megkötött. A történet

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, egyetemi docens, e-mail: denes.kalman@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2951-7172>

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem, egyetemi docens, e-mail: kovacs.zoltan@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9098-1997>

egyetlen negatívuma, hogy mindez 2018. október végén történt a Pest megyei Tahitótfaluban. A klímaváltozás elkezdődött, a hatásait pedig a bőrünkön érezzük.

Kár lenne tagadni, hogy a klímaváltozás folyamatának vannak pozitív hatásai is. A felmelegedés miatt például télen egyre magasabb a napi átlaghőmérséklet,³ így jelentősen kevesebb energiát kell fűtésre felhasználnunk. Ezzel egyidejűleg kevesebb hó esik, így nem kell a hó eltakarítására annyi időt, pénzt és energiát fordítani, mint 30–40 évvel ezelőtt, vagy például 1986–87 telén.⁴ Megfigyelhető továbbá, hogy a magasabb téli átlaghőmérséklet miatt hazánk élővizein nem alakul ki tartósan vastag jég réteg, így az év egyre nagyobb részében fenntartható a vízi közlekedés és szállítás. A kevesebb hó miatt kevésbé csúszósak a közlekedési utak, így kisebb a közlekedési balesetek száma.⁵ Felelőtlennek lenne ugyan azt kijelenteni, hogy ez utóbbi kizárólagosan az enyhébb tél miatt van, de az biztosan állítható, hogy száraz úton lényegesen jobb a közlekedésbiztonság.

A klímaváltozás negatív hatásairól szükségszerűen sokkal többet lehet hallani a különböző médiumokban, mivel a folyamat és annak következményei nagyon sok problémát és kellemetlenséget okoznak a társadalomnak. Az elmúlt években számos publikáció is megjelent, amelyek ennek a folyamatnak a különböző okait, hatásait és következményeit vizsgálták és mutatták be a lakosságra és a Magyar Honvédségre vonatkoztatva, egyúttal – ezekkel összefüggésben – a biztonságra⁶ és a természeti környezetre. „Az extrém időjárás hatással van a katonai feladatokra is. 2018-ban például jelentősen megnőtt a Dunához köthető robbanótestek bejelentésének száma, ami főleg a rendkívül alacsony vízállásnak volt köszönhető.”⁷

A klímaváltozást évtizedekkel ezelőtt prognosztizálták, annak lehetséges hatásait és problémáinak megoldási lehetőségeit pedig hosszú évek óta vizsgálják és kutatják. Stratégiai tervek (például a 2008–2025 közötti időszakra vonatkozó Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia⁸), készültek, azonban mégsem történt semmilyen látványos előrelépés nemcsak a folyamat megállításra, de még a lassítására sem. Vajon mi lehet ennek az oka? Miért nem érti meg az ember, hogy a megtermelt energiával takarékoskodni kell? Miért nem gyűjti szelektíven a háztartásában keletkező hulladékot, hogy csökkenteni tudja a környezet felesleges terhelését? Miért nincs nagyobb kormányzati-politikai szándék és ráhatás (törvények és jogszabályok, adókedvezmények, támogatások által) a környezettudatos életre? Miért fontosabb a profit a gazdasági nagyhatalmak, gazdasági társaságok és nagytőkések számára, mint az, hogy egy élhető bolygót adjanak át gyermekeiknek, amikor már napjainkra is több emberöltőre való pénzt halmoztak fel? Cikkünkben azonban nem ezekre a kérdésekre keressük a választ. Műszaki emberekként sokkal inkább a jelenlegi problémákra keressük a megoldásokat.

³ Országos Meteorológiai Szolgálat: *Magyarország*.

⁴ Kurunczi Rita: *A '86–'87-es tél*. Időkép, 2010.

⁵ *KSH Közlekedési balesetek (1990–)*. Központi Statisztikai Hivatal.

⁶ Bővebben lásd: Padányi József: *Éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései*. *Hadtudomány*, 19. (2009), 1–2. 33–46.

⁷ Ember István: *A dunai alacsony vízállások tűzszerező tapasztalatai 2018-ban*. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29. (2019), 3. 65–77.

⁸ A teljes dokumentum megtalálható: 29/2008. (III. 20.) OGY határozat a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról.

A klímaváltozás okait, hatásait és káros következményeit annak érdekében vizsgáljuk, hogy egyszerű és megvalósítható megoldást kínáljunk az olvasónak a kialakult problémák megszüntetésére vagy enyhítésére, valamint a jövőben várható káros hatások megelőzésére.

2. Az éghajlatváltozás okai

A klímaváltozás okait vizsgálva könnyen juthatunk arra az elhamarkodott következtetésre, hogy az emberi tevékenység az egyetlen és egyedüli oka a légkör fokozódó felmelegedésének. Az éghajlatváltozásnak a valóságban azonban három számottevő oka van:

- Az éghajlati rendszer belső ingadozásai;
- Természetes külső tényezők;
 - naptevékenység;
 - a napállandó fluktuációjának időszora;
 - vulkánkitörések.
- Antropogén hatások;
 - az üvegházhatás erősödése;
 - aeroszolok;
 - a földi növényzet szerkezetének megváltozása;
 - az antropogén hőtermelés lokális következményei.⁹

Az antropogén hatások változásáért felelős emberi tevékenység hosszú évtizedek óta egyre nagyobb hatást gyakorol az éghajlatra és bolygónk átlaghőmérsékletére. A növekvő népesség egyre növekvő igényeinek kiszolgálását biztosító ipari és mezőgazdasági termelés lényegesen növeli a légkörben lévő üvegházhatású gázok koncentrációját, ami jelentős mértékben tovább fokozza az üvegházhatást, és ezáltal gyorsítja a globális felmelegedést. Összességében tehát mégis megállapítható, hogy az éghajlatváltozás felgyorsulása számos emberi tevékenység közös eredménye.

3. Az éghajlatváltozás hatásai

A klímaváltozás az emberiségre és a természetre egyaránt súlyos és fenyegető következményekkel járhat. A változás régen elkezdődött, ezért annak megelőzésére már nincs lehetőségünk, hiába ez lett volna a legegyszerűbb és legolcsóbb megoldás.

A klíma változásához éppen ezért elsősorban alkalmazkodnunk kell, ami azt jelenti, hogy kisebb-nagyobb mértékben át kell alakítanunk az életünket. Ezt követően a változás mérséklésére kell törekednünk, végül minél előbb, azaz minél alacsonyabb átlaghőmérsékleten meg kell állítanunk bolygónk melegedését.

⁹ Országos Meteorológiai Szolgálat: *Éghajlatváltozás okai*.

A 2017–2030 közötti időszakra vonatkozó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia¹⁰ (NÉS–2) kidolgozása során a közpolitikai cél egy olyan cselekvési terv volt, amely lefekteti azokat a célkitűzéseket, amelyek megvalósításával az éghajlatváltozás által előidézett hatások hosszú távon kezelhetők. Ez két úton valósítható meg. A nemzetközi erőfeszítésekkel összhangban mérsékelnünk kell az üvegházhatású gázok kibocsátását, továbbá – hazánk érdekeit szem előtt tartva – növelnünk kell a szén-dioxid-elnyelő kapacitásainkat.

A NÉS-2 magában foglalja:

- az éghajlatváltozás várható magyarországi hatásainak természeti és társadalmi-gazdasági következményeinek, valamint az ökoszisztémák és az ágazatok éghajlati sérülékenységeinek értékelését;
- az üvegházhatású gázok kibocsátásának 2050-ig tartó csökkentésére vonatkozó célokat, prioritásokat és cselekvési irányokat tartalmazó Hazai Dekarbonizációs Útitervet;
- a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégiát, amelynek fő célja az éghajlatváltozással és a klímabiztonsággal összefüggő kockázatok megelőzése és a károk mérséklése;
- az éghajlatváltozás megelőzését, valamint az éghajlatváltozásra való felkészülést és alkalmazkodást szolgáló szemléletformálási tevékenységek célrendszerét.¹¹

Az éghajlatváltozás egyike azoknak a kihívásoknak, amelyek közvetlenül befolyásolják az emberek mindennapi életét és életminőségét, továbbá veszélyeztetik a természeti erőforrásokat és károsítják az épített környezetet és infrastruktúrát. Emiatt hazánkban a folyamat várható hatásai a természeti erőforrásokra kiemelt figyelmet kell hogy kapjanak. Ezek között részletesen kell vizsgálni a vizeket, a talajt, az erdőket és a biológiai sokféleséget.

Az éghajlatváltozás várható humán és társadalmi-gazdasági következményeit a NÉS–2 részletesen bemutatja. A vizsgált szakterületeken (például mezőgazdaság, katasztrófavédelem, épített környezet, települési infrastruktúra, energiagazdálkodás stb.) bekövetkező hatások önmagukban is komoly kihívást jelenthetnek az emberiségnek, ezek együttes hatása azonban megoldhatatlan feladat elé állíthatja a döntéshozókat és a szakembereket egyaránt. „A mezőgazdasági vízigényt tekintve pl. elmondható, hogy az ország egyes részein a növénytermesztés szinte állandó vízhiánnyal küszködik és öntözőcsatornák, illetve a felszín alatti vízkészletek igénybevétele öntözésre kényszerül. Ez alapvetően beruházás-igényes és nagyban emeli a termelési költségeket még akkor is, ha a termelékenységre és a termés minőségére egyaránt pozitív hatást gyakorol.”¹²

Az elmúlt évtizedek kutatásai, publikációi és megfigyelései alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a problémák számottevő részét a csapadékvizek okozzák. Problémát okoz a sok csapadék, mert árvizet, villámárvizet okoz, és problémát okoz akkor is, ha kevés, mert a kialakuló aszály miatt például csökken a mezőgazdasági termelés. Ebből adódóan a csapadékok terület-

¹⁰ 23/2018. (X. 31.) OGY határozat a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról.

¹¹ 23/2018. (X. 31.) OGY határozat.

¹² Berek Tamás: A víz, mint környezeti erőforrás a Kárpát-medencében, vízbázisok, vízbiztonság. In Csengeri János – Krajnc Zoltán (szerk.): *A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015. 61–73.

egységre vonatkozó mennyiségi változását mérni szükséges, ennek a változásnak a lehetséges következményeit pedig vizsgálni kell.

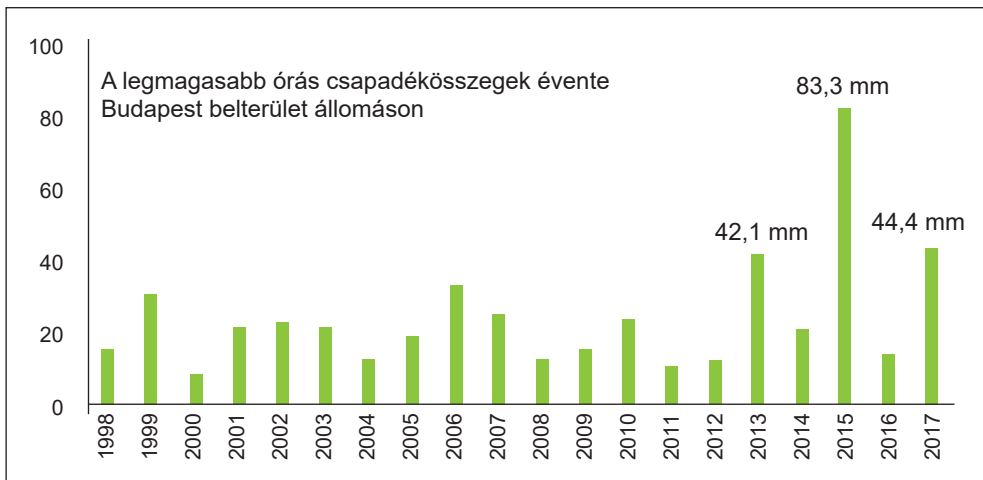
Magyarországon az átlagos havi csapadékösszegek értéke ~30–70 mm¹³ között változik. Ebből adódóan hazánk éghajlati viszonyai között az egyes időegységek alatt leesett alábbi csapadékok már kivételesen nagyoknak számítanak:

- 1 perc alatt: 2 mm;
- 1 óra alatt: 40 mm;
- 1 nap alatt: 100 mm;
- 1 év alatt: 1000 mm.

Mindezek ismeretében tekintsünk át néhány esetet, amelyek az átlagosnál nagyobb esőzéssel jártak. Az 1. ábra a legmagasabb órás csapadékösszegeket mutatja Budapest belterület állomáson 1998–2017 között. Ezek közül érdemes kiemelni az alábbi két esetet:

2015. augusztus 17-én 83,3 mm hullott egy óra alatt Budapest belvárosában (az OMSZ¹⁴ székház területe).

2017. május 23-án intenzív csapadékrendszer özönvízserű esőzést okozott Budapest több pontján. Egy óra alatt mintegy 44 mm csapadék hullott Budapest belvárosában (az OMSZ székház területe).¹⁵



1. ábra. Az órás csapadékösszegek éves maximumai Budapest belterület állomáson

Forrás: Lakatos–Hoffmann (2017) i. m.

¹³ Országos Meteorológiai Szolgálat: *Magyarország csapadék viszonyai*.

¹⁴ OMSZ: Az Országos Meteorológiai Szolgálat nevének rövidítése.

¹⁵ Lakatos Mónika – Hoffmann Lilla: *Rendkívüli csapadékhullás Budapest belvárosában*. Országos Meteorológiai Szolgálat, 2017.

Az OMSZ mérései alátámasztják,¹⁶ hogy a szélsőséges éghajlati események gyakoribbá váltak. Ez a ténymegállapítás, vagyis a legutóbbi évek heves időjárás eseményei indokoltá tehetik a mérnöki gyakorlatban használatos szabványok és a mértékadó csapadékmennyiségek felülvizsgálatát.

Az éghajlati változékonyság következtében a mérsékelt égövi területeken várhatóan kialakuló szélsőséges eseményeket és az általuk előidézett hatásokat foglalja össze az 1. táblázat.

1. táblázat. Éghajlati változékonyság, szélsőséges események és az általuk előidézett hatások a kontinenseinek mérsékelt égövi területére szorítkozva

A 21. század szélsőséges éghajlati jelenségeinek előrelátható változásai és ezek valószínűsége a kontinensek mérsékelt övi részeiben	Az előrejelzett hatások példái (az egyes területeken az előfordulás megbízhatósága mindig magas)
A szárazföldön szinte mindenhol magasabb maximumhőmérsékletek, több meleg nap és hóhullám. (nagyon valószínű)	<ul style="list-style-type: none"> • Az állat- és vadállomány növekvő hőterhelése. • Turisztikai célterületek átalakulása. • Megnő számos termény károsodásának kockázata. • Növekvő kereslet az elektromos hűtésre, csökken az energiaszolgáltatás megbízhatósága.
A szárazföldön magasabb minimumhőmérséklet, kevesebb hideg és fagyos nap, ill. lehúlési hullám. (nagyon valószínű)	<ul style="list-style-type: none"> • Csökken a hideg jelentősége a morbiditás és mortalitás jellemzőiben. • Számos termény károsodásának kockázata csökken, miközben másoké nő. • Egyes kártevők és betegséghordozók aktivitása nő, hatóköre tágul. • Csökkenő fűtési energiaszükséglet.
Több intenzív csapadékkal járó esemény. (nagyon valószínű, sok területen)	<ul style="list-style-type: none"> • Az árvíz, földcsuszamlás, lava és sárfolyam okozta káresemények növekedése. • Növekvő talajerózió. • Az áradások növekvő vízhozama újra feltöltheti egyes ártéri területek víztartó rétegeit.
Növekvő nyári szárazság a mérsékelt szélességeken az aszálykockázat növekedése mellett. (valószínű)	<ul style="list-style-type: none"> • Csökkenő terméshozam. • Az épületek alapozásának károsodása talajzsugorodás miatt. • Csökkenő mennyiségű és minőségű vízellátás. • Erdőtüzek kockázatának növekedése.

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat: Hatások, alkalmazkodás.

A klímaváltozás hatására hazánkban az alábbi hatások bekövetkezése várható:

- az égövre jellemző vegetáció határainak eltolódása;
- a társulások és táplálékhálózatok átrendeződése;
- a természetes élővilág fajainak visszaszorulása, különösen az elszigetelt élőhelyeken;
- hosszú távon a biológiai sokféleség csökkenése;
- inváziós fajok terjedése, új inváziós fajok (például kártevő rovarok és gyomok) megjelenése;
- az élőhelyek szárazabbá válása (például vizes élőhelyek eltűnése, homokterületek sivatagosodása);
- ökoszisztéma-funkciók károsodása;
- a talajok kiszáradása, a talajban lezajló biológiai folyamatok sérülése;
- a tüzesetek gyakoribbá válása.¹⁷

¹⁶ Lakatos–Hoffmann (2017) i. m.

¹⁷ Országos Meteorológiai Szolgálat: *Hatások, alkalmazkodás.* i. m.

4. Az éghajlatváltozásra adott válaszok

Tekintettel arra, hogy a NÉS–2 prognózisa szerint Európa egyik legsérülékenyebb országa Magyarország, ezért a várható következmények elhárítása érdekében az alkalmazkodás és a felkészülés teendői be kell hogy épüljenek a szakpolitikai tervezésbe és a gazdasági döntéshozatalba. A fokozott kockázat miatt kiemelten kezelt területek: a) mezőgazdasági termésbiztonság; természeti értékeink; emberi egészség; vízgazdálkodás.

A NÉS–2-ben megfogalmazott Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv, KJT) bemutatja a klímaváltozás negatív hatásait a vizeinkre és a hazai vízgazdálkodásra. A jövőbeni időjárási szélsőségek az elérhető víz mennyiségének csökkenését eredményezhetik, miközben a társadalom és gazdaság részéről a vízigények várhatóan növekedni fognak. A területi vízgazdálkodás (árvízmentesítés és -védekezés, síkvidéki vízrendezés, belvízvédekezés, mezőgazdasági vízgazdálkodás, folyógazdálkodás, vízi utak, vízenergia-hasznosítás) kulcsfontosságú. A KJT átfogó, hosszú távú céljai között kiemeli, hogy a vizek okozta károk megelőzését előtérbe kell helyezni a védekezés helyett; a vízgazdálkodási rendszerek és a területhasználati módok összehangolt alakításában pedig lényeges, hogy a víz káros bősége a vízhiány mérséklésére legyen fordítható.¹⁸

A KJT a célokon túl az azok eléréséhez szükséges intézkedéseket, súlyponti feladatokat is meghatározza, Ezek között jelennek meg:

- a vízvisszatartás és vízszétosztás a vizeink jobb hasznosítása érdekében;
- a kockázatmegelőző vízkárelhárítás; a vizek állapotának fokozatos javítása, a jó állapot elérése;
- a minőségi víziközmű-szolgáltatás és csapadékvíz-gazdálkodás;
- a társadalom és a víz viszonyának a javítása;
- a vízgazdálkodás gazdasági szabályozó rendszerének újjászervezése;
- a tervezés és irányítás megújítása.¹⁹

A Nemzeti Vízstratégiában megfogalmazott feladatokat, vagyis a hazai vízgazdálkodást, annak problémáit és az abban rejlő lehetőségeket évtizedek óta kutatjuk. A megállíthatatlannak látszó urbanizációs folyamatok miatt olyan következményekre (például növekvő vízigények miatt kialakuló vízhiány, fokozódó szennyvízterhelés stb.) kell felkészülnünk a vízgazdálkodásban (sok más terület mellett), amelyek kezelése a hagyományostól eltérő felkészültséget, módszereket és szemléletet igényelnek.

A településeken, elsősorban a városokban élő lakosság növekvő, koncentráltan jelentkező vízigényei, a kibocsátott szennyvíz minősége és mennyisége, a vízgyűjtő terület gyors válasza a csapadékra (például villámárvizek kialakulása), a felszíni lefolyás szennyezettségének speciális jellege és mértéke, továbbá a vízi és más közművek nagy koncentráltága mind-mind különleges körülményeket jelentenek, amelyeket a települések vízgazdálkodásával foglalkozó műszaki szakembereknek figyelembe kell venniük. A települési vízgazdálkodás összetettségét

¹⁸ 23/2018. (X. 31.) OGY határozat.

¹⁹ 23/2018. (X. 31.) OGY határozat.

az adja, hogy nem csupán a vízellátás és csatornázás infrastruktúrájával kell foglalkozni, hanem a környezetszennyezés egyidejű csökkentésével, a rendelkezésre álló vízkészletek fenntartható használatával, az árvízvédelemmel és a különböző ágazatok koordinálásával is.

Kiemelten fontos például a csatornázatlan területek szennyvízkezelésének megoldása. „Kis lélekszámú agglomerációk esetében vagy ott, ahol nem gazdaságos a központi szennyvíztisztító rendszerhez csatlakozni decentralizált, egyedi szennyvíztisztítási módok jöhetnek számításba. Egyedi kiserendezés alkalmazható családi házak, társas házak, üdülő területek, közintézmények, esetlegesen autópálya pihenők esetében, ahol a kapacitás nem haladja meg az 50–100 lakosegyenértéket.”²⁰

5. Az éghajlatváltozás vízgazdálkodásra ható káros következményei megszüntetésének vagy csökkentésének műszaki lehetőségei

Tekintettel arra, hogy a problémák számottevő részét – közvetlenül vagy közvetve – a csapadékvizek okozzák, ezért célszerűnek tartjuk a megoldást is a „csapadékvizekben”, még inkább a természetes vizekkel való gazdálkodásban keresni.

Az OMSZ és a NÉS előrejelzései szerint a jövőben egyre gyakoribbá válik majd a több intenzív csapadékkal járó időjárási események száma. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy néhány nap alatt esik le a teljes havi csapadékmennyiség. Ebből adódóan nem engedhetjük meg, hogy ez a vízmennyiség felhasználás nélkül, rövid időn és úton belül vízlevezető árokban folyjon le a területről.

A legnagyobb tározó térfogat a talaj, azonfelül ingyen és nagy mennyiségben rendelkezésre áll. A lakott településeken kívüli terepről lefolyó csapadékvizeknek ráadásul megvan az a nagy előnye, hogy nem tartalmazza a városokban nagy mennyiségben megtalálható, élő szervezetekre rendkívül káros szennyezőanyagokat, mint a nehézfémeket, olajokat stb. Annak érdekében tehát, hogy a területre hulló csapadékvíz nagyobb hányada helyben hasznosítható legyen, elő kell segíteni a csapadék talajba történő beszivárgását. Ezáltal egyrészt megnöveljük a talajban elraktározott (és onnan később felhasználható) vízkészlet mennyiségét, másrészt a nagy intenzitású csapadékok nem okoznak majd komoly pusztítással járó villámárvizeket, ezáltal károkat.

A következő néhány műszaki megoldás egyszerű és könnyen kivitelezhető, ugyanakkor nagyon is fontos válasz lépés lehet az éghajlatváltozás következtében kialakult és a jövőben várhatóan fokozódó vízhiányra:

- csapadékvíz-visszatartás a vízgyűjtő terület domborzati, növényborítottsági és talajadottsági tulajdonságainak módosításával;
- csapadékvíz-visszatartás tározók építésével;
- csapadékvíz-visszatartás szikkasztóárkok vagy szikkasztóakna létesítésével;
- csapadékvízgyűjtés ingatlanok területén;
- föld alatti vízkészletek (rétegvizek) visszatöltése;

²⁰ Karches Tamás – Papp Tamás: Egyedi szennyvíztisztító kiserendezés alkalmazhatóságának bemutatása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018), 4. 158–163.

- vésztározók, árapasztó tározók építése;
- vízfolyások vízszintjének emelése fix és mozgatható fenékküszöb építésével;
- vízfolyások mederrendezése (meder kotrása, hordalékfogók építése stb.);
- mesterséges csatornák építése öntözés miatt, valamint árapasztás-árvízmegeosztás érdekében.

6. Összegzés

Hazánk rövid távon néhány gazdasági szempont alapján ugyan nyertese lehet a klímaváltozásnak, hosszú távon azonban várhatóan szembe kell néznünk számos súlyos, az életmódunkat is befolyásoló változással. Az egyre súlyosbodó klímaválság megoldásának a legegyszerűbb módja az lenne, ha egyik napról a másikra leállnánk a fosszilis energiahordozók elégetésével, és teljesen áttérnénk a megújuló energiák felhasználására. Ezt kivitelezni azonban a jelenkori társadalom igényei, a politikai és főként a gazdasági érdekek miatt meggyőződésem szerint lehetetlen. A klímaváltozásra, annak káros hatásaira azonban megoldást kell adnunk.

A jövőben egyre fokozódó vagy előre láthatóan bekövetkező különféle problémák kezelése komplex megoldást igényel. Ebben a munkában a műszaki szakemberek javaslatokat és műszaki megoldásokat fogalmaznak meg, a döntéseket pedig ezek alapján a politikusok hozzák meg, majd megalkotják a végrehajtáshoz szükséges jogszabályokat.

Felhasznált irodalom

- Berek Tamás: A víz, mint környezeti erőforrás a Kárpát-medencében, vízbázisok, vízbiztonság. In Csengeri János – Krajnc Zoltán (szerk.): *A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században*. Budapest, Nemzeti Közszerkesztési Egyetem, 2015. 61–73. Online: http://real.mtak.hu/31932/7/konyv_vegleges_mta_real.pdf
- Ember István: A dunai alacsony vízállások tűzszerező tapasztalatai 2018-ban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29. (2019), 3. 65–77. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.3.5>
- Karches Tamás – Papp Tamás: Egyedi szennyvíztisztító kisberendezés alkalmazhatóságának bemutatása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28. (2018), 4. 158–163. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1536/853>
- Padányi József: Éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései. *Hadtudomány*, 19. (2009), 1–2. 33–46. Online: http://mhtt.eu/hadtudomany/2009/1_2/033-046.pdf

Jogi források

- 29/2008. (III. 20.) OGY határozat a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról. Online: <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a08h0029.OGY>
- 23/2018. (X. 31.) OGY határozat a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitékintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról. Online: www.parlament.hu/irom40/15783/15783.pdf

Internetes források

- KSH Közlekedési balesetek (1990–). Központi Statisztikai Hivatal. Online: www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ods001.html
- Kurunczi Rita: A '86–'87-es tél. Időkép, 2010. Online: www.idokep.hu/hirek/a-86-87-es-tel-lakatos-monika-hoffmann-lilla
- Lakatos Mónika – Hoffmann Lilla: *Rendkívüli csapadékhullás Budapest belvárosában*. Országos Meteorológiai Szolgálat, 2017. Online: www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=1885&hir=Rendkívüli_csapadekhullas_Budapest_belvarosaban
- Országos Meteorológiai Szolgálat: *Éghajlatváltozás okai*. Online: www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/eghajlatvaltozas_okai/
- Országos Meteorológiai Szolgálat: *Hatások, alkalmazkodás*. Online: www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/hatasok-alkalmazkodas/
- Országos Meteorológiai Szolgálat: *Magyarország*. Online: www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarország/
- Országos Meteorológiai Szolgálat: *Magyarország csapadék viszonyai*. Online: www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/

Ember István¹ – Szilágyi-Kiss Hajnalka²

Drónok a Közel-Keleten

Drones in the Middle East

A Közel-Kelet egy olyan konfliktuszóna, amelyet folyamatosan szükséges vizsgálni. Mivel a vallási és etnikai kérdések jelentős forrásai a térségben folyó katonai, félkatonai és terroristaszervezetek műveleteinek, nem várható jelentős csillapodás azokban. A drónok mint napjaink pilóta nélküli repülőeszközei egyre nagyobb szerepet töltenek be ezekben a konfliktusokban, ezért fontos összegezni azok felhasználási lehetőségeit. Mindezek mellett elengedhetetlen, hogy az egyre fejlődő technikai eszközökkel lépést tartva keressünk modern megoldásokat a katonáknak, akik a hadszíntéren tevékenykednek. Jelen esetben a tűzszerész-szakfeladatok támogatásához azonosítjuk be azokat a technikai elvárásokat, amelyekkel egy ilyen repülőeszköznek rendelkeznie szükséges.

Kulcsszavak: drón, Közel-Kelet, terrorizmus, tűzszerészet, kritériumok

The Middle East is a decisive conflict zone which demands continuous attention. Due to religious and ethnic difficulties, there is no chance to decrease the number of armed operations of military, paramilitary and terrorist organisations. Nowadays, the role of drones or unmanned aerial vehicles is increasing in these conflicts and this is the reason why it is necessary to sum up the possibilities of their usage. Besides, it is also necessary to look for high-tech solutions for troops serving in that area. In this study, we identify those technical criteria which are essential for a drone in operational environment supporting explosive ordnance disposal soldiers.

Keywords: drone, Middle East, terrorism, explosive ordnance disposal, criteria

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Műveleti Támogató Tanszék, egyetemi tanársegéd, e-mail: Ember.Istvan@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9877-0366>

² Hungary Helps Ügynökség, Keresztény Ösztöndíjprogram, projektmenedzser, e-mail: hajnalka.szilagyikiss@hungaryhelps.gov.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2930-0467>

1. Bevezetés

A Közel-Kelet a világ egyik kiemelkedő geostratégiai jelentőségű régiója a három földrész, Afrika, Európa és Ázsia találkozásánál, ahol egymást követik az összeütközések, amelyek globalizálódó világunkban már nemzetközi szinten is éreztetik hatásukat, hisz mind a nagyhatalmak, mind az itt élő népek részesedni szeretnének a régió nyújtotta előnyökből. A hatalmas földgázmezőkön kívül a világ olajtartalékának több mint a fele is itt található,³ amely nélkülözhetetlen az energiaszükséglet biztosításához. Ez komoly biztonsági kihívást jelent.

A Közel-Keleten zajló konfliktusok helyi és regionális következményein kívül ezek hatása nemzetközi szinten is megmutatkozik. A jelenleg iszlám vallású államok mai határai az I. világháborút követően alakultak ki brit és francia döntések alapján, ezek nem tükrözik a vallási, kulturális és etnikai megosztottságot. E feszültségeket a gyarmatosítás csak tovább mélyítette. Az arab összefogás jelentősen erősödött a régióban. Az 1970-es évekre az iszlám már nemcsak vallás, hanem politikai ideológiává vált.

Napjaink konfliktusai igen dinamikusán változnak a technikai fejlődéssel megegyező ütemben. A modern technikai megoldások megjelennek az egyes hadseregek arzenáljában, és kis idő elteltével a szemben álló fél – amely a Közel-Kelet aktuális helyzetét figyelembe véve alapvetően valamilyen terrorszervezet vagy paramilitáris szervezet – szintén alkalmazni fogja ezeket az újításokat. Természetesen a technikai színvonal nem egyezik meg, de ettől még veszélyes és pusztító erőt képviselhetnek.

A pilóta nélküli repülőeszközök vagy drónok szintén ilyen eszközök. Manapság teljesen hétköznapi a civil felhasználásuk és a katonai műveletek során is fontos a szerepük. Dolgozatunkban áttekintjük a közel-keleti konfliktuszóna kialakulásának hátterét, azokat az összefüggéseket, amelyek a jelenlegi helyzet kialakulásához vezettek, továbbá beazonosítjuk a drónok szerepét a terror eszközöként, és megvizsgáljuk a szövetségi műveletekben alkalmazott drónok szükséges képességeit a tűzszerész-szakfeladatok vonatkozásában.

2. A közel-keleti konfliktusok és azok etnikai-kulturális és vallási gyökerei

A szunnita és síita iszlám közötti ellentét feloldhatatlannak látszik. A 2017-es adatok alapján, a világon élő 7,5 milliárdos globális népességből majdnem 1,8 milliárd muszlim többsége (87–90%) szunnita, 10–13% síita.⁴ A Közel-Keleten a lakosság 93–95%-a iszlám vallású, a szunnita muszlimok gyakorolják a hatalmat a legtöbb arab országban. Síita többségű országok Irán, Irak és Jemen.

Az arabok és perzsák közötti kulturális és történelmi megosztottság hozzájárult a szunnita–síita szakadáshoz. Az arabok a sémi–hámi népek közül származnak, és többségük mára szunnita,

³ Central Intelligence Agency: *The World Factbook*.

⁴ Kis-Benedek József: A konfliktusok vallási gyökerei a Közel-Keleten, A vallási elemek jelentősége napjaink fegyveres konfliktusaiban és biztonsági kihívásaiban. *Hadtudomány*, 28. (2018a), 2. 82.

míg a perzsák a kurdokkal együtt az indoeurópai népek sorába tartoznak, és mára többségük síita. A Perzsa Birodalom i. e. 550-tól i. sz. 636-ig állt fenn, amikor az arabok támadásai miatt a szászánida hatalom összeomlott. Ezt követően Perzsia területe egyre csökkent. Mára a perzsa nép Iránba szorult vissza. Több térségbeli országra kiterjedő probléma a kurdkérdés. Legfőképp Irakban, Törökországban, Szíriában és Iránban okoz gondot, hisz egy iráni eredetű 40 milliós népről beszélünk az említett országok területein, ahol kisebbségként élnek és küzdenek jogaikért.

A térségben tapasztalható másik fő konfliktusforrás a keresztények és muszlimok között tapasztalható. Mezopotámia őslakosai az első és a harmadik század között tértek át a kereszténységre. Az első századtól kezdve, az apostoli kor után létrejöttek az ókeresztény egyházak. A pogány istenek templomai egyre inkább elnéptelenedtek. Irak volt a keleti kereszténység bölcsője, innen terjedtek el a szertartások India, Közép-Ázsia és Kína irányába. Jézus követői, tanítványai kezdték hirdetni és terjeszteni a keresztény vallás tanait, ezáltal univerzálissá téve azt. A térségben az asszír keleti egyház eredete Tamás apostolig nyúlik vissza, aki Krisztus keresztre feszítése után alig három évvel az Edesszai Királyságban megalapította az ottani keresztény közösséget. Ez akkoriban a Római Birodalomtól független állam volt, ezért sok keresztény menekült ide a későbbi üldöztetések elől.

Mohammed munkásságának következtében az iszlám térhódítás eredményeképpen 850 körülre a Bizánci Birodalom a mai Görögország és Törökország területére húzódott vissza, és a Földközi-tenger környéki régiót az iszlám vallású Abbászidákon kívül a kalifák uralma alatti független királyságok dominálták évszázadokon keresztül. A keresztények magasabb képzettségük végett évszázadokon át magas méltóságokba juthattak. A mára három nagy monoteista világvallás, a judaizmus, a kereszténység, illetve az iszlám többszáz éven keresztül egymás mellett képes volt megmaradni a régióban.

A 11. század végén, az európai kereszténység legfőbb vezetője, II. Orbán pápa nem akarta a legfőbb keresztény emlékhelyeket, Jézus sírját a muszlimok által meghódított területként látni, és harcolni kezdett a Szentföldért. A kereszties hadjárat annak idején Jeruzsálemben indult, Jézus sírjának felszabadítása érdekében. Itt gyökereznek azok a keresztény–muszlim háborúk, amelyekben a keresztények veszteségeket szenvedtek. Az Oszmán Birodalom fennhatósága volt jellemző egészen az I. világháborúig. Ezt követően a győztes nagyhatalmak felosztották a térséget, és megalakultak az első önálló arab államok. 1948-ban itt jött létre Izrael, a zsidó állam, amely megalapozta a mélyen gyökerező, már-már szinte megoldhatatlannak bizonyuló arab–izraeli szembenállást, illetve a palesztin–izraeli konfliktust.⁵ Ezzel a Közel-Kelet újra destabilizálódott.

A 14. századig az iraki lakosság többségét keresztények alkották.⁶ Főképpen tudományos területeken segítették az iszlám civilizáció fejlődését. Az Abbászida Kalifátus idején közel 500 évig Bagdad volt az iszlám politikai és kulturális központja, és ebben az időszakban tovább virágoztak a keresztény közösségek és kolostorok.

⁵ Selján Péter: A közel-keleti hatalmi egyensúly átalakulása. *Nemzet és Biztonság*, 9. (2016), 4. 31.

⁶ Kis-Benedek József: Keresztények helyzete a MENA térségben. *Hadtudomány*, 28. (2018b), elektronikus lsz. 218.

3. A vallás mint aktuális konfliktusforrás

A 19. század végén a keresztény lakosság hozzájárult a térség felvirágoztatásához. Megjelentek a nyugati cégek. Ezek terjedéséhez segítséget nyújtott a kereszténység is. A nem muszlim vallás képviselőinek is járt bizonyos szabadság. Jellemző volt a globalizáció, vagyis a világcégek helyi viszonyokhoz való alkalmazkodása. Növekedett az életszínvonal. Az iparosodás a kereszténység terjedését vonta maga után, amely együtt járt a helyi szokások felszámolásával, a nyugati értékek bevezetésével: utak, vasutak épültek, megélné vált a kereskedelem. A 19. század a keresztények számára demográfiai szempontból is aranykornak minősíthető. A 20. század elejére a keresztények aránya a lakosság 7%-áról 33%-ra növekedett Szíriában, Libanonban és Palesztinában.⁷ A keresztény közösségek megerősödése, elkülönülése oda vezetett, hogy egyre kevesebben kötöttek házasságot muszlimokkal, tértek át erre a vallásra.

Az Oszmán Birodalom széthullása után a Közel-Kelet államai igyekeztek a nyugati országról példát venni, az állam és egyház erőszakos szétválasztására, az iszlám hitéletbe való visszaszorítására törekedtek. Erre való reakcióként az iszlám kezdett átpolitizálódni, és megindult az újjászületés folyamata: az iszlám szembe fordult a világi hatalom szekularizációs törekvéseivel, az iszlám kormányzás és törvényesség formáinak visszaállítását hirdette meg,⁸ miközben a Nyugatot a gazdasági hanyatlás fő okaként jelölte meg. Egyre inkább az iszlám újjászületése volt tapasztalható a Közel-Keleten. A szociális és gazdasági gondok és a nyugati cégek jelenléte miatti fejlődés hamarosan átfordult gazdasági függésbe. Izrael állam létrehozása a muszlim területen az iszlám világ nyugatképét meglehetősen átírta. A közvetlen brit irányítás felszámolásának folyamata 1960 és 1970 között lezajlott a régióban. „A 70-es évekre az olajár-robbanása megnövelte számos muzulmán állam jövedelmét és hatalmát, megerősítette bennük azt a hitet, hogy képesek lehetnek kitörni a Nyugattal szembeni függő viszonyukból.”⁹ Az iszlám újjászületése egyfajta forradalmi mozgalomként indult, főleg diákokat, értelmiségieket érintett. A radikális eszmék irányába mutató egyik meghatározó fundamentalista irányzat a szalafizmus, amely az iszlám vallás egy ultrakonzervatív ága, és visszatér a muszlimok első három nemzedéke hagyományaihoz, rohamosan terjedt. A muszlim-keresztény viszony kialakuló feszültségeit csak eleinte oldotta a pánarab eszme és a terjedő szekularizáció. Az addigi szekuláris rendszerek politikai-társadalmi kudarcai helyzetbe hozták az addig háttérbe szorult politikai iszlámot.

A Közel-Kelet jelentősen lemaradt a globalizáció folyamatában. A gazdaságok az olajexporton, segélyeken vagy külföldön dolgozó családtagok keresetén alapultak. A szakadék csak növekedett kelet és nyugat között, és a folyamatosan fejlődő műholdas televíziózás lehetőséget adott a tömegek manipulálására.

Az 1990-es évek derekán még csak Iránban és Szudánban jutott hatalomra kifejezetten iszlám kormány, viszont a legtöbb muszlim állam kormánya egyre inkább iszlamizálta a törvényt, hisz monarchia, egypártrendszer, katonai diktatúra, személyi diktatúra volt jellemző az államvezetésre, ilyenfajta változtatások akadálymentesen átvihetők voltak.

⁷ Kis-Benedek (2018a) i. m. 84.

⁸ Póczik Szilveszter: *Az iszlám forradalom. Négy műhelytanulmány a radikális iszlámról*. Budapest, Publiikon, 2016. 75.

⁹ Kis-Benedek (2018a) i. m. 91.

Az említett etnikai-kulturális és vallási ellentétekhez a térségben hozzájárult az iraki háború, majd a szíriai polgárháború. 2003-ban az USA által indított invázióval kezdődött a nyolc évig tartó iraki fegyveres összeütközés, amely megdöntötte Szaddám Huszein kormányát. Felkelés tört ki a megszálló erők, de az új iraki kormány ellen is. Az USA 2011 decemberében vonta ki az ott állomásozó katonai csapatát Irak területéről. A keletkező légüres térbe 2014. június 29-én benyomult az Iszlám Állam (ISIS), és Irak északi részén területeket foglalt el, iszlám kalifátussá nyilvánítva azokat. „Irak történetében most először, Moszulban nem élnek többé keresztények. Az Iszlám Állam a jelek szerint eldöntötte, hogy az általa ellenőrzött területeken eltörli még a nyomát is minden kisebbségi csoport jelenlétének.”¹⁰ Az Abu Bakr al-Bagdadi parancsnoksága alatt álló terrorszervezet az iszlámon kívül semmilyen más vallást nem tűrt el. Vizsgáljuk meg, miért és hogyan volt lehetősége alkalmazni a nyugati embertől oly távol álló eszközöket céljainak elérése érdekében.

4. A terror esszenciális fegyvere

A térség vonatkozásában sok információval rendelkezünk, a konfliktusok forrásai is ismertek és a jelenlegi trendek is beazonosíthatók. A Közel-Keleten folyó konfliktusok során a harcoló felek alapvetően eltérőnek nevezhető módszereket alkalmaznak, alkalmaztak. Ennek oka lehet a klasszikus értelemben vett aszimmetria¹¹ a szemben álló erők között, amely a valamely tekintetben gyengébb oldalt olyan módszerek alkalmazására ösztönzi, amelyek nem kizárólag az élőerő direkt pusztításával érnek el számukra sikereket.

Ez azonban nem új keletű módszer. A gyengébb fél sokszor választ olyan taktikát, amely a szokásostól eltérő és a meglepetés erejével képes a pusztításon kívül morált romboló hatást is kiváltani. A gerillák és partizánok már évszázadokkal ezelőtt ilyen vagy ehhez hasonló módszereket alkalmaztak az aszimmetria kiegyenlítésére. A szárnyak támadása kis csoportokkal, amelyek gyorsan visszavonulnak és köddé válnak, és egyéb hirtelen rajtaütések mind-mind elősegíthetik, hogy sikereket érjenek el olyan haderővel szemben, amelyeknek hagyományos módon nem tudnának jelentős károkat okozni.¹²

Manapság az improvizált robbanótestek¹³ jól kiegészítik ezeket a módszereket. Ezek az improvizált pusztítóeszközök alapvetően nem üzemi körülmények között készülnek, bár alkotóelemeik lehetnek katonai eredetű robbanótestek.¹⁴ A félkatonai vagy paramilitaris szervezetek számára

¹⁰ Morvay Péter: Al-Baghdadi terrorkalifátusa kiirtaná a keresztényeket, Kardélre szántak. *Hetek*, 18. (2014), 30.

¹¹ Krajnc Zoltán: Az aszimmetrikus hadviselés, fenyegetés alapkérdései. *Repüléstudományi Közlemények*, 20. (2008), ksz. 1–7. és Horváth Tibor: Az IED hálózat, mint korunk egyik aszimmetrikus kihívása In Krajnc Zoltán – Csengeri János: *Humánvédelem – békeműveleti és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése (Tanulmánygyűjtemény I., e-book)*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, 2016. 303–307.

¹² Forgács Balázs: *Gerillák, partizánok, felkelők. Az irreguláris hadviselés elméletének története*. Budapest, Zrínyi, 2020. 16–22.

¹³ A köznyelvben pokolgépek. Angol elnevezésük: *Improvised Explosive Device*, rövidítve: IED.

¹⁴ Kovács Zoltán: Repülőteri létesítmények fizikai védelme IED ellen. *Repüléstudományi Közlemények*, 26. (2014), 2. 106. és Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012a), ksz. 35–36.

nem jelent morális vagy jogi kérdést ilyen mértéktelen sérülést okozó fegyverek alkalmazása. Alkalmazásukat általánosan vizsgálva lehet, hogy konkrét célpont ellen, bosszúként, vagy pusztán zavarkeltés miatt használják őket.¹⁵ Ezek a merénylők által alkalmazott halálos eszközök több formában készülhetnek.¹⁶ Mi több, gyakorlatilag bármilyen formában elkészítheti őket a bombagyáros, kizárólag a képzelete és a cél szab határt a megvalósításnak. Ez utóbbi vonatkozás tűzszerészszakmai szempontból igen jelentős, mert a szakemberek felkészítése a hatástalanításra jelentősen összetettebbé válik. Nem elég pusztán eljárásokat megtanulni, eltérő gondolkodásmódot és szemléletet kell kialakítani azokban a katonákban, akik talán az egyik legnehezebb feladatot hajtják végre a művelési területeken.

Ezek az úgynevezett bűnös céllal készített robbanótestek sok összetevőből készülhetnek, és talán a házi készítésű robbanóanyagok¹⁷ a legérdekesebbek a katonai műszaki szemléletű olvasóknak. A robbanóanyagok alapvetően biztonságosan felhasználható, de mégis veszélyes anyagok és keverékek, amelyek kezelhetőségét az ipari körülmények közötti gyártás szavatolja, olyan módon, hogy a végtermékek tulajdonságai¹⁸ egyes meghatározott értékeken belül mozognak. Ez házi körülmények között igen nehezen megoldható, ezért sok esetben¹⁹ az elkészített vegyületek a készítőkre, telepítőkre hasonlóan veszélyesek, mint a célpontokra. Értelemszerűen a hatástalanítás során sem lényegtelen, hogy szabvány katonai robbanótestek, ipari vagy házilag készített robbanóanyag, robbanásra képes vegyület az improvizált robbanótest egyik fő eleme.

A módozatok tehát végtelenek a fenti fegyver esetében, de szót kell ejteni egy olyan változatról, amely, ha lehetőségként is, de súlyos károk okozására képes. Az atom-, biológiai és vegyi²⁰ fegyverek (ABV) felhasználásával készült bűnös célú robbanótestek alkalmazása komoly nehézségeket hordoz a terroristák számára, mert beszerezni őket korántsem egyszerű, másrészt kezelésük igen nagy szakértelmet igényelhet. Biológiai ágensek, vegyi anyagok, nukleáris vagy sugárzó elemek integrálása egy-egy improvizált robbanótestbe és annak elműködtetése²¹ – főleg, ha ez gyakorivá válik – olyan szintre emelné a terrorizmust, amelynek jelenleg beláthatatlan következményei lennének. Bár ez nem igazolható egyértelműen, de véleményünk szerint itt egy tipikusnak nevezhető „status quo” helyzet tapasztalható, miszerint egyes országok hasonló csapásokkal válaszolnának a nemzetközi egyezmények ellenére. Ez elrettentő lehet a terroristaszervezetek számára, hiszen akár a teljes megsemmisülésük is lehet az ára – ebben az esetben jelentős civil áldozattal számolva – az ABV-eszközökkel kombinált támadásoknak, improvizált robbanótesteknek.

¹⁵ Lukács László: Épületek elleni robbantásos cselekmények és jellemzőik. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), ksz. 6–7.

¹⁶ Kovács Zoltán: Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012b), 2. 37–52.

¹⁷ Angol elnevezéssel: *Homemade Explosive*, rövidítve: HME.

¹⁸ Robbanáshő, érzékenységi vagy érzéketlenségi tényezők, detonációs sebeség, munkavégző képesség, oxigénegyenleg stb.

¹⁹ Például a triaceton-triperoxid vagy TATP, amely brizáns (magas hatóerejű) robbanóanyag a hibás elkészítés következtében (maradékcsavak a vegyületben) könnyen ér el iniciáló (indító) robbanóanyagokra jellemző értékeket.

²⁰ Angol elnevezéssel *Chemical, Biological, Radiological and Nuclear*, rövidítve: CBRN.

²¹ Berek Tamás: ABV (CBRN) tűzszerészcsoport, mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés. *Bolyai Szemle*, 25. (2016), 4. 24.

Nem kérdés tehát, hogy a tűzszerészek számára ezek lehetnek a legnehezebb feladatok, és ezeknek az ABV-robbanótesteknek a hatástalanítását kizárólag speciálisan felkészített szakemberek csoportja végezheti.²²

5. Drónok a terror arzenáljában

Természetesen, mint valamennyi, napjainkban hétköznapiak számító eszköz, a drónok is elérhetők a terroristák számára. Ezek a modern eszközök lehetővé teszik, hogy a kezelők biztonságos távolságból irányítsák őket, és különböző módokon hajtsanak végre támadásokat kiemelt célpontok ellen, és ezzel érik el a pusztítás mellett a félelem fokozását és a zavarkeltést.

Az Iszlám Állam drónstratégiája remek példa erre, amely 2016-ban alapvetően három fő tevékenység köré szerveződött: a) információk gyűjtése; közvetlen támadás improvizált robbanótestekkel felszerelt drónokkal; az öngyilkos merénylők „hatékonyságának” növelése.²³

Ezek a tevékenységek mind kiválóan elvégezhetőek drónok alkalmazásával. Az információk begyűjtése és felderítési feladatok gyakorlatilag a modern hadi alkalmazásban is az egyik legfontosabb feladata ezeknek a repülőeszközöknek. A támadások kivitelezése történhet a robbanótest kioldásával vagy a drón célra vezetésével, amelynek elhárítása komoly kihívásokat jelent az eszközök esetenként kis mérete miatt. A harmadik vonatkozásban sajnálatos módon nagy segítséget jelent a támadások optimalizálásában, ha folyamatos, élő és magasban elhelyezett megfigyelő pozícióból lehet koordinálni az egyes merényleteket.²⁴

Ezen a gondolatmeneten továbbhaladva meg kell vizsgálni, hogy valójában a kereskedelemben kapható eszközök alkalmasak-e ilyen feladatok elvégzésére. A válasz nem minden esetben határozott igen, ezért a terroristák sok esetben átalakításokat végeznek ezeken a pilóta nélküli eszközökön, különösen akkor, ha improvizált robbanótestek szállítására optimalizálják őket. Ilyen átalakítások lehetnek a veszélyes teher szállítására és kioldására szolgáló platformok, illetve a nagyobb felbontású kamerák. Természetesen az improvizált robbanótesteket is módosítani szükséges egy-egy ilyen támadás előtt, hiszen eredeti gyűjtőszerkezeteik nem feltétlenül alkalmasak ilyen jellegű alkalmazásra. Fontos azonban megjegyezni, hogy ilyen támadás esetén a robbanótestek súlya erősen limitált, mert ezek a kereskedelmi forgalomban könnyen beszerezhető eszközök még nem képesek jelentős – több 10 kg – tömeg megemelésére és tartós szállítására.²⁵

Napjainkban azonban ez a támadási mód elért egy magasabb szintet. Az eszközöket nem egyesével, hanem azokat tömegesen vezérelve hajtanak végre támadásokat. Egy-egy ilyen

²² Berek (2016) i. m. 25.

²³ Krajnc Zoltán: Drónok, hibrid fenyegetés, terrorizmus a légtérből: A légi hadviselés privatizálása. *Hadmérnök*, 13. (2018), 4. 363.

²⁴ Krajnc (2018) i. m. 363–366.

²⁵ Tábi Levente: Támadás improvizált robbanóeszközzel a levegőből. *Honvédségi Szemle*, 147. (2019), 1. 51–52.

ügynevezett „drónraj”²⁶ jelentős pusztítást képes végrehajtani katonai támaszpontokon, miközben a rajok kiiktatása nehezen megvalósítható.²⁷

Jól azonosítható a trend, hogy a drónok egyre nagyobb szerepet kapnak a terroristák eszközeként, és alkalmazásuk lassanként hétköznapivá válik a műveleti területeken. A védekezés ellenük nem lehetetlen, komoly törekvések vannak a dróntámadások visszaszorítására, azonban napjainkban az előny talán még az alkalmazók kezében van. Itt azonban meg kell jegyezni, hogy az ilyen jellegű támadások high-tech formáit a nagyobb hadseregek nap mint nap alkalmazzák a terroristák ellen, akiknek szintén csekély lehetőségeik vannak a védekezésre.

6. Drónok a tűzszerészek szolgálatában

A fegyveres erők belföldön és külföldön egyaránt alkalmaznak távirányítású eszközöket feladatok során, amelyek sok esetben drónok²⁸ vagy különböző célból épített és felszerelt robotok. A tűzszerész-szakfeladatok során szinte mindig feltűnik egy robot, amely speciális felszerelést hordoz, ha improvizált robbanótestet kell hatástalanítani vagy felderíteni. Ezeknek az eszközöknek a pilóta nélküli repülő változata szintén hasznos, hiszen a tűzszerész-szakfeladatok igen veszélyesek, és a felderítési adatok valós idejű biztosítása sok esetben életet menthet meg.

Jelent tanulmányban a műveleti területeken alkalmazható drónokkal kapcsolatban kizárólag a tűzszerész-szakfeladatok vonatkozásában folytatunk vizsgálatot. Ez azonban nem jelenti azt, hogy más területeken nem lehet alkalmazni az azonosított követelményeket.

A műveleti területeken végzett életveszélyes hatástalanítási és robbanótest-felderítési feladatokat jól támogathatja egy-egy légi eszköz, amely pilóta nélkül, távirányítva képes támogatást nyújtani. Fontos tudni, hogy kamerákon keresztül navigálni egy-egy eszközt jelentős kihívást jelenthet, és a környezetről nem feltétlenül kapjuk meg a legfontosabb adatokat. A több nézőpontból folytatott vizsgálat azonban kiküszöbölheti ezt. Egy felülnézeti kép sokat segíthet egy-egy helyszín átlátásában, a támadó gondolatainak megértésében.

A továbbiakban ezen eszközök felderítő adottságai is nélkülözhetetlenek. A robbanótestek helyének vagy alkotórészeinek azonosítása kulcskérdés az improvizált robbanótestek telepítésének helyszínén. Ezeken túlmenően alkalmas lehet megfigyelni a lezárt biztonsági zónán túli gyanús tevékenységeket²⁹ és a védelmi területen belül folyó munkálatokat is. Ilyen módon megfigyelhető a bent feladatot végzők mozgása, és egy nem várt robbanás esetén beazonosíthatóvá válik az azt kiváltó cselekmény, amelyet a későbbiekben beintegrálhatnak az állomány felkészítésébe. Ezzel ugyan a helyszínen életet nem lehet megmenteni, de a jövőbeli hozama megkérdőjelezhetetlen.

²⁶ Angol elnevezéssel: *swarm drones*.

²⁷ Krajnc (2018) i. m. 365.

²⁸ Daruka Norbert: Oktokopter a légi szállítás modernizációja, vagy a robbanószerkezetek célba juttatásának újabb lehetősége. *Repüléstudományi Közlemények*, 26. (2014), 2. 254–255.

²⁹ Megfigyelt robbanótestek esetén a robbantást indító terrorista vagy egy szervezett rajtaütés időben történő azonosítása.

Ezen irányvonalak mentén az alábbi paraméterekkel kell rendelkeznie egy drónnak, amely a tűzserész-szaktevékenységet támogatja a műveleti területeken:

- hosszú repülési idő;
- viszonylag kis méret a tároló egységet is ideértve;
- helyszínen gyorsan cserélhető akkumulátor;
- nagy felbontású kamera;
- éjjellátó optika és/vagy hőkamera;
- platform egyéb érzékelők felhelyezésére (opcionálisan);
- kis karbantartási igény, amely nem igényel speciális szaktudást és felszerelést;
- a működési frekvencia tartománya a katonai szttenderdeknek megfelel, és védett illetékelenek ellen;
- ellenáll az időjárás viszontagságainak és a pornak a katonai elvárásoknak megfelelően.

Amennyiben a fenti tulajdonságokkal rendelkező pilóta nélküli repülőeszközt alkalmazzák, az elősegítheti a fent vizsgált tűzserész-tevékenységeket, és hozzájárulhat a biztonságosabb munkavégzéshez egy életveszélyes feladat során, ellenséges környezetben.

7. Összegzés

Sikerült beazonosítani a drónok szerepét a közel-keleti konfliktusokban, és egy jól látható kép alakult ki azok támadó fegyverként történő alkalmazásával kapcsolatban. A fő veszélyforrás, amikor improvizált robbanótestként vagy az azt szállító öngyilkos merénylő támogatására használják ezeket a bárhol beszerezhető eszközöket. Átalakításuk könnyen lehetséges, és ezzel a terroristák képesek céljaikhoz igazítani azok képességeit.

A tűzserész-szakfeladatok kifejezetten fontosak az ilyen műveleti területeken. Éppen ezért elengedhetetlen, hogy ezeket a tevékenységeket is magas színvonalú technikai eszközökkel támogassuk. Éppen ezért mindig törekedni kell a legmodernebb eszközök alkalmazására, hiszen csak ezekkel lehetséges válaszokat adni a térség kihívásaira. A dolgozatban bemutatott tulajdonságok, képességek szavatolják, hogy az életveszélyes feladatok során növeljük a biztonságot. Egy ilyen drón maradéktalanul a segítségére lehet a helyszínen tevékenykedő tűzserészszakembereknek, a helyszíni vezetőknek és a tapasztalatokat feldolgozó állománynak egyaránt.

A térségbeli háborúk céljait és azok megvívási módját tekintve Ágh Attila rendszere alapján a nem konvencionális háború jeleit mutatják, hiszen jellemző mind a hatalmon levő és az ellene lázadó politikai csoportok, mind a különböző etnikai-vallási csoportok közötti nem folyamatos, hanem egyre inkább elhúzóó küzdelem. Az események az anómiás konfliktus irányába is mutatnak, ahol meghatározó a vallási fanatizmus és a különböző etnikumok milíciáinak harcai. A Közel-Keleten mára nem a harctéren zajló klasszikus háborúk jellemzőek, hanem az „új háborúk”, ahol az érdekérvényesítésben a katonai eszközök mellett a kulturális, diplomáciai, jogi, gazdasági, kereskedelmi és információs eszközök fontos szerepet kapnak, a természeti területek mellett ezek is műveleti területekké alakulnak.

Felhasznált irodalom

- Berek Tamás: ABV (CBRN) tűzserézcsoport, mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés. *Bolyai Szemle*, 25. (2016), 4. 22–34. 24. Online: [https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14564/ABV%20\(CBRN\)%20t%20zser%20csocsoport,%20mint%20a%20biztons%20eg%20kih%20v%20e1sokra%20adott%20v%20e1laszl%20e9p%20e9s.pdf;jsessionid=2A7B-B24EE23355A7B64BEA9E3270A88A?sequence=1](https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14564/ABV%20(CBRN)%20t%20zser%20csocsoport,%20mint%20a%20biztons%20eg%20kih%20v%20e1sokra%20adott%20v%20e1laszl%20e9p%20e9s.pdf;jsessionid=2A7B-B24EE23355A7B64BEA9E3270A88A?sequence=1)
- Central Intelligence Agency: *The World Factbook*. Online: www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2244rank.html
- Daruka Norbert: Oktokopter a légi szállítás modernizációja, vagy a robbanószervezetek célba juttatásának újabb lehetősége. *Repüléstudományi Közlemények*, 26. (2014), 2. 247–256. Online: www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014_cikkek/2014-2-21-0125_Daruka_Norbert.pdf
- Forgács Balázs: *Gerillák, partizánok, felkelők. Az irreguláris hadviselés elméletének története*. Budapest, Zrínyi, 2020.
- Horváth Tibor: Az IED hálózat, mint korunk egyik aszimmetrikus kihívása. In Krajnc Zoltán – Csengeri János: *Humánvédelem – békeműveleti és veszélyhelyzet-kezelési eljárások fejlesztése (Tanulmánygyűjtemény I., e-book)*. Nemzeti Közszerzői Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, 2016. 301–331. Online: http://real.mtak.hu/33554/1/tanulmanygyujtemeny%20ujratervezes_Csj_KZ_1.5.pdf
- Kis-Benedek József: A konfliktusok vallási gyökerei a Közel-Keleten. A vallási elemek jelentősége napjaink fegyveres konfliktusaiban és biztonsági kihívásaiban. *Hadtudomány*, 28. (2018a), 2. 79–94. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2018.28.2.79>
- Kis-Benedek József: Keresztények helyzete a MENA térségben. *Hadtudomány*, 28. (2018b), elektronikus lapszám, 211–227. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2018.28.E.211>
- Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közöny*, 22. (2012a), ksz. 35–44. Online: <https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/xxii.-evfolyam-2012.-kulonszam.pdf>
- Kovács Zoltán: Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közöny*, 22. (2012b), 2. 37–52. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_2.pdf
- Kovács Zoltán: Repülőtéri létesítmények fizikai védelme IED ellen. *Repüléstudományi Közlemények*, 26. (2014), 2. 106–113. Online: www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2014_cikkek/2014-2-10-0160_Kovacs_Zoltan.pdf
- Krajnc Zoltán: Az aszimmetrikus hadviselés, fenyegetés alapkérdései. *Repüléstudományi Közlemények*, 20. (2008), ksz. 1–7. Online: www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2008_cikkek/Krajnc_Zoltan.pdf
- Krajnc Zoltán: Drónok, hibrid fenyegetés, terrorizmus a légtérből: A légi hadviselés privatizálása. *Hadmérnök*, 13. (2018), 4. 358–369. Online: http://hadmernok.hu/184_29_kranjc.pdf
- Lukács László: Épületek elleni robbantásos cselekmények és jellemzőik. *Műszaki Katonai Közöny*, 22. (2012), ksz. 4–13. Online: <https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/xxii.-evfolyam-2012.-kulonszam.pdf>
- Morvay Péter: Al-Baghdadi terrorkalifátusa kiirtaná a keresztényeket. Kardéle szántak. *Hetek*, 18. (2014), 30. Online: www.hetek.hu/kulfold/201407/a1_baghdadi_terrorkalifatusa_kiirtana_a_keresztenyeket
- Póczik Szilveszter: *Az iszlám forradalom. Négy műhelytanulmány a radikális iszlámról*. Budapest, Publikon, 2016. Online: https://okri.hu/images/stories/kutatok/pocziksizveszter/ekonyvek/az_iszlam_forradalom.pdf
- Selján Péter: A közel-keleti hatalmi egyensúly átalakulása. *Nemzet és Biztonság*, 9. (2016), 4. 30–53. Online: www.nemzetesbiztonsag.hu/cikkek/nb_2016_4_05_seljan_peter_-_a_kozel-keleti_hatalmi_egyensuly_atalakulasa.pdf
- Tábi Levente: Támadás improvizált robbanóeszközzel a levegőből. *Honvédségi Szemle*, 147. (2019), 1. 46–53.

Olajosné Lakatos Boglárka¹

Környezetbiztonság – Éghajlati adaptáció vízmegtartással

Environmental Safety – Adaptation to Climate Change by Water Retention

Az éghajlatváltozás a víz természetes körforgására van a legnagyobb hatással. A hidrológiai ciklus felgyorsul, és megnő a szélsőségek előfordulási valószínűsége. A felgyorsult vízciklus miatti globális és lokális problémákhoz való alkalmazkodás a biztonságos környezet feltétele. A vízmegtartás vagy vízvisszatartás elmélete szerint egyszerre tudja mérsékelni mind a túl sok, mind a túl kevés víz problémáját. Komplex megoldást kínál gyorsan, egyszerűen, kombinálhatóan és még költséghatékonyan is. A szerző az éghajlatváltozás miatti szélsőséges csapadékesemények miatti dombvidéken kialakuló villámárvíz-kockázat csökkentésének módjait vizsgálja a mezőgazdasági vízmegtartás módszereivel. A vízmegtartó módszerek közvetlen és közvetett hatásaira hatásmátrix-elemzéssel mutat rá.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, adaptáció, vízmegtartás, villámárvíz, kockázatcsökkentés

Climate change has a great impact on the natural cycle of water. The accelerated hydrological cycle increases the probability of extreme events. Adapting to global and local problems caused by an accelerated water cycle is a condition for a safe environment. According to the theory of water retention, it can alleviate the problem of too much water and water shortage at the same time. It offers a complex solution quickly, easily, combinably and even cost-effectively. Due to climate change, extreme rainfall events and risks of flash floods have been raised especially at hills. The author investigates ways to reduce the risk of flash floods in hills due to climate change caused extreme rainfall events using agricultural water retention methods. The direct and indirect effects of water retention methods are evinced by impact matrix analysis.

Keywords: climate change, adaptation, water retention, flash flood, risk reduction

¹ Országos Vízügyi Főigazgatóság, nemzetközi projektkoordinátor, e-mail: lakatos.boglarka@ovf.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7760-3190>

1. Bevezetés

A tanulmány megírásának elsődleges indítéka az, hogy a Katonai Műszaki Doktori Iskolában folytatott tanulmányaim és kutatási témám – az éghajlatváltozás hatása a felszín alatti vízbázisok természetes visszapótlódására – összefüggenek ezzel a területtel. Mára ez a probléma komoly biztonsági kockázattá vált mind ellátási, mind védelmi szempontból. A Hadtudományi és Honvédtisztképző Karon az elmúlt években kutatóműhely foglalkozott az éghajlatváltozás biztonsági hatásaival, amelynek eredményei azóta beépültek a képzés rendszerébe. Kutatásaim támaszkodnak ezekre, azok szerves folytatásának tekinthetők, egy sajátos területen.

Idén először kizárólag környezeti kockázatok szerepeltek a globális kockázatok összegző jelentés élén, amelyet minden évben elkészít a világ több mint 750 szakértője és döntéshozója. A davosi Világgazdasági Fórum (WEF) csúcstalálkozója elé időzített hatfejezetes jelentés kitér a 2020-ban tovább folytatódó gazdasági és geopolitikai megosztottság trendjére és rövid távú gondolkodásának problémájára, a gazdasági stabilitást és szociális kohéziót érintő kockázatokra, az éghajlati kockázatok növekedésére, a biodiverzitás vesztes csökkenésére, az egészségügyi rendszer új kihívásaira, az információs infrastruktúra sérülékenységére.

Az öt legnagyobb kockázat listája:

1. Szélsőséges időjárási jelenségek, amelyek a tulajdont, az infrastruktúrát és az emberi életet tekintve is óriási veszteséggel járnak.
2. Az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését célzó lépések, valamint azok kormányprogramokba és üzleti modellekbe építésének kudarca.
3. A biológiai sokféleség csökkenése, valamint a szárazföldi és tengeri ökoszisztémák összeomlása, ami a természetes erőforrások kiapadását eredményezi.
4. Jelentős természeti katasztrófák, például földrengések, cunamik, vulkánkitörések vagy geomágneses viharok.
5. Emberek okozta természeti károk és katasztrófák, például olaj- vagy radioaktív szennyezés.²

A globális kockázatok listájának első helyén szereplő szélsőséges időjárási események a lokális hatások közelebbi vizsgálatára adnak okot. A 21. századra a regionális klímamodellek számítási eredményei alapján a hőmérséklet további emelkedésére kell számítanunk, amelynek mértéke 2021–2050-re minden évszakban szinte az ország egész területén eléri az átlag 1°C-ot, az évszázad végére pedig a nyári hónapokban a 4°C-ot is meghaladhatja az 1961–1990 referencia-időszakhoz viszonyítva.³

A csapadék éves összegében nem számíthatunk nagy változásokra, az eddigi évszakai eloszlás viszont nagy valószínűséggel átrendeződik. A nyári csapadék a következő évtizedekben 5%-ot, az évszázad végére pedig 20%-ot elérő csökkenése bizonyosnak tűnik, amelyet nagy valószínű-

² *The Global Risks Report 2020 – Világgazdasági Jelentés.* World Economic Forum.

³ Halász László – Földi László: *Az éghajlatváltozás hatása a természeti katasztrófákra. Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén.* Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019. 391.

séggel az őszi és a téli csapadék növekedése fog kompenzálni. A nagy mennyiségű és intenzív csapadékos jelenségek várhatóan ősszel lesznek gyakoribbak, a száraz időszakok hossza pedig nyáron fog leginkább növekedni. A szélsőségek várható alakulása jellegzetes térbeli eloszlást mutat, és elsősorban Magyarország középső, déli és keleti területeit érinti kedvezőtlenül, ami a területisértékelenség-vizsgálatok jelentőségére hívja fel a figyelmet.⁴

Az éghajlatváltozás a természeti elemek közül a legnagyobb részben tehát a vízen keresztül jelentkezik. A hőmérséklet-emelkedés hatására megnő a párolgás, a víz körforgása felgyorsul, több árvizes és aszályos időszak váltja majd egymást, és megnövekszik az extrém időjárási események valószínűsége és intenzitása is. A vízügyi területen várható hatások között fontos említeni a felszíni és a felszín alatti vízkészletek csökkenését és a növekvő fajlagos vízigényeket, mind a mezőgazdasági öntöző, mind az ipari hűtővíz tekintetében. A nem éghajlati hatásokból eredő szennyezések pedig felerősítik a kedvezőtlen hatást, a vizek természetes öntisztuló képességének akadályozásával. Növekszik az aszályhajlam és egyre nagyobb térséget érint. A területi vízgazdálkodás egyik legnagyobb kihívása a sokszor egyazon területen jelentkező aszály és belvíz, illetve öntözési igény növekedése és a vízkészlet csökkenése, mint például az Alföldön. Az árhullámok intenzitása és gyakorisága várhatóan növekszik, így a villámárvíz-kockázat is egyre nagyobb károkat okozhat a dombvidéki településeken villámárvíz és elöntések, a síkvidéki településeken belvíz formájában.⁵

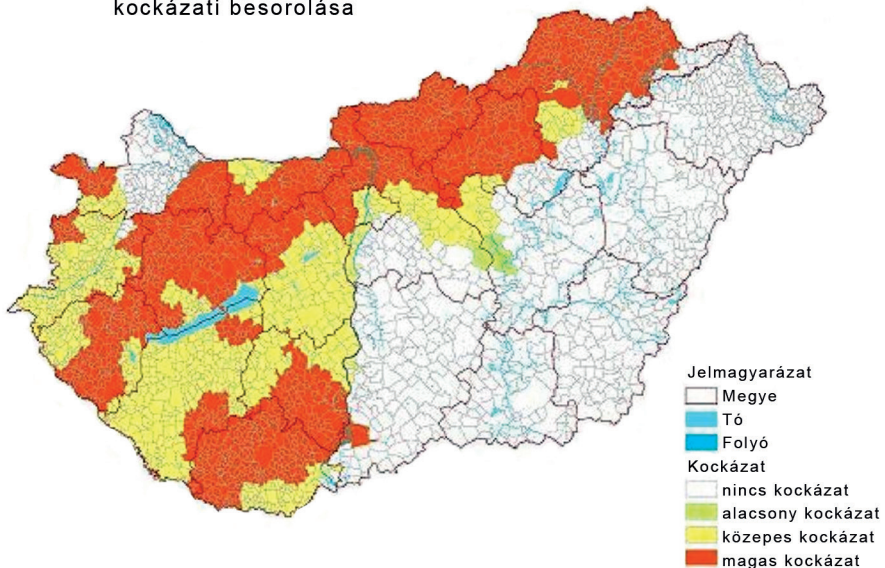
2. Kockázatok Magyarországon

Magyarország területének mintegy 55%-án dombvidéki adottságok a jellemzők, ahol az éghajlatváltozásból adódó hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék okozhat károkat. A síkvidékkel ellentétben itt igen rövid idő alatt – egy-két órán belüli – heves, talajpusztulást előidéző lefolyások keletkezhetnek, nagy károkat okozva településeken, műszaki létesítményekben (utak, vasutak, lakóházak). Ez egyrészt abból adódik, hogy a dombvidéki vízfolyások a hirtelen megnövekedett vízmennyiséget nem tudják elvezetni, medrükből kilépve elöntik a környező területeket, másrészt a nagy intenzitású csapadékot vagy hirtelen olvadásból keletkező vizet a talaj felső rétege nem tudja befogadni, és a lefelszerűen lefolyó víz megbontja és magával viszi a talajszemcséket. A dombvidéki települések, így Magyarország településeinek több mint fele esik magas villámárvíz-kockázati besorolás alá. Az 1. ábrán láthatók az ÉK–DNY-i vonalon lévő fekvő magas kockázatú megyék. A legnagyobb veszélyt az 5–10%-nál nagyobb lejtésű területek jelentik, ahol intenzív mezőgazdasági művelésű dombvidéken találhatók.

⁴ Nemzeti Fejlesztési Minisztérium: A 2017–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második nemzeti éghajlatváltozási stratégiáról. Online: <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OCY>

⁵ Somlyódy László: *Magyarország Vízgazdálkodása: Helyzetkép és Stratégiai Feladatok*. Budapest, Magyar Tudományos Akadémia, 2011.

Magyarország településeinek villámárvíz kockázati besorolása



1. ábra. Magyarország településeinek villámárvíz kockázati besorolása

Forrás: www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/412-ar-es-belviz-valamint-villamarviz-kockazat-ertekelese-hazankban.pdf

Az éghajlatváltozásra adható válasz két főbb iránya alapján dolgoznak a stratégiák és irányelvek: az egyik a mitigáció, vagyis a károsanyag-kibocsátás csökkentése főleg az ipari, energetikai, mezőgazdasági, közlekedési és lakossági szektorban. Ami eddig károsnak és hosszú távon fenntarthatatlannak bizonyult, azt helyettesíteni kell a lehető legkisebb környezeti terheléssel. Azonban a számok azt is mutatják, hogy a nagy kibocsátók által elfogadott és be is tartott szén-dioxid-csökkentés sem lenne képes emberi időléptékű pozitív változást elérni, azonban nagyban hozzájárulna az üvegházhatás csökkentéséhez és így az átlaghőmérséklet 1,5°C alatt tartásához. Ezért az éghajlatváltozásra adható reakció másik iránya, amely párhuzamosan kell hogy működjön a mitigációval: az adaptáció, vagyis alkalmazkodás az éghajlatváltozás folyamatának következményeihez. Az alapvetően bizonytalan kimenetelű változásokra az eddigi rossz, káros és szennyező gyakorlatok kiváltása mellett még nagyobb hangsúlyt kell fektetni annak a módszertannak a fejlesztésére, amely megtanít minket együtt élni a kialakult éghajlati helyzettel és annak változékonyságával. Ezenkívül harmadik párhuzamos irányként a szemléletváltáshoz tartozó tevékenységeket lehet sorolni, óriási hangsúly van a megfelelő oktatáson és a helyes értékrend kialakításán.

2.1. Adaptáció Magyarországon

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás nemzetbiztonsági kérdés. Évek óta zajlanak nagy volumenű kutatások az éghajlatváltozás kárpát-medencei és magyarországi hatásairól.⁶ Az utóbbi 20 évben kilenc alkalommal vonultak le rekordnagyságú árhullámok folyóinkon. Megszaporodtak a rendkívüli heveségű, viszonylag kis területre kiterjedő, úgynevezett villámárvizek. De a belvíz és az aszály is komoly károkat okozott szerte az országban. A Nemzeti Vízstratégia, vagyis a Kvassay Jenő-terv⁷ válaszként olyan szakmai célokat jelöl meg – többek között –, mint a vízvisszatartás fokozása és vizeink jobb hasznosítása, a vizek állapotának fokozatos javítása és a jó állapot elérése, a vízfolyások természetes állapotának megtartása, valamint a csapadék-víz-gazdálkodás rendszerének kialakítása.

3. A vízvisszatartás elmélete

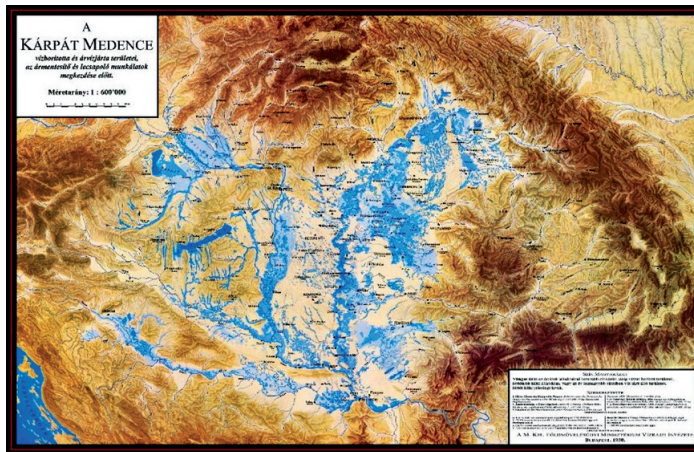
Az elmélet szerint a vízmegtartás egyszerre tudja mérsékelni mind a túl sok, mind a túl kevés víz problémáját. Komplex megoldást kínál gyorsan, egyszerűen, kombinálhatóan és még költséghatékonyan is. Reagálni tud a növekvő hőmérséklet által megnőtt mezőgazdasági öntözési igényekre, a helyi mikroklíma javítására. Segít stabilizálni a természetes vizes élőhelyeket és azok ökoszisztéma-szolgáltatásait. A természetre alapozott vízmegtartó megoldások nem újak a Nap alatt. A vízügyi, a természetvédelmi, a talajvédelmi, a mezőgazdasági szakemberek, a civil szervezetek is felismerték, hogy a természetes módszereket is nagy hatásfokkal alkalmazhatják a károsnak vélt természeti események hatásainak csökkentésére, amely intézkedések nem mellesleg sok egyéb más üdvös fejleményt is okozhatnak, mint például a helyi élővilág diverzitásának elősegítése, mikroklíma javulása a megnövekedett párolgás miatt, kiegyensúlyozottabb talajnedvességi viszonyok.

3.1. Történeti előzmények

A hazai vízrendezés előzményeiben a legfontosabb mérföldkő egyértelműen a Tisza szabályozása, amely Széchenyi István és Vásárhelyi Pál nevéhez köthető. A 19. században meginduló intenzív ármentesítés elsőrendű célja, ahogy akkor nevezték, a „földmentés” volt, vagyis új termőföldek elhódítása a vadvizektől, illetve a vasút- és útépítések számára. A Kárpát-medence ezen munkálatok előtti vízrajzi állapotát mutatja a 2. ábra. A napóleoni háborúk nyomán a 19. század elején jelentkező élelmiszer-termelés konjunktúra fokozta a mezőgazdasági területek iránti igényt. Ehhez hozzájárult, hogy a török hódoltság véget értével, a térségbe visszatérők már nem voltak birtokában például a hagyományos ártéri gazdálkodás ismereteinek, amely az akkori vízjáráshoz tudott alkalmazkodni.

⁶ Padányi József: Éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései. *Hadtudomány*, (2009) 1–2. 33–46.; Padányi József: Vízkonfliktusok. *Hadtudomány*, (2015), E-szám. 272–284.

⁷ *Nemzeti Vízstratégia*. Belügyminisztérium Vízügyi Főigazgatóság, 2017.



2. ábra. A Kárpát-medence vízrajza az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt

Forrás: Fejér László: *Vizeink Krónikája. A magyar vízgazdálkodás története*. Budapest, Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény, 2001.

A Széchenyi – Vásárhelyi programmal árvízvédelmi védvonalakat építettek ki, a mentett oldalon maradt belvíz elvezetésére pedig elvezető csatornákat. Ma a folyók nagyrészt szűk hullámtérbe vannak szorítva. A szűk hullámtérnek köszönhetően különösen nagy problémát okoznak az árvizek. Az év eleji víztöbblet levezetése kizárólag a hullámtérre korlátozódik, és az eddigi cél a víz minél gyorsabb levezetése volt. Azonban nyár közepére az aszály jelentkezik. A víz elvezetése után az elvezetett víz nem lesz a területen, ami épp hiányzik az áradástól megmentett tájból.⁸ Nem könnyű a két „szélsőség” között megtalálni az egyensúlyt. Az viszont baljós előjel, hogy az egykori mocsárvidék mára elsvatagosodik. A megfelelő vízgazdálkodás Magyarországon stabil alapot adhat a természeti környezetnek, a mezőgazdaságnak, a lakott területek biztonságának.

3.2. A vízmegtartás fogalma, módszerei

A fenntartható vagy természetes árvízvédekezéstől a csapadékgyűjtő árcsökkentő létesítmények, a talajtulajdonságokra alapozott mezőgazdasági gyakorlatok, vizes élőhely helyreállítási intézkedések mind ebbe a kategóriába tartoznak.

Az Európai Unió hivatalos meghatározása: „A vízmegőrzés természetre alapozott módszerei többfunkciós módszerek, amelyek célja a vízforrások védelme és a vízzel kapcsolatos kihívások kezelése az ökoszisztémák helyreállításával vagy fenntartásával, valamint a víztestek természetes funkcióival és jellemzőivel, természetes eszközöket és folyamatokat használva.” Az NWRM (Natural Water Retention Measures – Természetes Vízmegtartó Intézkedések) elsősorban a vizes élőhelyek, a talaj és a vízi és víztől függő ökoszisztémák megőrzési képességének növelése,

⁸ László Ferenc: A reformkori vízmérnökök szerepe Magyarország árvízvédelmi rendszerének megalapozásában. In *Ezer év innováció Magyarországon*. Budapest, Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége Tudomány- és Technikatörténeti Bizottsága, 2001. 127–132.

állapotuk javítása érdekében alkalmazzák. Az NWRM intézkedések alkalmazása támogatja a zöld infrastruktúrát, javítja a víztestek mennyiségi állapotát és csökkenti a sebezhetőségüket az árvizekkel és aszályokkal szemben. Ez kedvezően befolyásolja a víztestek kémiai és ökológiai állapotát a víztestek természetes működésének és az általuk nyújtott szolgáltatások természetes működésének helyreállításával. A helyreállított ökoszisztémák az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodáshoz és annak mérsékléséhez egyaránt hozzájárulnak.⁹

A természetes vízmegtartó megoldások helyett a módszerek vagy intézkedések szót használja, ezzel már a fogalomban nyomatékosítja, hogy ezek rendszer alapú és nem feltétlenül technológia vagy műszaki jellegű beavatkozások. Önmagukban is megállják a helyüket, de még hatékonyabbak, ha összehangoltan alkalmazzák őket a különböző problémák hosszú távú megelőzésére és a meglévők enyhítésére. Általában kis léptékben alkalmazzák a helyi vízgújítókön, ahol segítik lassítani és beszivárogtatni a lefolyó vizeket, felhasználva a talajok és vízi ökoszisztémák vízmegőrző képességét, amely egyben hozzájárul a vízminőség javításához és így a biológiai sokféleség és az éghajlati alkalmazkodás (közjóléti érték) növeléséhez. A talaj- és vízgazdálkodás megváltoztatásán keresztül közvetlenül vagy közvetve módosíthatják ugyanis az ökoszisztémák működését. Jó teljesítmény egy kis léptékű természetes beavatkozáshoz képest a ma jellemző technokrata világban.

4. Az Európai Unió irányelvei és az ezen alapuló magyar kapcsolódó jogszabályok, amelyek támogatják a természetes vízmegtartást

4.1. Víz Keretirányelv

Annak érdekében, hogy a vizeink jó állapotba kerüljenek, Európában a Víz Keretirányelve (VKI) alkalmazandó. A 2000/60/EK irányelv a vízpolitika terén, a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról szóló rendelet célja az Európai Unióban található víztestek: folyók, tavak, felszíni és felszín alatti vizei állapotromlásának megállítása, illetve 2015-re a „jó állapotú” besorolás elérése.¹⁰ Pontosítva ez magában foglalja a következőket:

- valamennyi vízforma megóvása (felszíni, felszín alatti, szárazföldi és átmeneti víztestekben lévő és azokat körülvevő ökoszisztémák helyreállítása;
- a víztestek szennyezésének csökkentése;
- az egyének és vállalkozások általi fenntartható vízfelhasználás biztosítása.

A Víz Keretirányelv VI. melléklete megadja azon intézkedések listáját, amelyeket figyelembe kell venni az intézkedési programokban. Ezek többek között a vizes élőhelyek újjáteremtését és helyreállítását foglalják magukban. A VKI jelentősen erősíti az ökológiai szemléletet a vízgazdálkodásban. Ez megjelenik a monitoringkövetelményekben (a hangsúly a biológiai és a vízminőségi

⁹ European Commission: *Útmutató a természetre alapozott megoldások sokrétű hasznának megragadása módszereinek kiválasztására, megtervezésére, megvalósításának támogatására Európában.* 2014.

¹⁰ 2000/60/EK Víz Keretirányelv.

méréseken van), az állapotértékelés végrehajtásában és a fő környezeti célkitűzésekben. Az Európai Unió tagja lévén Magyarországnak is kötelező az ebben előírányzott célkitűzések végrehajtása. Ennek megfelelően a VKI hazai jogrendbe ültetését a Vízyűjtő-Gazdálkodási Terv (VGT) gyűjti össze, amely a VKI céljai szerint a víztestek azonosítása és állapotfelmérése után javasol intézkedéseket, amelyek a VKI hatályának lejártával is érvényesíthetők így. A terv véglegesítéséhez társadalmi bevonás is történt.

4.2. Árvízi Irányelv

Azon veszélyek csökkentése és kezelése érdekében, amelyet az árvizek jelentenek az emberi egészségre, a környezetre, a kulturális örökségre és a gazdasági tevékenységre az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről szóló, 2007. október 23-i 2007/60/EK Európai Parlamenti és Tanácsi Irányelv a követendő. Az Árvízi Irányelv 7. cikkének (3) pontja megállapítja, hogy az árvíz kockázat-kezelési tervek az árvíz kockázat-kezelés minden szempontjára kiterjednek, összpontosítva a megelőzésre, védelemre, felkészültségre, beleértve az árvíz-előrejelzéseket és a korai riasztó rendszereket, valamint figyelembe veszik az adott vízgyűjtő vagy részvízgyűjtő jellemzőit. Az árvíz kockázat-kezelési tervekbe a fenntartható terület használati gyakorlatok támogatását, az árvíz visszatartás javítását, valamint bizonyos területek árvíz események esetén történő ellenőrzött elárasztását is fel lehet venni.¹¹

Az Irányelv alapján, Magyarország 2011-ben készült el az előzetes kockázatbecslés, amely kijelöli azokat az árvíz-veszélyeztetett területeket, amelyekre a további részletes vizsgálatokat kell elvégezni. Magyarország az EU-szabályozás előtt is nagy figyelmet fordított az árvízi kockázatok felmérésére és a veszélyeztetettség, illetve a kockázatok csökkentésére, hiszen az ország árvízvédelmi szempontból Európában a legveszélyeztetettebb területek közé tartozik. Az előzetes kockázatbecslés alapján 2013-ban készült el a területi veszély- és kockázati térképek első változata. Az egyes veszélytérképek bemutatják az elöntési vízmélységek várható előfordulási valószínűségét, a kockázati térképek pedig az elöntés által veszélyeztetett területeken a vagyoni, humán, ökológiai, örökségvédelmi kockázatokat. Pontosították a veszély- és kockázati térképeket, továbbá kidolgozták a veszély és kockázatok csökkentését szolgáló intézkedések országos és területi stratégiai terveit. A végrehajtás keretében sor került az árvíz kockázat-kezelési intézkedések EU Víz Keretirányelvvél való összehangolására, az árvízkezelési intézkedések VKI szempontjai szerinti értékelésére. Az érintetteknek, a különböző társadalmi szervezeteknek itt is lehetőségük volt a tájékozódásra, véleménynyilvánításra.¹²

Fontos különbséget tenni azonban áradás és árvíz között. Az áradás egy alapvetően természetes folyamat, a folyók vízjárásának része, amely hasznosítható és annak a bizonyos ártéri vízgazdálkodásnak vagy más néven foggazdálkodásnak¹³ az alapja, amit a Tisza vízgyűjtőjén

¹¹ 2007/60/EK Irányelve az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről.

¹² 1146/2016. (III. 25.) Korm. határozat Magyarország Árvízi Országos Kockázatkezelési Tervéről.

¹³ Foknak nevezték a folyót kísérő hátakon (földrajzi terminológiával: övzatonyokon) keletkezett kiszakadásokat, a magas partokat megszakító nyílásokat, amelyeken át a folyó (tó) árva az anyamederből az ártérre kilépett, majd a környező laposokat az ereken keresztül feltöltve, apadáskor ugyanezeket a nyílásokon át visszaáramlott, legalábbis részben a folyóba. A „fok” azonban nemcsak földrajzi kategória, hanem gazdasági-történelmi fogalom

alkalmaztak eleink. Az árvíz egy „antropogén” fogalom, amely az ember és az áradó víz kapcsolatának értelmezésében ma egy negatív előjelű jelenség, asszociáció. Más szempontból látja az árvizet egy városlakó, egy vidéki település lakója, illetve másként kezeli a kérdést egy kizárólag ökológiai szemléletű civil szervezet és másként egy állami szerv, amelynek alapvető rendeltetése a magyar lakosság élet- és vagyonbiztonságának, a nemzetgazdaság és a kritikus-infrastruktúra-elemek biztonságos működésének védelme.

4.3. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás EU-s stratégiája és a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás EU-s stratégiája erős hangsúlyt fektet a káros következménnyel nem járó, alacsony költségű és mindenképpen kifizetődő lehetőségek beépítésére. Ezek a fenntartható vízgazdálkodást és a korai figyelmeztető rendszereket foglalják magukban. A stratégia szerint az ökoszisztéma alapú megközelítések általában költséghatékonyak a különböző forgatókönyvek szerint. Ezek könnyen hozzáférhetők és sokrétű haszonnal járnak, például csökkent árvíz kockázat, kisebb talajerózió, jobb víz- és levegőminőség és csökkent hőszigetelhetőség.¹⁴ Az EU-s stratégia alapján létrejött 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó 2050-ig tartó időszakokra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. A NÉS 2 IV.7.2. fejezete szól a vízgazdálkodásról, amiben már a rövid távú cselekvési irányoknál leírja a gyors vízelvezetésen alapuló vízrendezési gyakorlat helyetti víz visszatartó vízrendezést. Ezenkívül tartalmazza a területhasználat felülvizsgálatát ökológiai és éghajlati feltételeknek megfelelően, az ártéri gazdálkodási mintaterületek kialakítását, a kockázatmegelőző vízkárelhárítást a hirtelen lezúduló esőzések hatásaiból eredő károk megelőzése érdekében. Megemlíti, hogy a vízjárásban, a hidrológiai adottságokban várható hatások sokoldalúak, e hatások kölcsönös kapcsolatait is feltáró részletesebb elemzéseknek szükséges az elkészítése, különös tekintettel az éghajlatváltozás forgatókönyveire.¹⁵

4.4. Zöld Infrastruktúra és biológiai sokféleség megőrzésének stratégiája

A zöld infrastruktúra fejlesztésének előmozdítására, egy elősegítő keret létrehozásával a zöld infrastrukturális projektek ösztönzésére és elősegítésére jött létre a *Környezetbarát infrastruktúra – Európa természeti tőkéjének növelése* című közlemény.¹⁶ Ebben kifejtik, hogy a zöld infrastruktúra egy bizonyítottan eredményes eszköz az ökológiai, gazdasági és társadalmi javak

is. Az ember ugyanis felismerve annak természetes funkcióját, igyekezett azt hasznosítani és a maga céljainak megfelelően alakítani. Ilyen értelemben beszélhetünk arról, hogy a „fok-gazdálkodás” az ősi ártéri gazdálkodás alapjává vált. Megnyitja az utat a víz előtt az ártér szélesebb és alacsonyabb részei felé, így az árteret időszakos vízbőségénél vízzel töltötték fel halászat (természetes ivóhelyek, halbölcsők) és más haszonvételek (pl. legelő, ártéri gyümölcsös stb. öntözése) érdekében, illetve amely innen a stagnáló vizet visszavezette apadáskor a folyó medrébe, és így az árteret ismét más haszonvételekre felszabadította.

¹⁴ Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó Európai Unió Stratégia 2017.

¹⁵ A 2017–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakokra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2018.

¹⁶ COM/2013/0249 final Környezetbarát infrastruktúra, Európa természeti tőkéjének növelése.

természetes megoldásokkal történő előállítására. Segít abban, hogy felismerjük a természet által az emberi társadalom számára előállított javak értékét, valamint hozzájárul a javak fenntarthatóságát és megerősítését szolgáló beruházások mozgósításához. Emellett elősegíti, hogy költséges infrastruktúra kiépítése helyett a természet által nyújtott olcsóbb, tartósabb megoldásokat vegyük igénybe. Helyi szinten ez gyakran munkahelyteremtést von maga után. A zöld infrastruktúra azon az elven alapszik, hogy a területrendezésbe és a területfejlesztésbe tudatosan beépítik a természet és a természeti folyamatok védelmét és megerősítését, valamint a természet által az emberi társadalom számára nyújtott javak figyelembevételét. Az egyetlen célt szolgáló szürke infrastruktúrával szemben a zöld infrastruktúra számos előnnyel jár. Nem gátolja a területfejlesztést, hanem – amennyiben azok jelentik a legmegfelelőbb lehetőséget – természetes megoldások használatát mozdítja elő. A zöld infrastruktúra szempontrendszer integrációja a felszíni és felszín alatti vizek esetében egyaránt számos lehetőséget kínál a feljebb már említett hagyományos ártéri gazdálkodás fellendítésével.¹⁷ A katasztrófákkal szembeni ellenálló képességet növelő zöld infrastrukturális megoldások szerves részét képezik az EU katasztrófa-kockázatkezelésre vonatkozó politikájának is. Ez alapján született a 28/2015. (VI. 17.) OGY határozat a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiája, a Nemzeti Biodiverzitás Stratégia azt kívánja elérni, hogy a biológiai sokféleség csökkenése és az ökoszisztéma-szolgáltatások további hanyatlása megálljon Magyarországon 2020-ig, valamint állapotuk lehetőség szerint javuljon. Ehhez a biológiai sokféleség megőrzése szempontjainak be kell épülnie a szektorokat áthidaló szakpolitikába, stratégiákba és programokba, valamint azok megvalósításába.¹⁸

A Nemzeti Biodiverzitás Stratégia megvalósulásáról közbenső értékelés készült 2017-ben, majd a megvalósítási időtáv végét követő egy éven belül, 2021-ben. A 2017-es értékelés összegezte az addigi eredményeket. A hat stratégiai területből a másodikban a táji diverzitás, a zöld infrastruktúra és az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartásának eredményeit közölték. A stratégiai területek eredményei alapján az értékelés szerint az egyes célok elérése ágazatok közötti hatékony koordinációt igényel, amely nem minden esetben valósult meg maradéktalanul. Ezen célok 2020-ig történő eléréséhez fokozott erőfeszítésekre, intenzívebb ágazatközi koordinációra és szélesebb körben érvényesített szakmai konszenzusra van szükség. Az intézményi keretrendszerben bekövetkezett változások a környezetvédelmi felelősségi körök széttagoltságához vezettek központi szinten.¹⁹

¹⁷ MTA Ökológiai Kutatóközpont Ormos Imre Alapítvány: *Zöldinfrastruktúra-hálózat fejlesztése. A zöldinfrastruktúra szempontjából releváns intézményi és jogszabályi környezet áttekintése*. Budapest, 2017.

¹⁸ 28/2015. (VI. 17.) OGY határozat a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiájáról.

¹⁹ *A biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiája – féldős értékelés*. 2019.

4.5. Vidékfejlesztési rendelet

Az Európai Mezőgazdasági Vidékfejlesztési Alap a mezőgazdaságtól és az erdészettől függő ökoszisztémák állapotának helyreállítása, megőrzése és javítása érdekében született. A vízmegőrzés magától értetődő célkitűzése az uniós vidékfejlesztési prioritásoknak.²⁰ Az 1305/2013-as rendelet a vidékfejlesztési támogatásról [...] 5. cikkelye a mezőgazdaságtól és az erdészettől függő ökoszisztémák állapotának helyreállítására, megőrzésére és javítására vonatkozik, különös tekintettel a Natura2000 területeken, és a hátrányos természeti adottságokkal vagy egyéb sajátos hátrányokkal rendelkező területeken. Kitér ezenkívül a vízgazdálkodás javítására, ideértve a műtrágyával és a növényvédőszerrel való gazdálkodást és a talajerózió megelőzését a talajgazdálkodás javítása érdekében.

5. A mezőgazdasági területhasználat, a helyi lakosság és a természetvédelmi értékek kapcsolata

A mezőgazdaság, azon belül is a növénytermesztés a környezeti elemekre (talaj, víz, élővilág) legnagyobb hatással bíró földhasználati módok egyike mind hazánkban, mind Európában. A gazdálkodó nemcsak a termelés hatékonyságáért felelős: az általa folytatott tevékenység meghatározza a táj képét, a mezőgazdasági élőhely diverzitását is, és az éghajlati alkalmazkodásban is nagy szerepe van. A helyi lakosság és a környező települések biztonságának megteremtésében az extrém időjárásra való felkészülés fontos része a megelőzésnek. A helyes mezőgazdasági módszerek megválasztásával nemcsak a vízmegtartást érhetjük el, de ezzel a talaj beszivárgó képességének növelésével csökkenthetjük az extrém csapadékok káros hatásait, amelyek már a lakott területeken és a lejjebb fekvő szomszédos területeken is jelentkeznek.

A lakott területek megfelelő kialakítása azonban ugyanolyan fontos a biztonság és az alkalmazkodás megteremtésében. Az épületek, építmények, burkolt felületek területfoglalása miatt ugyanis jelentősen megváltoznak a vízháztartási viszonyok is. A beépített, burkolt felületeken a beszivárgás lokálisan megszűnik, a lefolyási tényező kedvezőtlenebbé válik, és ennek együttes hatása miatt az összegyülekezési idő rövidülése – ugyanakkora csapadék mellett is – az árvek hozamának növekedését okozza. A folyók felé terjeszkedő települések, nem ritkán az árvízvédelmi töltéseken belüli házsorok rontják az árvíz levezetését, továbbá ezeknek a településrészeknek a megvédése árvíz idején rendkívüli erőfeszítést, esetenként a mentett értéket messze meghaladó ráfordítást igényel. Többek között a Nemzeti Tájstratégia is előírja a természeti erőforrások és kulturális örökség általános védelmét, a bölcs és takarékos területhasználatot és az éghajlatváltozás hatásának mérséklését és az ahhoz való alkalmazkodást.²¹

²⁰ Európai Mezőgazdasági Vidékfejlesztési Alap: 1305/2013/EU rendelet a vidékfejlesztési támogatásról és az 1698/2005/EK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről.

²¹ Földművelésügyi Minisztérium, Nemzeti Parki és Tájvédelmi Főosztály: Nemzeti Tájstratégia (2017–2026).

6. Vízmegtartás módszerei az intenzív mezőgazdasági művelésű dombvidéken

6.1. Szalagsávós, kontúr menti termesztés

A szalagsávós termesztés olyan gazdálkodási módszer, amely kifejezetten dombvidéki, lejtős, meredek felszínen alkalmazható. A lejtés irányára merőlegesen kialakított növénsorok így egyfajta természetes gátként tartják meg a vizet és vele együtt a lemosódó talajt (hordalékot) is. Tehát a művelési mód átgondolásával javítható a terület vízellátása, a talaj minősége és fenntarthatósága, arról nem is beszélve, hogy „görbe sorba több fér”.



3. ábra. Szalagsávós vetési módszer Angliában

Forrás: <http://nwrn.eu/measure/strip-cropping-along-contours>

6.2. Köztesvetés²²



4. ábra. Köztesvetési módszer

Forrás: www.agronomy.org

A vetésközi vetés két vagy több növény egymás közvetlen közelében történő termesztésének gyakorlata. A vetéstermékek leggyakoribb célja, hogy nagyobb termést érjenek el egy adott földterületen olyan erőforrások felhasználásával, amelyeket egyébként egyetlen növény nem

²² Chengren Ouyang et alii: Productivity, economic, and environmental benefits in intercropping of maize with chili and grass. *Agronomy*, 109. (2017), 5. 2407–2414.

használna fel. A vetésközi stratégiákra példa lehet egy mélyen gyökerező növény ültetése egy sekély gyökérral, vagy egy magas növény ültetése rövidebb terméssel, amely részleges árnyékot igényel. A köztesvetésnek számos további típusa létezik helyspecifikus megoldásokkal is. A nagyobb arányú növényborítás miatt a talajegészség és a vízmegtartás előnyei is élvezhetők a megnövelt terméshozam mellett.

6.3. Takarónövények



5. ábra. Takarónövények télen

Forrás: <https://serc.carleton.edu>

A téli zöldtakarás²³ módszere a nyár végén vagy ősszel ültetett növényekre vonatkozik, általában szántóföldre, a talaj védelme érdekében, amely egyébként télen csupasz lenne, a szél és a víz eróziója ellen. A zöldtakaró növények javítják a talaj szerkezetét, diverzifikálják a növénytermesztési rendszert és enyhítik az oldható tápanyagok veszteségét. A köztesnövények céltudatos, tervezett alkalmazása már rövid távon is kifizetődő lehet, hosszú távon pedig még komolyabb előnyt jelenthet a villámárvíz-kockázat csökkentésében.

6.4. Agrárerdészet



6. ábra. Agrárerdészeti módszer

Forrás: www.nal.usda.gov/afsic/agroforestry

²³ S. M. Dabney – J. A. Delgado – D. W. Reeves: Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32. (2011), 7–8. 1221–1250.

Az agrárerdészet²⁴ definíciója többcélú mezőgazdasági területhasználat. A fák és cserjék szándékos integrációja a növény- és állattenyésztési rendszerekbe, hogy környezeti, gazdasági és társadalmi haszon jöjjön létre. Jelentős szerepet töltenek be a mikroklíma megőrzésében, a deflációs hatások csökkentésében, így a talajvédelemben. Fontos élőhelyek, amelyek hozzájárulnak a biológiai növényvédelemhez és ökológiai folyosóként biztosítják a felaprózódott élőhelyek összeköttetését. Csökkenthetik a terület peszticid terhelését. Az erdőkéhez hasonlóan a talaj széntartalmát is növelik. A területegységre jutó hozama összességében nagyobb, mintha az egyes hasznosítási módokra elkülönülten kerülne sor.

7. Települési vízmegtartás



7. ábra. Ideiglenes tározó tó

Forrás: www.totalandscapecare.com/green-industry-news/retention-pond-maintenance/

7.1. Ideiglenes vagy állandó tározó tó

A vízvisszatartó tavak olyan tavak vagy medencék, amelyek további tárolókapacitással vannak kialakítva, hogy csökkentsék az intenzív csapadékból kialakuló felszíni lefolyást.²⁵ Állandó tóterületből állnak, parkosított bankokkal és azok környékével, hogy további tárolókapacitást biztosítsanak. Ezeket egy meglévő természetes mélyedés felhasználásával, egy új mélyedés feltárásával vagy töltések építésével hozzák létre. A meglévő természetes víztesteket nem szabad használni, mert fennáll annak a veszélye, hogy a szennyezés és a rosszabb vízminőség megzavarhatja vagy károsíthatja a rendszer természetes ökológiáját.

²⁴ *USDA Agroforestry Strategic Framework: Fiscal Year (2019–2024).*

²⁵ Gert Verstraeten – Jean Poesen: The nature of small-scale flooding, muddy floods and retention pond sedimentation in central Belgium. *Geomorphology*, 29. (1999) 3–4. 275–292.

8. Erdészeti vízmegtartás, kockázatcsökkentés

8.1. Árvízcsúcscsökkentő tározó felső vízgyűjtőn



8. ábra. Árvízcsúcsszabályozó Szlovákiában

Forrás: <http://nwrn.eu/measure/peak-flow-control-structures>

A szabályozó vízgyűjtőket úgy tervezték, hogy már a felső vízgyűjtőkben csökkentsék az áramlási sebességeket az erdei árokhálózatokban, és csökkentsék a hordaléklemosódást is. A struktúrák élettartama korlátozott, mivel az üledék végül kitölti az áramlási irányú tavat. A tavak fenntarthatók a felhalmozódott üledék eltávolításával.

8.2. Rönkgát



9. ábra. Rönkgát Püspökszilágyon

Forrás: LIFE-MICACC projekt

Célja az árhullámmal lezúduló víz és hordalék visszatartása a felső vízgyűjtőn, mielőtt az elérné az épített környezetet. A gát nem hermetikus. A fektetett farönkökön átszivárog a víz, így nem duzzasztja fel teljesen, de kellően lelassítja és szétteríti. A rönkgát előnye, hogy a helyi alapanyagokat használja, gyorsan megépíthető és könnyen, alacsony ráfordítással karbantartható, akár a helyiek bevonásával.

9. Hatáselemzés

A fent felsorolt mezőgazdasági, erdőgazdasági és lakossági területen történő természetes víz-visszatartás-módszerek közvetlen és közvetett hatását hasonlítottam össze. Jelentős hatású, mérsékelt hatású és hatás nélküli skálán osztályoztam.

1. táblázat. Vízmegtartás hatásmátrix intenzív (dombvidéki) mezőgazdasági településeken

Intézkedések	Vízmegtartás közvetlen hatása		Vízmegtartás közvetett hatása		
	Lefolyásl lassítás	Tározás	Mezőgazdasági termelés optimalizálása	Talajvédelem, élőhely	Villámárvíz-kockázat csökkentése
Szalagsávós ültetés					
Köztesvetés					
Agrárerdészet					
Takarónövények					
Tározótavak					
Rönggát					
Jelentős hatás		Közepes hatás		Nincs hatás	

Forrás: a szerző szerkesztése

A táblázatot tanulmányozva kitűnik, hogy a közvetlen hatásnál a rövid távon bekövetkező változások követhetők, a közvetett hatásokon pedig a hosszú távú előnyök láthatók. A rövid távon elért előnyök a biztonságot növelik, a hosszú távon elért előnyök pedig a fenntarthatóságot támogatják. Semleges hatás sehol nem jelentkezik, ami alátámasztja a hasznosíthatóság elméletét. A hatásmátrix jól mutatja, hogy egyetlen módszer alkalmazása egyaránt kihat a mezőgazdaságra, természeti környezetre és lakossági biztonságra. Ha az ehhez hasonló módszereket kombinálva alkalmazzák, megsokszorozható a hatás mind rövid, mind hosszú távon.

A lista nem teljes, ezen kívül még számos módszer létezik. Az Európai Unió által kiadott útmutatóban több mint 50 féle változatát sorolják a vízmegtartó módszereket mezőgazdasági, erdőgazdasági, hidromorfológiai és lakott területen való alkalmazhatóságuk szerint. Az ágazatok szétválasztása szerinti felsorolás teljes ellentétben van a korábban leírtakkal, miszerint a természetre alapozott megoldások komplex, egymást kiegészítő rendszerek. Mégis az ágazati érdekek előbb szétválasztása majd később újraegyesítése segíthet minden szempontot megfelelő mértékben szem előtt tartani és így a lehető legszélesebb spektrumú megoldásokat alkotni. Például egy magyar településen a lakott területek, a mezőgazdasági területek és természeti környezet érdekeit és ezek számtalan aspektusát kellene figyelembe venni a hosszú távú fenntartható együttéléshez. A lakott területen az ott élők biztonságát, anyagi javainak védelmét, kritikus infrastruktúráinak védelmét a helyi önkormányzat kötelezett ellátni. A mezőgazdaság érdekeit a gazdálkodók és érdekképviselőik védik, a megfelelő mennyiségű és minőségű termény előállításának érdekében, a helyi természeti értékek védelmét pedig a nemzeti parkok, erdőgazdálkodási társulatok, civil szervezetek és alulról jövő kezdeményezések látják el a legtöbb helyen. A természeti elemek védelme az élőhelyek zavartalansága, így az élőlények és biodiverzitás megtartása, amely pedig a mikroklima és a mikrokörnyezet folyamatainak egyensúlya

miatt fontos. Ez legvégső soron visszakanyarodik az ember életkörülményeinek biztosításához. Tehát jelen esetben a három érdek védelme egyet szolgál, egymást kiegészítve.

10. Következtetések

A globális kockázatok második helyén áll az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését célzó lépések, valamint azok kormányprogramokba és üzleti modellekbe építésének kudarca. A bizonyítottan hatékony és stratégiákba épített vízmegtartás nemcsak papíron, de a valóságban is megvalósuló lépései tehát a környezetünk és így az ember biztonságának kiemelkedő fontoságú elemei. Az érintettek megfelelő bevonása, a tájékoztatás és tudatosítás kulcsfontosságú lépései a jövőbeni fenntartható és biztonságos együttélésnek. A vízkörforgás megértése és újra beépítése a mezőgazdasági és városfejlesztési szempontú tervezésbe szintén kulcsfontosságú. Az európai uniós stratégiai alapok és az ezen alapuló jogrend is lehetőséget, illetve támogatást ad a régi-új szemléletmód kialakítására. A folyamatban szereplők felelős magatartása és döntései meghatározók a jövő biztonságára és biztonságos ellátására nézve. Egy település biztonságáért a helyi önkormányzat és annak polgármestere felelős, aki például a kockázatbecslési eljárást évente egyszer elvégzi, és amennyiben indokolt, javaslatot tesz a település besorolásának módosítására. Az éghajlatváltozás idején abban egyetértés van, hogy káros víz nincs, de a hirtelen lezúduló vízmennyiség tud kárt okozni. Az átgondolt és hosszú távon dolgozó, kockázatmegelőző tervezés szilárd alapot adhat egy fenntartható és biztonságos környezethez.

Rousseau boldog lenne, ha látná, hogy igenis működik a „vissza a természetbe” vagy legalábbis a „vissza a természeteshez” jelszava. A vízmegtartás a természettel való együttélés és a természet ritmusának követése, ahol az ember újra része a rendszernek, értékét pedig az egészhez való viszonya adja meg.

Felhasznált irodalom

- A 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2018. Online: https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/N%C3%89S_Ogy%20%C3%A1ltal%20elfogadott.PDF
- A biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiája – félidős értékelés. 2019. Online: www.biodiv.hu/convention/cbd_national/nemzeti-biodiverzitas-strategia/biologiai-sokfelesseg-megorzesenek-2015-2020-kozotti-idoszakra-szolo-nemzeti-1
- Dabney, S. M. – J. A. Delgado – D. W. Reeves: Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32. (2011), 7–8. 1221–1250. Online: <https://doi.org/10.1081/CSS-100104110>
- European Commission: *Útmutató a természetre alapozott megoldások sokrétű hasznának megragadása módszereinek kiválasztására, megtervezésére, megvalósításának támogatására Európában*. 2014. Online: <https://doi.org/10.2779/426951>
- Fejér László: *Vizeink Krónikája, a magyar vízgazdálkodás története*. Budapest, Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény, 2001.

- Halász László – Földi László: *Az éghajlatváltozás hatása a természeti katasztrófákra, Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019
- László Ferenc: A reformkori vízmérnökök szerepe Magyarország árvízvédelmi rendszerének megalapozásában. In *Ezer év innováció Magyarországon*. Budapest, Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége Tudomány- és Technikatörténeti Bizottsága, 2001. 127–132.
- Ouyang, Chengren – Kaixian Wu – Tongxin An – Jia He – Shuhui Zi – Youqiong Yang – Bozhi Wu: Productivity, economic, and environmental benefits in intercropping of maize with chili and grass. *Agronomy*, 109. (2017), 5. 2407–2414. Online: <https://doi.org/10.2134/agronj2016.10.0579>
- Padányi József: Éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései. *Hadtudomány*, (2009), 1–2. 33–46.
- Padányi József: Vízkonfliktusok. *Hadtudomány*, (2015), E-szám. 272–284. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2015.25.E.272>
- Somlyódy László: *Magyarország Vízgazdálkodása: Helyzetkép és Stratégiai Feladatok*. Budapest, Magyar Tudományos Akadémia, 2011. Online: http://old.mta.hu/data/Strategiai_konyvek/viz/viz_net.pdf
- Verstraeten, Gert – Jean Poesen: The nature of small-scale flooding, muddy floods and retention pond sedimentation in central Belgium. *Geomorphology*, 29 (1999), 3–4. 275–292. Online: [https://doi.org/10.1016/s0169-555x\(99\)00020-3](https://doi.org/10.1016/s0169-555x(99)00020-3)

Jogi források

- 28/2015. (VI. 17.) OGY határozat a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiájáról. Online: www.termeszetvedelem.hu/_user/browser/File/Strategia/MK15083_NBS.pdf
- 23/2018. (X. 31.) OGY határozat a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról. Online: <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OGY>
- 2000/60/EK Víz Keretirányelv. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32000L0060>
- 2007/60/EK irányelve az árvízveszélyek értékeléséről és kezeléséről. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0060>
- 1305/2013/EU rendelet a vidékfejlesztési támogatásról Az Európai Mezőgazdasági Vidékfejlesztési Alapból nyújtandó vidékfejlesztési támogatásról és az 1698/2005/EK tanácsi rendelet hatályaon kívül helyezéséről. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1305&from=HR>
- 1146/2016. (III. 25.) Korm. határozat Magyarország Árvízi Országos Kockázatkezelési Tervéről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A16H1146.KOR&xtreferer=00000001.TXT>
- Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó Európai Unió stratégia 2017. Online: https://ec.europa.eu/clima/consultations/evaluation-eus-strategy-adaptation-climate-change_hu
- COM/2013/0249 final Környezetbarát infrastruktúra, Európa természeti tőkéjének növelése. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013DC0249&from=EN>
- Földművelésügyi Minisztérium, Nemzeti Parki és Tájvédelmi Főosztály: Nemzeti Tájstratégia (2017–2026). Online: www.termeszetvedelem.hu/nemzeti-tajstrategia-2017-2026-2

Internetes források

- LIFE-MICACC projekt. Online: <https://vizmegtartomegoldasok.bm.hu/hu>
- MTA Ökológiai Kutatóközpont Ormos Imre Alapítvány: *Zöldinfrastruktúra-Hálózat fejlesztése. A zöldinfrastruktúra szempontjából releváns intézményi és jogszabályi környezet áttekintése*. Budapest, 2017. Online: www.termeszetvedelem.hu/_user/browser/File/Taj/KEHOP_TK_ZI/ZI_tanulmany_I_kotet.pdf

Nemzeti Vízstratégia. Belügyminisztérium Vízügyi Főigazgatóság, 2017. Online: www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=142

The Global Risks Report 2020 – Világgazdasági Jelentés. World Economic Forum. Online: www3.weforum.org/docs/wef_global_risk_report_2020.pdf

USDA Agroforestry Strategic Framework: Fiscal Year (2019–2024). Online: www.usda.gov/topics/forestry/agroforestry

www.agronomy.org

<https://serc.carleton.edu>

www.nal.usda.gov/afsic/agroforestry

www.totallandscapecare.com/green-industry-news/retention-pond-maintenance/

Andrea Majlingová¹ – Pántya Péter²

Aktuális nemzetközi kockázatkezelések a veszélyesáru-szállítások során

Current International Risk Managements in the Transport of Dangerous Goods

A veszélyesáru-szállítás a kockázatos tevékenységekhez tartozik. Ezt a szállítmányozott anyag mellett az is indokolja, hogy nem lehetséges pontosan, előre meghatározni a veszélyes anyag kiszabadulásának helyszínét. A veszélyes áruk szállításával kapcsolatos kockázatok felméréseinek és kezelésének, a kárfelszámolási beavatkozásoknak kérdése a tudomány és a kutatások aktuális témái közé tartozik nemzetközi szinten is. Jelen cikk összesíti az aktuális ismereteket a kérdéskörben, egy hasonló tanulmányon alapulva, valamint javaslatokat fogalmaz meg arra, hogyan fejleszthető a terület az ADR-járművek ellenőrzése és felügyelete kapcsán, mik az elérhető kárfelszámolási lehetőségek baleset esetén.

Kulcsszavak: veszélyes áruk, ellenőrzés, kockázatértékelés, beavatkozás, szállítás, kárfelszámolás

The transport of dangerous goods is a risky activity. In addition to the material transported, this is also justified by the fact that it is not possible to determine the exact location of the release of the dangerous goods in advance. The issue of assessing and managing the risks associated with the transport of hazardous material and danger elimination interventions is one of the current topics of science and research at international level. This article summarises the current knowledge on the subject based on a similar study and makes suggestions on how to improve the area in terms of inspection and supervision of ADR vehicles, and what the available remediation options are in the event of an accident.

¹ Zólyomi Műszaki Egyetem, Szlovákia, habilitált egyetemi docens, e-mail: majlingova@tuzvo.sk, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7450-4004>

² Nemzeti Közszerológiai Egyetem, habilitált egyetemi docens, e-mail: pantya.peter@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-2766>

Keywords: *dangerous goods, monitoring, risk assessment, intervention, transportation, elimination of danger*

1. Bevezetés

A belföldi és nemzetközi áruszállítás alapvetően balesetveszélyes, különösen a közúton folytatottak esetében. A veszélyes áruk szállítása esetében fennáll a tűz, a robbanás, a vegyi égési sérülések, mérgezések vagy környezeti károk veszélye is. Alapvetően a szállítást a következő alágazatokon alkalmazzák: közúti, vasúti, légi, folyami és tengeri szállítás és csővezetékes szállítás. A baleseti kockázatnak – ami egy közúti baleseten túl további veszélyeket is eredményezhet akár a lakosság széles körére is – a csökkentése érdekében szigorú szabályokat alkalmaznak a veszélyes áruk szállítására. A már bekövetkezett balesetek esetében különleges szabályok, reagáló erők és különleges szakfelszerelések, védőfelszerelések alkalmazása szükséges. A Covid-19-járvány hatással van az élet minden területére, így jelen vizsgált kérdéskörre is. Érinti mind a megelőző, kockázatcsökkentő tevékenységet és az esetleges kárfelszámolási beavatkozó tevékenységet is.

A közúti és vasúti közlekedésben bekövetkező balesetek megelőzése érdekében kidolgozták és aláírták a veszélyes áruk nemzetközi vasúti (RID) és közúti fuvarozásáról (ADR) szóló európai megállapodásokat. Az ADR-megállapodás megkötésének fő célja a veszélyes áruk biztonságos szállításának biztosítása volt. Az ADR egyes rendelkezéseit két évente frissítik a tudományos és műszaki fejlődés szempontjából, a veszélyes anyagok és árucikkek (például robbanékonyság, gyúlékonyság, toxicitás, fertőzések kiváltásának lehetősége, radioaktivitás, maró hatás vagy környezeti szennyezés) szállítási biztonságának növelése érdekében.

A veszélyes áruk közúti szállításával kapcsolatos kockázatok minimalizálása érdekében számos megoldást dolgoztak ki, ilyenek például a kockázatértékelési eszközök, járműellenőrző rendszerek és útvonaltervezési rendszerek, amelyek a hálózat elemzésén alapulnak. A már bekövetkezett balesetek esetében különböző reagáló szervezetek lépnek közbe, jellemzően, nemzetközi viszonylatban a tűzoltóság az elsődleges beavatkozó. A megelőző és a beavatkozó megoldások közül mutatunk be néhányat ebben a cikkben, felhasználva a szerzők idegen nyelven megjelent korábbi írását,³ mindezt aktualizálva, magyar nyelven, kibővítve a kárfelszámolási kérdések tárgyalásával is.

2. A veszélyes áruk szállításával kapcsolatos kockázatok

A közlekedés fontos szerepet játszik a nemzetgazdaságokban, és hatással van a gazdasági fejlődésre. Az emberre és a környezetre is veszélyes áruszállítás napjainkban igen gyakori. A Covid-19-járványhelyzet következtében világszinten és így európai szinten is változó mérték-

³ Andrea Majlingová – Pántya Péter: Management of risks associated with dangerous goods transportation – review. *Védelem Tudomány, Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 4. (2019), ksz. 220–246.

ben és időtartamban mérséklődtek a szállítmányozások, azonban a trend továbbra is elég magas ahhoz, hogy vizsgáljuk a jelenlegi, címben felvetett kérdéskört. Összességében a közlekedés veszélyes a környezetre és az úthasználókra, megnövekedett szennyezőanyag-kibocsátást, baleseteket okoz. Az olyan alapvető termékek, mint például a benzin és a dízel iránti kereslet pandémia előtti növekedése is a veszélyes áruk szállításának növekedéséhez vezetett, ami megnövelte a közúti balesetek kockázatát.

Áttekintve és elemezve a kapcsolódó irodalmat, Adamec és munkatársai az áruk és kellékek szállítását a működő városi infrastruktúra fenntartásának elengedhetetlen részének tekintik.⁴ Ez a fajta szállítás különösen a városi területeken jelenthet magas kockázatot, amely jelentősen károsíthatja a város kritikus infrastruktúráját, ha baleset történik, és veszélyes vegyi anyagok szivárognak ki. A cél ezért a kockázat és annak következményeinek minimalizálása. A hatékony eszközök e kockázatok azonosításán, elemzésén és értékelésén, a városokban található kritikus területek felkutatásán, valamint a megelőzési és biztonsági intézkedések alkalmazásának biztosításán keresztül valósulnak meg.

Kátai-Urbán és Vass áttekintette és bemutatta a veszélyesáru-szállítás felügyeletének hazai, Magyarországot érintő fejlődését az elmúlt időszakokban.⁵ Részletesen ismertetik a jelenlegi ellenőrzési metódusokat és eljáró hatósági szervezeteket, ezek jogszabályi alapjait.

Nowacki és társai⁶ az Európai Unióban és azon belül a Lengyel Köztársaságban (Lengyelországban) megvalósuló szállítási tevékenységekben a veszélyes áruk fenyegetettségének értékelésére összpontosított. Megállapításaik szerint kijelentették, hogy az Európai Unióban a veszélyes árukat jellemzően belvízi utakon, vasúton és közúton szállítják. Lengyelországban 2014-ben a veszélyes áruk 87,5%-át közúton, 12,5%-át vasúton szállították. Lengyelországban nincs olyan felügyeleti rendszer, amely valós időben ellenőrizné a veszélyes áruk közúti szállítását, javasolták ezért a veszélyes áruk megfigyelésének nemzeti rendszerét kialakítani. Ráműtattak, hogy egy ilyen rendszer megvalósítása jelentősen hozzájárul az emberek és a környezet biztonságának javításához. 2009-ben Portugáliában a veszélyes áruk közúti szállítása a teljes áruszállítás 10%-a volt, ami évente 10 millió tonnának felel meg. Ezen áruk körülbelül 70%-a volt tűzveszélyes.

Łukasik kidolgozott és bevezetett egy kutatási módszert, amely elemezte a veszélyes áruk közúti szállításának ellenőrzési arányait az Európai Unióban és a kapcsolódó lengyel jogi dokumentumokat.⁷ A veszélyes áruk szállítása során bekövetkezett balesetek megelőzése érdekében meghatározták a veszélyes áruk közúti szállításának megszervezésére vonatkozó szabályokat és műszaki feltételeket, különös tekintettel az információk továbbítására és a katasztrófavédelmi, tűzoltósági szolgálatokkal való együttműködésre, valamint a mentési és kárfelszámolási

⁴ Vladimír Adamec – Barbora Schullerova – Vojtěch Adam: Issues of Hazardous Materials Transport and Possibilities of Safety Measures in the Concept of Smart Cities. In *Smart City 360°*. First EAI International Summit, Smart City 360°, Bratislava, Slovakia and Toronto, Canada, 2016. 790–799.

⁵ Kátai-Urbán Lajos – Vass Gyula: Veszélyes üzemek és szállítmányok biztonsága Magyarországon. *Védelem Tudomány, Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 4. (2019), 1. 45–82.

⁶ G. Nowacki – C. Krysiuk – R. Kopczewski: Dangerous Goods Transport Problems in the European Union and Poland. *Transnav-International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10. (2016), 1. 143–150.

⁷ Zbigniew Łukasik – Aldona Kuśmińska-Fijałkowska – Jacek Kozyra: Transport of dangerous goods by road from a European aspect. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 95. (2017), 109–119.

műveletekre való készségükre. Kinzhikeyev és Restás írásukban a szállítmányozást érintő balesetek során történő beavatkozások segítségét tekintette át.⁸ Javaslatukban pilóta nélküli légi járművekkel, drónokkal a tűzoltói, kárfelszámolási beavatkozások segíthetők. Zwęgliński maradva ugyanezen a területen,⁹ a kárterületek drón általi légi felderítésében a jelen informatikai lehetőségekre mutatott rá, miszerint a nagy felbontású, magas nézőpontú képfelvételek és a geoinformációs adatok felhasználása és feldolgozása jelentősen segíti a beavatkozások mielőbbi, minél kisebb kockázatú végrehajtását.

Smal és munkatársai a jogi és műszaki feltételekkel, valamint a járművek jelölésével kapcsolatos kérdéseket mutatták be a választott példákban.¹⁰

3. Kockázatvizsgálati eszközök

A kockázatértékelés kérdése a kockázatkezelési folyamat fontos szakasza. A hatékony megelőző intézkedések megtervezéséhez és megtételéhez fontos, hogy ismerjük a balesetekre leginkább valószínűsíthető helyzeteket. Ezek sebezhetőségének és a baleset lehetséges következményeinek ismeretéhez előzetesen meg kell tervezni és biztosítani az elérhető forrásokat, erőforrásokat, hogy minimalizáljuk a baleset következményeit. Az esetlegesen bekövetkező balesetek esetén redukált mértékű veszélyesanyag-kiszabadulás esetén könnyebben kezelhető a káreset a beavatkozó erők, a tűzoltó erők számára. Számos kockázatértékelési eszközt vezettek be, amelyeket a veszélyes áruk külföldre szállítása kockázatának minimalizálása érdekében hajtottak végre.

Caliendo és De Guglielmo kvantitatív kockázatelemzést vezetett be a közúti alagutakon keresztül közlekedő veszélyes teherjárművekre vonatkozóan.¹¹ Az óránkénti csúcsforgalmat, a nehéz tehergépjárművek százalékos arányát és a vészszellőztető rendszer meghibásodását vizsgálták annak érdekében, hogy felmérjék ezek hatását a kockázati szintre. Kiértékeltek azt a kockázatot is, amely egy olyan alternatív útvonalhoz kapcsolódik, amely teljes egészében a szabadban halad, és sűrűn lakott városi területen halad át. Megállapították, hogy két tűz esetén is (robbanás nélkül) nagyobb a kockázat az alagútban. Ezzel szemben megnő a veszélynek kitett lakosság kockázati szintje az alternatív útvonalnál, ezért óvatossá kell lennünk, mielőtt kijelentjük, hogy a veszélyes áruk szállítására egy teljesen szabadban futó útvonal használható, amennyiben lakott területen halad át. A kvantitatív kockázatelemzés segítheti a döntéshozókat mind a további biztonsági intézkedések végrehajtásában, mind annak megértésében, hogy engedélyezik-e, tiltják-e vagy korlátozzák-e a veszélyes árukat szállító teherjárművek forgalmát.

⁸ Sergey Kinzhikeyev – Ágoston Restás: Drone applications for supporting the disaster strategic response management the transport system. In: Karakoc Hikmet – Jozsef Rohacs – Turan Onder – Sogut M.Ziya: *Abstract Book of International Symposium on Sustainable Aviation 2019 (ISSA-2019)*. 2019. 29.

⁹ Tomasz Zwęgliński: The Use of Drones in Disaster Aerial Needs Reconnaissance and Damage Assessment. Three-Dimensional Modeling and Orthophoto Map Study. *Sustainability*, 12. (2020), 15. 6080.

¹⁰ T. Smal – M. Kopczewski: Transportation of Dangerous Goods – Legal and Technical Conditions and Marking of Vehicles. *Proceedings of the 20th International Scientific Conference Transport Means 2016*. Juodkrante, Lithuania, Oct 05–07, 2016. 191–196.

¹¹ Ciro Caliendo – Maria Luisa De Guglielmo: Quantitative Risk Analysis on the Transport of Dangerous Goods Through a Bi-Directional Road Tunnel. *Risk Analysis*, 37. (2017), 1. 116–129.

Forigua és Lyons egy esettanulmány eredményeit mutatta be Kolumbiában.¹² Rámutattak arra a tényre, hogy az elmúlt években Kolumbia városaiban nőtt az áruszállítás baleseti aránya. A veszélyes áruk szállításával kapcsolatos kockázat és annak a szállítási láncra gyakorolt hatása a vállalatok vagy a nemzeti hatóságok számára nem ismert. A települési önkormányzatoknak nincs külön szabályozásuk ezen anyagok városi területeken történő szállítására, és az Infrastrukturális és Közlekedési Minisztérium irányítja az ilyen típusú áru fuvarozást az országos közúti hálózatban, ideértve a városi területeken átvezető utakat is. Kutatásaik fő célja egy olyan módszertan kidolgozása volt, amely a legfontosabb változók azonosítására összpontosít, amelyek lehetővé teszik számunkra, hogy stratégiai és operatív mutatókat javasoljunk a közúti biztonság integrálására a fő veszélyes termékek Kolumbiában közúton szállított szállítási láncába. A módszertan felmérte, hogy a közlekedési lánc mely érintettjei vannak a közúti biztonság körében a stratégiai és operatív tervezés során, valamint azt is, hogy a kolumbiai városi területeken a veszélyes áruk szállításában érdekelt megrendelők, fuvarozók és járművezetők betartják-e a jogszabályoknak való megfelelést. A kutatás célja, hogy hozzájáruljon a közúti közlekedésbiztonságnak a szállítási lánc stratégiai és operatív tervezésébe történő integrálásához és az állami szintű szakpolitikák végrehajtásához szükséges elemzéshez a veszélyes áruk kolumbiai városokban történő szállítási láncának javítása érdekében, valamint magának a közlekedés hatékonyságának javításához konkrét mutatókkal, az érintett szervezetek által.

Kanj és Flaus általános megközelítést írtak le az ágensalapú modellezésről az autonóm és kölcsönhatásban lévő ágensekből álló rendszerek modellezésére a kockázatelemzéshez.¹³ Újrafajta általános modellt mutatnak be a kockázatelemzés és a hibafa terjedésének egy ágensmodellben való bemutatására, ahol a cél egy rendszerrel kapcsolatos kockázat elemzése és viselkedésének szimulálása több módban, több ágenses rendszerek használatával. Ezt a megközelítést alkalmazzák a veszélyes áruk szállításával kapcsolatos kockázatok elemzésére és e kockázatok minimalizálására egy modell alkalmazásával (meghatározva azt a legjobb utat, amely rendelkezik a szállítás legkisebb kockázati szintjével).

Karim és szerzőtársai (2017) újabb modellt javasoltak¹⁴ a veszélyes anyagok szállítási útvonalait érintő kockázati kitétségek kiszámításához a Gauss-féle sztochasztikus szállítási idő felhasználásával. A veszélyes anyagok szállítási útvonalainak metamodelljét kibővítették a kockázatkezelési dimenzió figyelembevételére érdekében. A javasolt analitikai megoldást egy infrastruktúrába telepítették intelligens közlekedési rendszerek architektúráját felhasználva.

Krejci és mtsai. kockázatértékelési megközelítést vezetett be az ammónia és a klór lakott területen keresztül történő szállításával kapcsolatban.¹⁵ Tanulmányukban matematikai és szimulációs megközelítést hasonlítottak össze ezen anyagok közúti balesetek általi szivárgásának modelljével. Mindkét megközelítés szinergikus alkalmazása bizonyult

¹² Julio Forigua – Liliana Lyons: Safety analysis of transportation chain for dangerous goods: A case study in Colombia. *Transportation Research Procedia*, 12. (2016), 842–850.

¹³ Hassan Kanj – Jean-Marie Flaus: An Agent-based framework for mitigating hazardous materials transport risk. *IEEE Conference on Evolving and Adaptive Intelligence Systems*. Dec 01–03, France, 2015.

¹⁴ Lamia Karim et alii: Deploying Real Time Big Data Analytics in Cloud Ecosystem for Hazmat Stochastic Risk Trajectories. *Procedia Computer Science*, 109. (2017), 180–187.

¹⁵ L. Krejci – B. Schullerova – V. Adamec: Risk Assessment of the Transport of Ammonia and Chlorine in Urban Areas. *Chemické Listy*, 112. (2018), 4. 232–236.

a legmegfelelőbbnek – a matematikai módszer a megelőző és a mérséklő intézkedések értékelésére, míg a szimuláció az érintett terület kiterjedésének meghatározására. A veszélyes áruk szállításával járó kockázat csökkentése érdekében javasoltak meghozandó intézkedéseket.

Landucci és munkatársai bemutatták a veszélyesáru-szállítási kockázatértékelését a Viareggio PB-gáz balesetének felülvizsgálata formájában.¹⁶ Vizsgálatuk a veszélyes anyagok szállítása során felmerülő kockázatok elemzéséhez rendelkezésre álló referenciaeljárások és eszközök elemzésére irányult. Az Olaszországban 2009-ben bekövetkezett balesetet a veszélyes anyagok szállításával kapcsolatos kockázatelemzés jelenlegi megközelítésének szemszögéből elemezték.

Az elmúlt években a veszélyes anyagok közúti fuvarozásában súlyos közlekedési balesetek fordultak elő. Ezek mind a veszélyes áruk elvesztése, mind a jármű sérülése miatt jelentős anyagi kárt okoztak a vállalkozásoknak, ugyanakkor fenyegetést jelentettek az érintett emberek számára is azon a helyen, ahol a baleset történt és annak környezetében is.

Li és Wang tanulmányukban¹⁷ először a megelőző három év 61 közúti baleseti esetének adatait gyűjtötték össze, és öt szempontból azonosították azokat a tényezőket, amelyek befolyásolják a veszélyes vegyi anyagok közúti szállításának kockázatkezelését: ember, gép, anyag, módszer és a környezet. Ezek alapján végeztek kockázatértékelést és készítettek kockázati mátrixot, javaslatot a kockázatkezeléssel kapcsolatban a vállalkozások egyszerű, könnyen érthető és hatékony kockázatkezelési rendszerének létrehozása érdekében.

Janno és Koppel rámutattak arra a tényre,¹⁸ hogy amikor a csomagolt veszélyes árukat közúton szállítják, kritikus fontosságú minden törvényi előírás betartása, valamint a javasolt biztonsági előírások betartása annak érdekében, hogy megelőzzék az emberre káros vegyi anyagokkal végzett tevékenységek során bekövetkező baleseteket, az eszközök és a környezet szennyeződését. Annak a ténynek köszönhetően, hogy a kezelési és szállítási eljárásokban több fél is részt vesz, rengeteg különböző kockázat léphet fel veszélyes árukkal végzett tevékenységek során. Cikkükben arra összpontosítottak, hogy egy veszélyes áru szállítási láncán belül különféle kockázatokat elemezzenek egy adott résztvevővel kapcsolatban. A kockázatok elemzésével és rangsorolásával a legkritikusabbakat azonosítják és értékelik a teljes láncra gyakorolt lehetséges károk alapján. Bemutattak egy elméleti szempontokon alapuló kombinált áttekintő tanulmányt, amelyet a veszélyesáru-szállítás gyakorlati kockázatértékelésére vonatkozó korábbi tanulmányok eredményei támasztanak alá. További kutatási eredmények ismertetése történik arról, hogy egy észtszázági példában a felek hogyan értékelik a veszélyes áruk kezelése és szállítása során a tevékenységükből eredő lehetséges károkat. Megerősítik azt a fő megállapítást, hogy az emberi tényező az egyik kulcsfontosságú tényező a balesetek bekövetkeztében. A korlátozott vizsgálati csoport ellenére a kutatási eredmények általánosításai széles körben alkalmazhatók Európában a kockázatok univerzális jellemzői, valamint a közös

¹⁶ Gabriele Landucci et alii: HazMat transportation risk assessment: A revisit in the perspective of the Viareggio LPG accident. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 49. (2017), 36–46.

¹⁷ He-Hua Li – Yu-Jie Wang: Research on the Road Transport Risk of Domestic Hazardous Chemicals. *AEBMR – Advances in Economics Business and Management Research*, 50. (2017), 164–171.

¹⁸ Jelizaveta Janno – Ott Koppel: Human factor as the main operational risk in dangerous goods transportation chain. *Proceedings of 17th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management*. Osijek, Croatia Oct 12–13. 2017. 63–78.

jogi követelmények miatt. A további kutatások körében a jelen tanulmány eredményei mér-földkövek a veszélyes áruk közúti szállításában, az emberi tényező által érintett kockázatok kezelésére összpontosítva. Az Európai Bizottság veszélyesáru-szállításra vonatkozó statisztikái szerint a balesetek akár 80%-át emberi hiba, 8%-át műszaki meghibásodás okozza. A munkabiztonságot és jelen kérdéskörben is a már kialakított ez irányú kultúrát vizsgálták Gabryelewicz és munkatársai.¹⁹ Mindehhez egy online kérdőívet is felhasználtak, és ez alapján egyértelmű lehet a kapcsolat a hosszú idő alatt kialakított szervezeti biztonsági kultúra és az egyes emberi tényezők általi balesetek csökkentése, elkerülése között.

Janno és Koppel operatív kockázatokat írtak le a közúti veszélyes áruk szállítási láncában.²⁰ A szerző kijelentette, hogy mivel a kezelési és szállítási eljárásokban több fél is részt vesz, rengeteg különféle kockázat léphet fel e tevékenységek során veszélyes árukkal. Tanulmányukban a veszélyes áruk szállítási láncában az adott résztvevőhöz kapcsolódó működési kockázatok azonosítására és elemzésére összpontosítottak. A kockázatok azonosításával és értékelésével a legkritikusabbakat azonosítják és értékelik a teljes láncra gyakorolt lehetséges károk alapján. Írásuk elméleti szempontokon alapuló kombinált áttekintő tanulmányt mutat be, amelyet a veszélyesáru-szállítás gyakorlati kockázatértékelésére vonatkozó korábbi tanulmányok eredményei is alátámasztanak. Félkvantitatív kockázatértékelési módszer alkalmazásával végül lehetővé teszi a közúton végzett veszélyesáru-szállítást érintő működési kockázatok szintjük szerinti megkülönböztetését elfogadható, elviselhető és elfogadhatatlan működési kockázatokká.

Rada és munkatársai ismertették²¹ a Varese kerület (Észak-Olaszország nagyon magas népsűrűségű és ipari tevékenységekkel rendelkező területe) biztonsági állapotát azzal a céllal, hogy összehasonlítsák a jelenlegi állapotot, figyelembe véve az elsődlegesen veszélyes anyagok szállítása miatti kockázatokat (autópályák és főutak) egy lehetséges forgatókönyvvel, amely néhány módosítást vezet be, például részleges áttérést a közúti árufuvarozásról a vasúti közlekedésre.

Rázga és szerzőtársai a közúti alagutak biztonságával foglalkoztak.²² Nagyon fontosnak tartották az alagutak biztonságos üzemeltetését, mert az alagutak sajátos műszaki építmények, amelyeket a közlekedési útvonalak lerövidítése és a közúti biztonság javítása érdekében építenek. 2015-ben vezették be először a közúti alagutak kockázatelemzési modelljének kiterjesztését. Ugyanezen szerzők kiszámolták²³ a közúti alagutak kockázatelemzését, megépítettek egy „Alagútforgalom és üzemeltetés szimulátort”, és azon dolgoztak, hogy a kockázatelemzési modellt hozzáadják a veszélyes áruk közúti alagutakon történő szállításának kockázatelemzéséhez. A modell megvizsgálja az alagút használóinak személyes érintettséggű kockázatát,

¹⁹ Izabela Gabryelewicz – Patryk Krupa – Joanna Sadłowska-Wrzesińska: Online measurement of work safety culture – statement of research. In *4th International Conference On Computing And Solutions In Manufacturing Engineering 2016 (COSME'16)*, Volume 94, 2017.

²⁰ Jelizaveta Janno – Ott Koppel: Operational risks in dangerous goods transportation chain on roads. *Logforum*, 14. (2018), 1. 33–41.

²¹ Elena Cristina Rada – Navarro Ferronato Vincenzo Torretta: Individual risk evaluation and interventions for mitigation in the transportation of hazardous goods: a case study. *MATEC Web of Conferences*, 121. (2017), 06008.

²² Martin Rázga – E. Jančaříková – Peter Danišovič: Research of selected factors of safety in road tunnels for practice. *2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies (ESaT)*. Slovakia, Jun 29–Jul 01. 2017.

²³ Martin Rázga – Peter Danišovič – Pavel Poledňák: Extension of risk analysis model for road tunnels. *Procedia Engineering*, 111. (2015), 687–693.

és statisztikailag értékeli az áldozatok várható számát évente. Úgy ítélték meg, hogy a Zsolna Egyetem (Szlovákia) alagútforgalmi és üzemeltetési szimulátora, egyedi szoftverrel kombinálva, elősegíti a normál működés során bekövetkező lehetséges működési körülmények kutatását és a káresetek modelljét.

Adamec és munkatársai ismertették a veszélyes anyagok városokban történő szállításával kapcsolatos kockázatok kérdését,²⁴ és javaslatot tettek az intelligens városok koncepciójának kidolgozása érdekében, hogy ez hozzájáruljon a funkcionális kommunikációs hálózat kialakításához, a forgalom áramlásához a városokban, emellett elérhető a kritikus infrastruktúra biztonságának növelése.

4. Veszélyes árut szállító járművek felügyelete

Amikor a veszélyes áruk mozgásáról beszélünk, a nyomon követhetőség és az ellenőrzés nem csak intelligens és hatékony logisztika kérdése. Ezek a biztonsággal kapcsolatos szempontokat is magukban foglalják, mivel az érintett iparágak és hatóságok számára közös gondot jelentenek. A veszélyes áruk szállítmányának nyomon követése hatékony, időszerű és pontos információk gyűjtését igényli a különböző lépésekről, szállításokról. A megbízhatóság alapvető követelmény, különösen az intermodális szállítás esetében, ahol különböző szállítmányozók, feladók és módok vannak jelen. Ebben a tekintetben a műholdas navigációs technológia kulcsfontosságú elem, mivel lehetővé teszi az áruforgalom folyamatos lokalizálását, ellenőrzését és nyomon követését, illetve az adatgyűjtést a szállítás során.

A műholdas helymeghatározás használatán alapuló rendszereket napjainkban széles körben alkalmaznak a veszélyes áruk szállítási műveleteiben is. A nyomkövető eszközökbe (amelyek az árut szállító eszközre, járműre vannak telepítve) integrálhatnak érzékelőket is, amelyek lehetővé teszik az áruk állapotának és a különböző telekommunikációs eszközök (műholdas és/vagy földi) állapotának vagy adatátvitelének nyomon követését.

Különböző korábbi és folyamatban lévő európai kezdeményezések bevezetik az európai műholdas navigáció használatát is, gondolva itt az EGNOS-ra²⁵ és a Galileóra. E kezdeményezések közül a 2011-ben lezárult SCUTUM²⁶ projekt kimerítően és sikeresen bizonyította, hogy az EGNOS pontos és megbízható lokalizációt és nyomon követést biztosít, és így különösen alkalmas a veszélyes áruk szállításának nyomon követésére. Ma a SCUTUM jóvoltából az EGNOS-t mintegy 1200 veszélyes árut közúton szállító közúti tartálykocsi megfigyelésére használják Európában (Olaszország, Franciaország, Ausztria, Szlovákia, Magyarország, Románia, Csehország). Kihhasználva a SCUTUM eredményeit, a 2014-ben indult és négyéves időtartamú folyamatban lévő CORE²⁷ projekt kiterjeszti a helymeghatározó rendszer használatát a veszélyes áruk intermodális szállítására, és elemzi a Galileo bevezetésének előnyeit. Amint azt a SCUTUM

²⁴ Adamec et alii (2016) i. m.

²⁵ *European Geostationary Navigation Overlay Service*, Európai helymeghatározó és navigációs rendszer.

²⁶ *SeCUring the EU GNSS adoption in the dangerous Material transport*, veszélyesáru-szállítás biztosítása Európában a GNSS által.

²⁷ *Consistently Optimized Resilient Secure Global Supply Chains*, Optimalizált, biztonságos és globális ellátási lánc.

tette, a CORE várhatóan egy működés közben bevált gyakorlatot is bevezet Európában. A projekt eredményei felhasználhatók a telemetria veszélyes áruk szállításához való felhasználásával kapcsolatosan.²⁸

Ma egyre nagyobb figyelmet fordítanak a gépjárművekre telepített felügyeleti rendszerekre annak érdekében, hogy veszélyhelyzetekben hatékony és értékes segítséget nyújtsanak, javítva így a közlekedés biztonságát. A vizuális segédeszközök fő korlátja, hogy rossz időjárási viszonyok (például köd, eső, füst) jelenléte esetén nem adnak pontos eredményeket. Ezt a korlátot radarérzékelők segítségével is le lehet küzdeni.

Li és Gu ismertették az IC-kártya bevezetését a közúti szállításra a haszongépjárművek felügyeletében.²⁹ Ez az IC-kártya a közúti szállításhoz tartalmazza a használó haszongépjármű tanúsítványát és kezelőjének képesítési bizonyítványát. Kínában e kártya feltétele a közúti szállításnak, amely egy elektronikus személyi igazolvány, ezt minden haszongépjárműnek és érintett szakembernek magánál kell tartania. A szerzők cikkükben röviden bemutatták ennek a Kínában alkalmazott IC-kártyának az alapvető kialakítását, adatformátumát és biztonsági kulcsainak felépítését. A haszongépjárművek felügyeletének további biztosítása érdekében javasolták a közúti fuvarozásra szolgáló IC-kártya további alkalmazási keretét. Megvitaták a kártya alkalmazási példáit az utasszállítás felügyeletében, a veszélyes áruk szállításának kezelésében, az irányítási-logisztikai kezelésében is. A gyakorlati alkalmazási eredmények azt mutatták, hogy az IC-kártya alkalmazása fontos technikai eszköz a közúti szállítási ágazatban a felügyeleti képesség javításához.

Malekian és szerzőtársai egy rádiófrekvenciás azonosítás (RFID) használatára képes intelligens járműnavigációs rendszer bevezetésével foglalkoztak a navigációs útvonalakra vonatkozó információk alapján.³⁰ Az útvonalak előrejelzéséhez és a navigációs útvonalak előzetes pontos meghatározásához prediktív algoritmusokat használtak. A rendszer lényege egy meglévő, helyben programozható táblázat és hardver a navigációs adatok gyűjtésére. Kommunikációs protokollt és adatbázist terveztek a vezető szokási adatainak tárolására is. A kapott eredmények alapján a rendszer alkalmazása során pontosan és következetesen eléri a navigációs előrejelzést, ezenkívül a sofőr szokásainak változását is sikeresen szűrték és kimutatták.

Xie és munkatársai bemutatták a globális helymeghatározó rendszeren alapuló veszélyesáru-szállítási megfigyelő rendszerüket.³¹ Ez egy valós idejű rendszer, amely a globális helymeghatározó rendszer, a BeiDou navigációs műholdas rendszer (BDS) és az RS485 csatlakozó felületen, buszon alapuló érzékelőmodulok segítségével folyamatosan figyelemmel kísérheti a szállítmányozott veszélyes áruk állapotát. A fenti technikai keret kombinációjában a rádióátvitel (*General Packet Radio Service*, GPRS), a rádiófrekvenciás azonosítás (RFID) és a földrajzi információs

²⁸ A. Di Fazio et alii: European pathways to introduce EGNOS and Galileo for dangerous goods transport. *Transportation Research Procedia*, 14. (2016), 1482–1491.

²⁹ Weiwei Li – Jingyan Gu: Application of IC Card License for Road Transportation in Commercial Vehicles Supervision and Service. *MATEC Web of Conferences*, 81. (2016), 03001.

³⁰ Reza Malekian et alii: Smart Vehicle Navigation System Using Hidden Markov Model and RFID Technology. *Wireless Personal Communications*, 90. (2016), 4. 1717–1742.

³¹ Yaoyao Xie et alii: A Hazmat Transportation Monitoring System Based on Global Positioning System/ BeiDou Navigation Satellite System and RS485 bus. *Proceedings of the 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*. Datong, Peoples R China, Oct 15–17. 2016. 1059–1063.

rendszer (GIS) technológiájával lehetővé teszi a rendszer számára a helyadatok figyelemmel kísérését és a veszélyes áruk alapvető állapotinformációinak biztosítását a szállítás során.

A csak GPS-technológián alapuló jármű-helymeghatározó eszközök fontos szerepet játszottak a területen, azonban vannak nyilvánvaló hiányosságok egy egyszerű GPS-módszer alkalmazásával a helymeghatározási pontosság és lefedettség szempontjából. A GPS vak, nem követett (például alagút) területén a jármű útvonala nem figyelhető meg valós időben, amit Ye és szerzőtársai vizsgáltak.³²

5. Útvonaltervezési eszközök

A közúti közlekedés biztonságának javítása az egyik legfontosabb cél a közlekedéspolitikai döntéshozók számára a mai társadalomban, és szintén fontos kérdés az életminőség javítása érdekében. A közelmúltban az ISO 39001 (közúti közlekedésbiztonsági irányítás) a minőségirányítási rendszerekkel egyetértésben bevezette a közúti balesetek csökkentését célzó biztonsági alapú tevékenységek irányelveit. Ezek az irányelvek a közúthálózat-működtetők, a használatban részt vevő üzemeltetők, érdekeltek és a magánvállalkozások számára készültek, és meghatározzák a közúti kockázat csökkentésének szabványos irányítását. Ebben az összefüggésben a veszélyes áruk szállításának kockázata különösen nagy veszélyt jelent. Számos döntéshozatali megoldást határoztak meg a közlekedési vezetők és a közigazgatás számára, de két nyitott kérdés még mindig létezik. Először is, nem léteznek olyan alkalmazások, amelyek a veszélyes áruk szállítóit támogatnák a taktikai és operatív tervezés során. A második pont a forgalmi torlódásoknak a közúti balesetek gyakoriságára gyakorolt hatásaival kapcsolatos, ezeknek a kapcsolatoknak a tanulmányozására és értékelésére nincs közös megközelítés.

A veszélyesáru-szállítási kockázatok problémája megoldásának egyik hatékony módja a veszélyesáru-szállítási útvonalak, valamint a pihenőhelyek megtervezése. Ezt a kérdést több szerző is vizsgálta. Caro-Vela és munkatársai egy hatékony algoritmus megtervezését javasolják³³ a veszélyes áruk parkolóhelyeinek optimális megközelítésének meghatározásához Európában. Tanulmányukban azzal a problémával foglalkoztak, hogy a veszélyes áruk számára szükséges minimális számú parkolóhelyet megtalálják az európai közlekedési hálózatban. A probléma optimális megoldásának elérése érdekében bevezették egy új grafikonon alapuló algoritmus kialakítását, amely a parkolóhelyeket úgy helyezi el, hogy a járművezetők betarthassák a vezetési és pihenési időkre vonatkozó előírásokat.

Conca és szerzőtársai elemezték a közúti forgalom napi folyamata és a balesetek gyakorisága közötti kölcsönhatásokat.³⁴ Integrált megközelítést javasoltak az útválasztási problémák

³² Ning Ye et alii: A hidden Markov model combined with RFID-based sensors for accurate vehicle route prediction. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 23. (2016), 1–2. 124–133.

³³ Maria D. Caro-Vela – Eugenio M. Fedriani – Ángel F. Tenorio: Design of an Efficient Algorithm to Determine a Near-Optimal Location of Parking Areas for Dangerous Goods in the European Road Transport Network. In *Computational Logistics*. 9335. 6th International Conference, ICCL 2015, Delft, The Netherlands, September 23–25, 2015. 617–626.

³⁴ Andrea Conca – Chiara Ridella – Enrico Saporì: A risk assessment for road transportation of dangerous goods: a routing solution. *Transportation Research Procedia*, 14. (2016), 2890–2899.

tanulmányozásához, figyelembe véve a biztonságot. A veszélyes árukkal érintett közúti balesetek elemzésének új megközelítése a veszélyes anyagok szivárgásához vezető okra összpontosít. Tanulmányukban bemutatták a közúti fuvarozók minimális költségű útválasztási problémájának korszerűsítését, figyelembe véve a veszélyes árukkal kapcsolatos kockázatokat is. Annak leírása után, hogy a veszélyes áruk szállításának kockázatát hogyan lehet kiszámítani egy útvonalválasztási problémában, a cikk megoldást ír le, amelynek célja egy tervezési és működtetési döntéshozatali eszköz biztosítása. A cél az volt, hogy a veszélyes árukat szállító fuvarozó az egyes szállítmányok, fuvarok költségein felül kiszámíthassa az egyes utakra vonatkozó további kockázatokat is.

6. Következtetések

A veszélyes áruk szállításával kapcsolatos balesetek jelentős kockázatot jelentenek az emberre, a környezetre és a gazdaságra nézve. A közelmúltban már bevezetett technológiák, például a földrajzi információs rendszerek (GIS), a globális műholdas navigációs rendszerek (GPS), az általános csomagkapcsolt rádiószolgáltatás (GPRS), a rádiófrekvenciás azonosítás (RFID) fejlesztése lehetővé teszi a helyzet javítását a lokalizációval és a járművek helyzetének figyelemmel kísérésével, a veszélyes áru állapotával, a jármű helyzetének balesetben történő pontos meghatározása és a kárfelszámolásban érintett beavatkozó erők, a tűzoltóság haladéktalan tájékoztatása a káresetről. Maguk a kárhelyszíni beavatkozásban részt vevő erők és a balesetek megelőzésében, a terület felügyeletében érintett állami, hatósági szervek szervezése által szintén tehető lépések a biztonság irányában. A térinformatika eszközei lehetővé teszik a veszélyes árukból származó anyagok terjedésének vagy szivárgásának, a lehetséges következményeinek modellezését, és így meghatározhatják a szennyezett terület mértékét a kárfelszámoláshoz szükséges erőforrásokat, hogy minimalizálják a baleset következményeit a legmegfelelőbb módon.

A cikkben bemutatottak szerint számos kockázatértékelési rendszert, modellt, módszertant, megközelítést fejlesztettek már ki a veszélyes áruk szállítási kockázat-csökkentési lehetőségeinek azonosítására, amelyeket már sikeresen alkalmaztak az egyes nemzeti kockázatelemzési rendszerekben. Számos rendszer létezik a járműveket szállító veszélyes áruk ellenőrzésére és a veszélyes áruk szállításának lehető legjobb, legbiztonságosabb útvonalának megtervezésére, elkerülve az emberre és a környezetre jelentett kockázatot.

Az egyes országoktól is függ, hogyan alakítják ki saját kockázatértékelési, nyomonkövetési és útvonaltervezési rendszerüket a veszélyes áruk szállítására, vagy átveszik a már kialakított és a gyakorlatban ellenőrzött rendszerek egyikét. Ez a kérdéskör azonban nemcsak egy ország problémája, hanem nemzetközi szinten is megoldandó. Az elmúlt években számos tevékenységet végeztek ezen a területen európai szinten is, de továbbra is megoldást kell találni arra, hogyan lehetne tovább javítani a jelenlegi helyzetet a veszélyes áruk szállításával kapcsolatosan Európában, mivel ez még mindig nincs a megfelelő szintű és egységes ellenőrzés alatt. További feladat a jelen korszak lehetőségeinek megfelelően a lehető leggyorsabb és leghatékonyabb kárfelszámolási lehetőségek megtalálása és biztosítása.

Felhasznált irodalom

- Adamec, Vladimír – Barbora Schullerova – Adam Vojtěch: Issues of Hazardous Materials Transport and Possibilities of Safety Measures in the Concept of Smart Cities. In *Smart City 360°*. First EAI International Summit, Smart City 360°, Bratislava, Slovakia and Toronto, Canada, 2016. 790–799. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-319-33681-7_70
- Majlingova, Andrea – Pántya Péter: Management of risks associated with dangerous goods transportation – review. *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 4. (2019), ksz. 220–246. Online: <http://vedelemtudomany.hu/articles/10-majlingova-pantya.pdf>
- Caliendo, Ciro – Maria Luisa De Guglielmo: Quantitative Risk Analysis on the Transport of Dangerous Goods Through a Bi-Directional Road Tunnel. *Risk Analysis*, 37. (2017), 1. 116–129. Online: <https://doi.org/10.1111/risa.12594>
- Caro-Vela, Maria D. – Eugenio M. Fedriani – Ángel F.Tenorio: Design of an Efficient Algorithm to Determine a Near-Optimal Location of Parking Areas for Dangerous Goods in the European Road Transport Network. In *Computational Logistics*. 9335. 6th International Conference, ICCL 2015, Delft, The Netherlands, September 23–25, 2015. 617–626. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-319-24264-4_42
- Conca, Andrea – Chiara Ridella – Enrico Saponi: A risk assessment for road transportation of dangerous goods: a routing solution. *Transportation Research Procedia*, 14. (2016), 2890–2899. Online: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.407>
- Di Fazio, A. – D Bettinelli – E. Louette – J. P. Mechin – M. Zazza – P. Vecchiarelli – L. Domanico: European pathways to introduce EGNOS and Galileo for dangerous goods transport. *Transportation Research Procedia*, 14. (2016), 1482–1491. Online: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.222>
- Forigua, Julio – Liliana Lyons: Safety analysis of transportation chain for dangerous goods: A case study in Colombia. *Transportation Research Procedia*, 12. (2016), 842–850. Online: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.037>
- Gabryelewicz, I. – P Krupa – J. Sadlowska-Wrzesinska: Online measurement of work safety culture – statement of research. In *4th International Conference On Computing And Solutions In Manufacturing Engineering 2016 (COSME'16)*, Vol. 94. 2017. Online: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179406008>
- Janno, Jelizaveta – Ott Koppel: Human factor as the main operational risk in dangerous goods transportation chain. *Proceedings of 17th International Scientific Conference Business Logistics in Modern Management*. Osijek, Croatia Oct 12–13. 2017. 63–78.
- Janno, Jelizaveta – Ott Koppel: Operational risks in dangerous goods transportation chain on roads. *Logforum*, 14. (2018), 1. 33–41. Online: <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2018.261>
- Kanj, H. – J.-M. Flaus: An Agent-based framework for mitigating hazardous materials transport risk. *IEEE Conference on Evolving and Adaptive Intelligence Systems*. Dec 01–03, France, 2015. Online: <https://doi.org/10.1109/EAIS.2015.7368791>
- Karim, Lamia – Azedine Boulmakoul – Aziz Mabrouk – Ahmed Lbath: Deploying Real Time Big Data Analytics in Cloud Ecosystem for Hazmat Stochastic Risk Trajectories. *Procedia Computer Science*, 109. (2017), 180–187. Online: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.322>
- Kátai-Urbán Lajos – Vass Gyula: Veszélyes üzemek és szállítmányok biztonsága Magyarországon, *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 4. (2019), 1. 45–82. Online: <http://vedelemtudomany.hu/articles/03-katai-vass.pdf>
- Kinzhikeyev, Sergey– Agoston Restas: Drone Applications for Supporting Disaster Management. In Karakoc Hikmet – Jozsef, Rohacs – Turan Onder – Sogut M. Ziya: *Abstract Book of International Symposium on Sustainable Aviation 2019 (ISSA-2019)*. 2019. 29. Online: <https://doi.org/10.4236/wjet.2015.33C047>
- Krejci, L. – B. Schullerova – V. Adamec: Risk Assessment of the Transport of Ammonia and Chlorine in Urban Areas. *Chemicke Listy*, 112. (2018), 4. 232–236.

- Landucci, Gabriele – Giacomo Antonioni – Alessandro Tugnoli Sarah Bonvicini – Menso Molag – Valerio Cozzani: HazMat transportation risk assessment: A revisit in the perspective of the Viareggio LPG accident. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 49. (2017), 36–46. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.08.009>
- Li, He-Hua – Yu-Jie Wang: Research on the Road Transport Risk of Domestic Hazardous Chemicals. *AEBMR – Advances in Economics Business and Management Research*, 50. (2017), 164–171. Online: <https://doi.org/10.2991/mse-17.2017.42>
- Li, Weiwei – Jingyan Gu: Application of IC Card License for Road Transportation in Commercial Vehicles Supervision and Service. *MATEC Web of Conferences*, 81. (2016), 03001. Online: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168103001>
- Łukasik, Zbigniew – Aldona Kuśmińska-Fijałkowska – Jacek Kozyra: Transport of dangerous goods by road from a European aspect. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 95. (2017), 109–119. Online: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2017.95.11>
- Malekian, Reza – A. F. Kavshe – B. T. Maharaj – P. K. Gupta – G. Singh – H. Waschefort: Smart Vehicle Navigation System Using Hidden Markov Model and RFID Technology. *Wireless Personal Communications*, 90. (2016), 4. 1717–1742. Online: <https://doi.org/10.1007/s11277-016-3419-1>
- Nowacki, G. – C. Krysiuk – R. Kopczewski: Dangerous Goods Transport Problems in the European Union and Poland. *Transnav-International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10. (2016), 1. 143–150. Online: <https://doi.org/10.12716/1001.10.01.16>
- Rada, Elena Cristina – Navarro Ferronato – Vincenzo Torretta: Individual risk evaluation and interventions for mitigation in the transportation of hazardous goods: a case study. *MATEC Web of Conferences*, 121. (2017), 06008. Online: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712106008>
- Rázga, Martin – Peter Danišovič – Pavel Poledňák: Extension of risk analysis model for road tunnels. *Procedia Engineering*, 111. (2015), 687–693. Online: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.133>
- Rázga, Martin – E. Jančaříková – Peter Danišovič: Research of selected factors of safety in road tunnels for practice. *2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies (ESaT)*. Slovakia, Jun 29–Jul 01. 2017. Online: <https://doi.org/10.1201/9781315393827>
- Smal, T. – M. Kopczewski: Transportation of Dangerous Goods – Legal and Technical Conditions and Marking of Vehicles. *Proceedings of the 20th International Scientific Conference Transport Means 2016*. Juodkrante, Lithuania, Oct 05–07, 2016. 191–196.
- Zwęgliński, Tomasz: The Use of Drones in Disaster Aerial Needs Reconnaissance and Damage Assessment – Three-Dimensional Modeling and Orthophoto Map Study. *Sustainability*, 12. (2020), 15. 6080. Online: <https://doi.org/10.3390/su12156080>
- Xie, Yaoyao – Miao Yu – Jie Fu – Dong Chen – Chengyun Yang: A Hazmat Transportation Monitoring System Based on Global Positioning System/ BeiDou Navigation Satellite System and RS485 bus. *Proceedings of the 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*. Datong, Peoples R China, Oct 15–17, 2016. 1059–1063. Online: <https://doi.org/10.1109/CISP-BMEI.2016.7852870>
- Ye, Ning – Zhong qin Wang – Reza Malekian – Ru chuan Wang – Ting ting Zhao – Darius Andriukaitis – Algimantas Valinevicius – Dangirutis Navikas – Vytautas Markevicius: A hidden Markov model combined with RFID-based sensors for accurate vehicle route prediction. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 23. (2016), 1–2. 124–133. Online: <https://doi.org/10.1504/IJAHUC.2016.078473>

Zoltán Antal¹

Basic Risk Assessment of Nuclear Power Plants

Atomerőművek alapvető kockázatértékelése

Nuclear power plants are classified as highly important and dangerous facilities. Therefore, in addition to the directives for dangerous establishments, they also have to adhere to further special criteria. This article investigates those essential security factors which are designed to ensure nuclear safety. It is very important that the operation of a nuclear power plant is covered from every professional aspect for the sake of nuclear safety. To demonstrate this, various risk factors will be paired with the operational status of the facility. This relates to the fact that the operation of the Hungarian nuclear facility is primarily governed by the Nuclear Safety Manual. Current legislation contains all those important safety precautions which are in accordance with all the highly critical systems of the nuclear facilities that are in operation today. It also includes international recommendations and their relevant points.

Keywords: nuclear power plant/station, reactor, nuclear facility, operation, safety.

Az atomerőművek kiemelten fontos és veszélyes üzemeknek minősülnek, ezért a veszélyes üzemekre vonatkozó szabályozókon túl, további speciális kritériumoknak kell megfelelniük. A jelen cikkben azokat az alapvető biztonsági faktorokat veszem vizsgálat alá, amelyek, mint jól lefektetett alapok hivatottak szavatolni a későbbi nukleáris biztonságot. A nukleáris biztonság érdekében lényeges, hogy az atomerőművek üzemeltetése minden szakmai szempontból lefedett legyen, ehhez a kockázati faktorok párosítását vezetem le az egyes létesítményi üzemállapotokhoz. Ehhez kapcsolódik, hogy a magyarországi nukleáris létesítmények működése alapvetően a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban foglaltak alapján valósul meg. A jelenleg hatályos jogszabályok tartalmazznak minden olyan fontos biztonságos üzemeltetésre vonatkozó feltételt, amely alapján ma a nukleáris létesítmények kiemelten fontos rendszerei működnek, hozzávéve a nemzetközi ajánlásokat és azok releváns pontjait.

¹ MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Atomix Kft. Létesítményi Tűzoltóság, e-mail: antalzmax@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-3454>

Kulcsszavak: atomerőmű, reaktor, nukleáris létesítmény, üzemeltetés, biztonság

1. Introduction

Electric power has become integral part of our daily life, however, as it cannot be stored in high quantities, it requires continuous production. Electricity can be easily produced and can be used both in households and by industries in multiple ways. Furthermore, it is essential for both private and business use in today's world of info-communication. In Hungary the biggest proportion of the produced electricity comes from the nuclear power plant (NPP), as it provides more than 50% of the country's total usage of electricity. Every process that can be hazardous for our society and environment requires to be classified by some kind of control directives that are related to a safety protocol. This is because the level of hazard must refer to the safety policies. Therefore, the directives and the convention levels must provide guidance for the safe establishment and operation of technological and industrial systems and processes.²

Many research articles have previously given detailed reports that human meeting energy needs fundamentally determines human society. As history has proven, the innovation of energy sources has always come with major technological improvements. Nowadays the exhaustive usage of nuclear energy sources occurs by adhering to serious safety criteria, which were developed following tragic accidents in the past few decades. Moving away from fossil fuels has become the primary objective for humanity and for environmental safety alongside with the exponential rise of our energy needs. This shift in attitude has been necessary because the world's energy production has led to global environmental issues. The usage of nuclear energy regardless of previous accidents is basically clean and sustainable. Therefore, complying with safety criteria is crucial.³

The figure below shows the change of the usage of different energy sources with regards to conditional consumption of Million tonnes of oil equivalent (Mtoe).

² *International Basic Safety Standards*, International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Austria, 2014; *Safety of Nuclear Power Plants: Design*, International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series No. SSR-2/1, Austria, 2012; László Manga and Lajos Kátai-Urbán, 'Nukleáris balesetektől levonható tanulságok – a tudomány állása. I. rész', *Bolyai Szemle* no 4 (2016), 120–136.

³ Manga and Kátai-Urbán, 'Nukleáris balesetektől!'; Katalin Fekete, 'Cultural Aspects of the Safety of Dangerous Establishments', in *Előadógyűjtemény: "Veszélyes üzemek biztonsága 2013."* Nemzetközi Iparbiztonsági Tudományos Konferencia. Budapest, 2013. április 10., ed. by József Dobor (Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013), 158–162

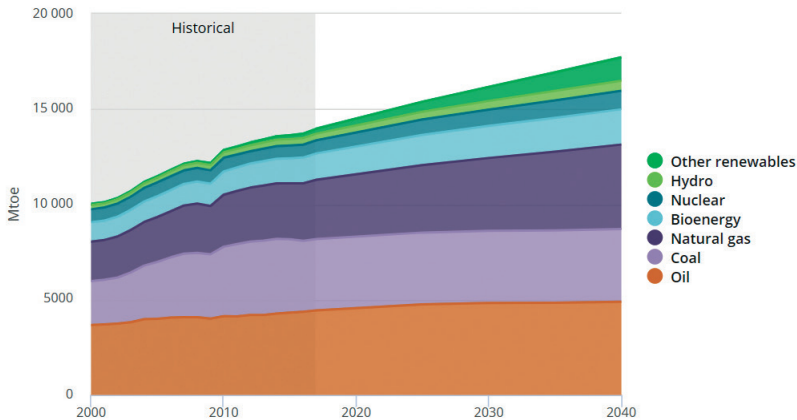


Figure 1. Change in the world primary energy demand according to the International Energy Agency.

Source: 'IEA releases World Energy Outlook 2018'. Dieselnet.

The construction and operation of NPPs are based on such requirements which are implemented through multilevel safety requirements from the planning phases onwards. These ensure the conditions for safe operation during the development and the subsequent conduction of the plant. The primary aspect of the risk assessments determines how the levels of risk measure up to the international safety requirements in each stages of establishing NPPs. During the design and establishment of the new third+ generation NPPs safe operational specifications have occurred as in the case of already existing NPPs. These contain several new technological solutions, which also require regulation of configuration, construction and installation, in the same way as the systems and system components of the earlier NPPs. In the case of new NPPs we can see new technological solutions such as core catcher and hydrogen recombiner. New criteria had to be established for the cooling of the core catcher so that the regulation and the termination of chain reaction can take place in adequate circumstances. The use of hydrogen recombiners is a significant preventative solution in critical events to avoid hydrogen explosion and it is attached to important regulations. The containment now possesses both external and internal cladding which have different protective functions and properties. Therefore, specific safety requirements need to be met. The spent fuel pool is located inside the containment too, whose requirements were already described in the Nuclear Safety Manuals (NSM). However, its current form needs some modifications because it is involved in the necessary intake of the essential safety service water system. Due to the design of the low- and high-pressure pump system of the cooling systems and due to the operational principal of the steam condenser that operates also as the passive nitrogen pressure bag of the reserve service water system, there is a need for new safety rule segments to be defined.⁴

⁴ *International Basic Safety Standards; Government Decree 118/2011. (VII. 11.) of Nuclear safety requirements for nuclear installations and related regulatory activities.*

2. Safety risks of Nuclear Power Plants

It is stated that the NPPs do not have any harmful effects under regular operation and do not cause environmental damage. At the same time, they are a potential source of hazard because in the event of multiple malfunctions they can lead to an emergency. Safe operation is the most important criteria of the NPPs. There is a large quantity of radioactive material in the nuclear reactors from which the employees of the facility need to be protected, and during an incidental event any kind of emission into the environment must be prevented. Large quantity of energy (that is, residual or remnant heat) is released even after the shutdown of a reactor, because the fission of the radioactive materials continues.

The operation of NPPs generates ionising radiation. With regards to other effects (such as vibration, electric current, heat) ionising radiation is not detectable to our senses and does not create direct sensations, but it may present a risk of health damage. With strict adherence to radiation protection and technological standards together with structured practices, the risk of damage to the employees' health is reducible, additionally the deterioration of environment and material properties is preventable. Considering radiation safety, the main aim of the NPPs' operation is to provide organisational, technical and health provisions and their implementation to keep radiation exposure to the employees and to the general public at a reasonably low level. It is important to take into consideration the social and economic circumstances, furthermore the exclusion of every unnecessary radiation exposure and the adherence to dosage limits.⁵

3. General risk aspects

The risk and safety levels of the four units of the NPP in Paks can be considered to be almost the same. The units have a balanced technical design, which means there is no special system or factor that would contribute disproportionately to the risk of the NPP. The safety of a nuclear power plant means that various measures have been taken to prevent radiation from endangering human life, the health of present and future generations, the environment and material goods to go above an acceptable level of risk. To hold to these principles, they must meet the following conditions:

- the heat generated in the reactor must always be removed;
- cooling of the cassettes must also be ensured on the offline unit;
- spent fuel must also be cooled;
- release of radioactive materials into the environment must be prevented (engineering barriers);

⁵ *International Basic Safety Standards*; Manga and Kátai-Urbán, 'Nukleáris balesetekből'; *Primary circuit knowledge*, Atomerőmű Tűzoltóság, ATOMIX Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat, Szakmai Ismeretek Oktatási anyag, ATOMIX at-me-6.2.2.-1-v2, 01. 07. 2013; *Radiation Protection Regulations*, „MSSZ_V20” (valid from: 01. 04. 2020.), MVM Paks Atomerőmű Zrt.

- the chain reaction has to be stopped rapidly (control and safety rods);
- cooling must also be provided during every malfunction.⁶

Improving security and reducing risk factors are based on the design and application of the principle of defence in-depth protection. It is a technical safety objective to prevent malfunctions with high safety. When planning, every possible malfunction must be taken into account within the prescribed limits and one must count with the possible consequences. Hence, the probability of a serious accident with a significant aftermath must be sufficiently low. To ensure this, the basic principle that determines the safety philosophy of an NPP is the application of in-depth protection. This is a multilevel set of applied technical solutions and measures, where the risk-reduced safety objective is achieved even if any of them is ineffective. As a result, the design of a nuclear installation takes into account internal faults and possible external influences and is adequately resilient. Internal failures occur as infrequently as possible, and the task is to maintain the operation of safety barriers, to protect the population and the environment even if the defence systems are inefficient. This means that the entire power plant must be designed in such a way that its resistance to internal faults and external influences should be as high as possible, and that internal faults occur as rarely as achievable. Appropriate application of technical solutions shall exclude the possibility of human error as much as possible. A high level of construction quality must be ensured during installation, and efforts must be made to prevent deviations from normal operating conditions.⁷

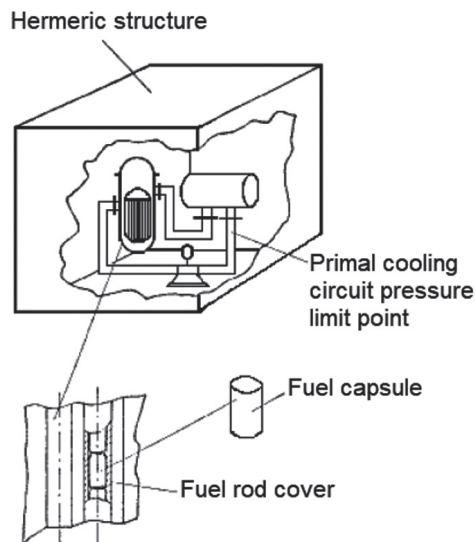


Figure 2. An NPP's basic safety barriers.

Source: Primary circuit knowledge, 8.

⁶ Radiation Protection Regulations.

⁷ International Basic Safety Standards; Safety of Nuclear Power Plants; Nukleáris Biztonsági Szabályzatok. 3/A. melléklet a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelethez.

4. Operational states of nuclear establishments

The life of nuclear facilities can be explained in terms of specific operating conditions and operating status. In addition to normal status, we distinguish simulated, safety-relevant expected operational events and foreseeable disturbances. In case of a more complex malfunction or serious accident, the safety functions should offer appropriate procedures depending on the situation. This means that the requirements must be met in such a way that the effect of the safety functions can force the nuclear installation into a controlled or safe shutdown state at the end of the process. To implement the safety functions, special systems and components must be designed. The designed systems must be adjusted to one of the in-depth levels of defence, which are in consistency with the operating conditions. During design, the construction and organisational structures are implemented at multiple, nested levels of protection, providing the opportunity to correct and compensate errors before they lead to serious consequences. These are the design basis to which event factors are assigned depending on the operating status.⁸

Table 1. Operating status of the units of an NPP based on design basis levels.

Operating status	Appellation	Event frequency (f [1/year])
DB1	normal status	–
DB2	expected operational events	f >10 ⁻²
DB3	low frequency design failures	10 ⁻² > f >10 ⁻⁴
DB4	very low frequency design failures	10 ⁻⁴ > f >10 ⁻⁵

Source: Government Decree 118/2011. (VII. 11.)

From the perspective of nuclear safety, beyond the above mentioned levels, two extended design basis categories of operating conditions must be defined (DBC), which are assigned to potentially occurring events, depending on their frequency.

- DBC1: the malfunction occurs as a complex fault, that does not trigger meltdown inside the active zone and the spent fuel pool;
- DBC2: major accident involving significant core meltdown.⁹

The implementation of basic safety functions of the nuclear reactors in relation to the operating conditions and in-depth protection has been based on the so-called engineering barriers. According to this, protection of the population and environment against radioactive materials is ensured by a series of leak-proof barriers in case of an accident. The first barrier is the fuel rod cover, which in ideal conditions prevents the release of radioactive isotopes from nuclear fission into the refrigerant. In case of a leakage of the rod, the release of radioactive contamination from the cooling fluid that would enter the refrigerant or would be activated for other reasons is prevented by second barrier, the wall of the primary circuit refrigeration, which is designed

⁸ Government Decree 118/2011. (VII. 11.); Primary circuit knowledge.

⁹ Government Decree 118/2011. (VII. 11.)

to withstand high pressure. The third engineering barrier is the wall of the hermetic annulus formed by the rooms containing the primary circuit's main equipment and the localisation tower, whose primary task is to prevent the release of radioactive contaminants into the environment during maximum design failure.

All these barriers must be considered with engineering precision already in the design period of the NPP, as the design and construction of the related systems require the implementation of additional safety aspects, which will make the entire construction a well-functioning, safe unit.¹⁰

5. Highly critical systems

Important system components for nuclear safety are designed with manageable failure factors, for which relevant research results and accumulated experience are also used. Safety functions are classified into safety classes with respect to fault factors and their consequences, taking into account the in-depth protection and specified operating conditions. In order to separate the protection levels, the classification of safety procedures is associated with the in-depth defence stages. The safety function definitions assigned to the operating levels not only contain prevention and management standards, but also ensure the durability of the protection at the given level. The operation of multiple protection and situation management protocols has performed an effective protective function and operating condition that keeps the situation under control. With the security classification of each protection function there is a deeper level of defence available if any of these systems should have a malfunction. It can prevent danger due to the lost function, but this requires a redundant technological design of security from the very beginning.¹¹

If we want to design safety functions and protection systems, all possible events must be identified which could affect the safety of the nuclear establishment. The defined events must then be incorporated into the design on the basis of their generation parameters, consequences and other effects, from which the functional outages, reliability characteristics and operating parameters of the various operating conditions can be derived. The natural effects of the NPP's site and its environment shall be taken into account as well as the intentional or unintentional events. There can be targeted in- or off-site activities and consequences of the nuclear operations like malfunctions or failures of the systems.¹²

¹⁰ *Primary circuit knowledge.*

¹¹ *Safety of Nuclear Power Plant.*

¹² *Government Decree 118/2011. (VII. 11.); Primary circuit knowledge; Balázs Bognár, Lajos Kátai-Urbán, György Kossa, Sándor Kozma, Béla Szakál, and Gyula Vass, Iparbiztonságtan I. – Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetői és hatósági feladatok ellátásához (Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Nemzeti Közszolgálati és Tankönyv Kiadó Zrt., 2013).*

Table 2. Levels of in-depth defence for operational conditions.

Level of in-depth protection	Objectives	Applicable devices	Radiological consequences	Relevant operating status	
1.	Prevention of deviations from normal operation and errors	Conservative design, with high quality installation and operation; keeping the main operating parameters within the prescribed limits	No off-site radiological impact beyond official limits	Normal/standard operation (DB1)	
2.	Handling of deviations from normal operation and errors	Control and safety systems; other monitoring methods		Expected operational events (DB2)	
3.	3.a.	Management of malfunctions to limit radioactive release and prevent fuel melting	Safety systems, operational troubleshooting instructions	None or only minimal off-site radiological impact	Design failures (DB3-4)
	3.b.		Safety tools for complex troubleshooting, instructions, on-site accident prevention implementations		Complex operational failures (Suspected multiple failure) (DBC1)
4.	Practical elimination of large or early emissions, management of fuel melting accidents to limit off-site emissions	Additional safety devices to limit fuel melting, accident management instructions, on-site accident prevention measures	Off-site radiological impact that may justify introduction of spatially and temporally limited public precautions	Major accident (DBC2)	
5.	Reducing radiological consequences of significant radioactive material releases	On-site and off-site emergency response procedures; intervention levels	Off-site radiological exposure that makes public precautions necessary	Extremely serious accident	

Source: Government Decree 118/2011. (VII. 11.), 213.

If a nuclear establishment operates more than one power plant unit or if it is located in the vicinity of another NPP, an analysis shall be performed that clearly shows the potential interactions between the facility and the units, taking all operating conditions into account, including all hazards. This includes analyses of the defence systems that act as security systems shared by multiple NPP units. In light of this, security systems and components must have both active and passive solutions. All operating conditions and in-depth safety levels are designed to provide the necessary accident handling and intervention capabilities. The defence functions must be activated automatically in all cases to prevent the development of more serious consequences.

At the same time, it is not possible to offer the option to deactivate the protection functions and the intervention by an operator can only be available if the time interval between the detection of the occurrence and the implementation of the necessary action proves to be achievable. In addition, the performance of safety functions cannot be hindered by any system failure to operate in normal process.¹³

6. Nuclear safety regulations

Despite the high level of design, construction and operation, continuous inspection and testing, events that could lead to failure or accident (for instance, pipe breakage due to internal material defect, natural disaster, and so on) cannot be ruled out. Therefore, safety systems and troubleshooting instructions are needed to deal with the presumed situation. Safety systems should be designed in such a way that the integrity of the active zone is maintained in the event of any predetermined malfunction. Besides this, they must also be prepared to deal with accidents that are very unlikely but have serious consequences.¹⁴

In such cases, safety systems no longer provide the adequate protection, and the most dangerous situation for reactors, the core meltdown can occur, which can lead to high level of radioactive release. The risk of these events should be minimised as low as reasonably achievable by installing systems that reduce or at least delay the rate of zone melting, leaving time for other critical measures (for example, eviction of population).

Achieving and maintaining a high level of safety, which also means a low level of risk, is therefore a fundamental aspect in the design and conduct of NPPs. These can be ensured partly by the appropriate design of the physical structure of the technological systems, the application of modern technical solutions, and partly the high-quality implementation of the operation, organisational structure and work coordination. Risk analyses can only be considered complete if the frequency of the zone damage or radioactive release is determined as a consequence of an initial event (technological failures, internal and external hazards such as: fire, flooding or earthquake) that can be assumed in all operating conditions of the plant (different phases of restart/shutdown and rated power output).¹⁵

¹³ *Government Decree 118/2011. (VII. 11.); Primary circuit knowledge; Bognár et al., Iparbiztonságtan I.*

¹⁴ *Safety of Nuclear Power Plants.*

¹⁵ Fekete, 'Cultural Aspects'; Lajos Kátai-Urbán, Katalin Sibalin-Fekete, and Gyula Vass, 'Hungarian Regulation on the Protection of Major Accidents Hazards', *Journal of Environmental Protection, safety, Education and Management* 4, no 8 (2016), 83–86.

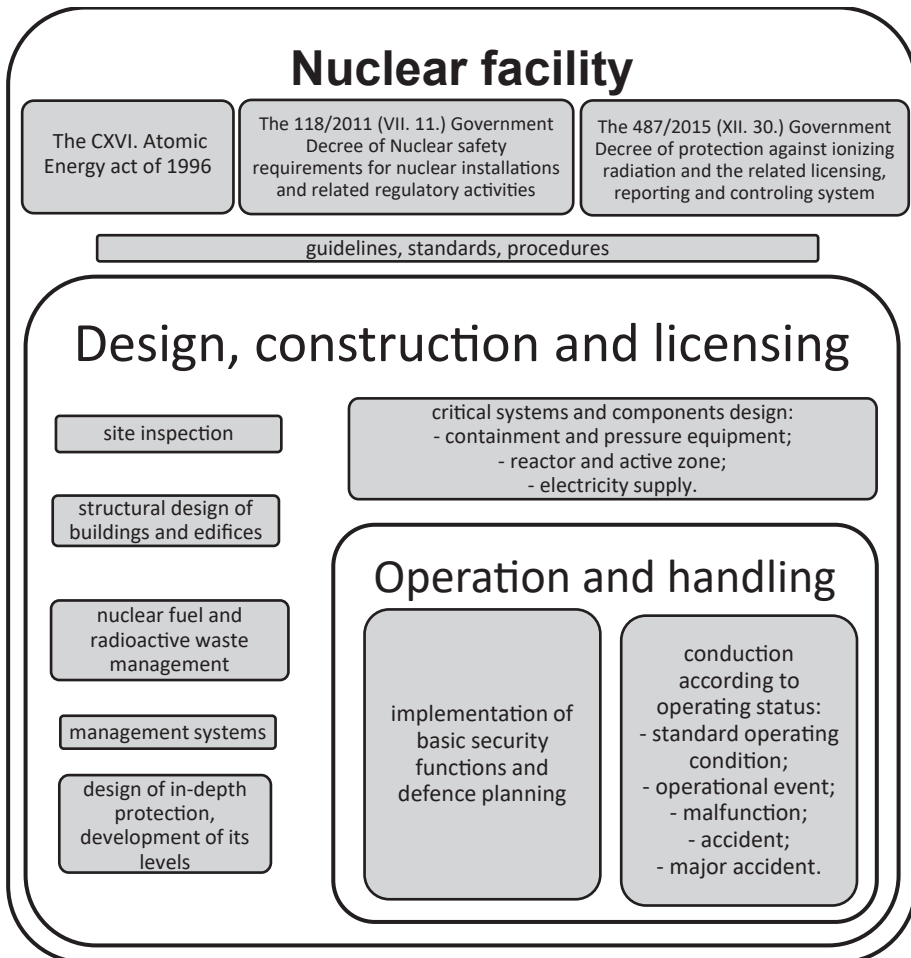


Figure 3. Summary of safety policy design of nuclear facilities.

Source: made by the author.

During the examination of emissions, the completeness includes the impact assessment of all relevant sources of radioactive material (primarily the active zone and spent fuel pool heaters). For the damaging effect assessment event-logical models need to be developed, during which the hazards (initial events) that can lead to zone-damage or radiological release must be analysed first. After any initial event a process simulation shall be used to determine the failure and accident processes that may occur due to a downfall of the safety systems. During the simulation, the necessary and sufficient aspects for the successful intervention of the systems must be identified. System analysis should reveal failures that could hinder successful interventions and the logical conditions which can cause a function loss. By editing these faulty data, the error-specific circumstances of the event-logical model shall be summarised. This

should include the expected frequency of initial events, equipment failures, the likelihood of human error, and time intervals for each elementary operation and maintenance activity.

Taking these into consideration, the task of the NPP's environmental protection protocol includes the control of the radioactive discharges of the power plant, determination of their size and composition, and the continuous monitoring of the natural and artificial radiation conditions of the environment, therefore the construction of an NPP must meet a number of criteria even in the planning period. The most fundamental principle is that although it can cause serious damage to human health, wildlife and the environment, but at the same time the safe and peaceful use of nuclear energy has significant advantages in many areas of scientific research and in improving human living conditions, and these advantages can be exploited with adequate safety.¹⁶

7. Summary and conclusions

The legislation and the relevant Nuclear Safety Regulations have determined the basic safety objectives for the design and construction of new NPPs, the reconstruction and operation of existing NPPs, and the design and constituents of systems that are important for nuclear safety. A long-term, global safety objective of the design and operation of NPPs is to ensure that the risk of potential accidents neither increases nor decreases with the expansion of installed nuclear capacity. To achieve this goal the safety of existing NPPs must be increased by appropriate measures, and technical solutions that meet stricter risk criteria must be applied when setting up and building new systems.

Worldwide, in all industrial sectors where accidents can occur and hazardous substances can harm people and pollute the environment, there is a chance that an unexpected and unforeseen event arises, even with the highest level of safety and strategy. As a result of today's modern technology and innovative thinking, the number of circumstances that can cause industrial accidents have been minimised, although the efforts devoted to damage control and damage elimination have remained procedures to be improved and perfected in the first place.

Beyond these, fire prevention and protection have remained the highest priority in the life of an NPP, as it is not only necessary to prepare for events involving hazardous substances in the plant, but also to ensure nuclear safety. The multiple redundant systems built for fire safety need to operate not only in theory and during test but in real situations too. The point is not only to meet the requirements of the licensing authorities, but to create carefully and properly designed systems that provide protection in all circumstances and help to prevent a disaster. When we exchange views on an NPP, fire protection must be planned from construction to decommissioning. In many cases, events that endanger nuclear safety will be prevented by the fulfilment of fire prevention safety conditions, and if an event requiring intervention does occur, the established fire protection systems will intervene and eliminate the danger. Intervening system components, whether automatic, manual or even human intervention dependent, form

¹⁶ *International Basic Safety Standards.*

an overlapping structure, where each level can handle the threat on its own and the failure of any level does not cause other protection systems to collapse and become unusable. Therefore, by designing and constructing new NPPs and rebuilding existing ones it is very important that the systems and components which provide nuclear safety are outlined and implemented at the highest level.

In terms of safety, the volumes of the NSR contain a list of requirements for all nuclear facilities that guarantee safety from the first stage of design to the final point of decommissioning and discharge. If we look at the development of the currently operating NPP in Paks and take into account that another nuclear facility is being planned in the immediate vicinity of the establishment, it is important that policy upgrades are implemented that guarantee not only the applicability of new technologies, but also consider the effects of the two plants on each other. It is important, for example, that reactor protection measures, which must physically initiate the shutdown of a reactor, include transmission of information that can launch the defence systems in the other power plant, depending on the operating condition of the triggering protection function. To ensure safe operation of the new power plant, the conditions must be guaranteed by methods and procedures that do not affect safety systems of the older power plant and along this no process or failure of the new power plant can induce a domino effect on the old one. Furthermore, the summary of the safety policy of the currently operating NPP in Paks should be used to meet the specific safety requirements of the new NPP which will be built next to the existing plant on the same natural water source in order to meet the international requirements. In the case of operating NPPs, the complex application of safety policies has been proven to be able to intervene effectively in all currently reasonably thought-out and experienced situations. However, a significant number of safety systems get activated by some cooling water process, which have been installed on the same water source, hence the safety design needs to be fundamentally rethought and reorganised so that the current high level of safety/efficiency rate remains at least at the same level or, if possible, even increased.

Bibliography

- Bognár, Balázs – Lajos Kátai-Urbán – György Kossa – Sándor Kozma – Béla Szakál – Gyula Vass: *Iparbiztonságtan I. – Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetői és hatósági feladatok ellátásához*. Budapest, Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Nemzeti Közzolgálati és Tankönyv Kiadó Zrt., 2013.
- Fekete, Katalin: 'Cultural Aspects of the Safety of Dangerous Establishments'. In *Előadásgyűjtemény: "Veszélyes üzemek biztonsága 2013."* Nemzetközi Iparbiztonsági Tudományos Konferencia. Budapest, 2013. április 10., ed. by József Dobor. Budapest, Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2013. 158–162.
- 'IEA releases World Energy Outlook 2018'. Dieselnet. Online: <https://dieselnet.com/news/2018/11/iea.php> (01. 10. 2020.)
- International Basic Safety Standards*. International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Austria, 2014.
- Kátai-Urbán, Lajos – Katalin Sibalín-Fekete – Gyula Vass.: 'Hungarian Regulation on the Protection of Major Accidents Hazards'. *Journal of Environmental Protection, safety, Education and Management* 4, no 8 (2016), 83–86.

Manga, László – Lajos Kátai-Urbán: 'Nukleáris balesetektől levonható tanulságok – a tudomány állása. I. rész'. *Bolyai Szemle* no 4 (2016), 120–136.

Nukleáris Biztonsági Szabályzatok. 3/A. melléklet a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelethez Online: [www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/6D1BF609318E4C1257BE800681A3B/\\$File/NB-SZ_3A_k%C3%B6tet_2020.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/6D1BF609318E4C1257BE800681A3B/$File/NB-SZ_3A_k%C3%B6tet_2020.pdf) (01. 10. 2020.)

Primary circuit knowledge. Atomerőmű Tűzoltóság, ATOMIX Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat, Szakmai Ismeretek Oktatási anyag, ATOMIX at-me-6.2.2.-1-v2, 01. 07. 2013.

Radiation Protection Regulations, „MSSZ_V20” (valid from: 01. 04. 2020.). MVM Paksi Atomerőmű Zrt. *Safety of Nuclear Power Plants: Design*. International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series No. SSR-2/1, Austria, 2012.

Legal source

Government Decree 118/2011. (VII. 11.) of Nuclear safety requirements for nuclear installations and related regulatory activities (Hungary)

Jusztin Karina Zelma¹ – Vég Róbert László²

A rezgésdiagnosztika alkalmazása a Magyar Honvédség technikai kiszolgálása és járműjavítása során – 1. rész

Application of Vibration Diagnostic Procedures in the Technical Service and Maintenance System of the Hungarian Defence Forces – Part 1

A folyamatos technikai fejlődésének köszönhetően, a modern gépjárművek felépítése egyre összetettebb a korábbi technikákhoz képest, és széles körben elterjedt a számítógépes, automatizált vezérlési rendszerek alkalmazása. Ennek következtében, a karbantartási, javítási műveletek során már nem elég csupán a szubjektív vizsgálatokra, ellenőrzésekre hagyatkozni, hanem elengedhetlenné vált a diagnosztikai vizsgálatok bevonása. A Magyar Honvédség állományába folyamatosan rendszeresítik az olyan számítógépes rendszerekkel rendelkező haditechnikai eszközöket, amelyek technikai kiszolgálása és javítása csak modern diagnosztikai eljárások alkalmazásával valósítható meg. Egy, a diagnosztikai vizsgálatok rendszeres alkalmazásán alapuló üzemfenntartási rendszer lényeges előnyökkel járhat, mivel biztosítja a gyors és precíz munkavégzést. A rezgésdiagnosztika a gyakorlatban legtöbbször használt diagnosztikai vizsgálat, hiszen a gépek megbontása, roncsolása nélkül, csupán a gép által keltett rezgések alapján képes a gép alkatrészeinek működés közbeni folyamatos ellenőrzésére, meghibásodása esetén a hiba helyének pontos behatárolására. A rezgésdiagnosztikai műszerek rendszeres, hosszú távú alkalmazásával és a vizsgálatok nyújtotta tapasztalatok felhasználásával következtetni lehet a meghibásodás idejére, így döntő szerepet játszhat a javítások tervezésének folyamatában.

Kulcsszavak: diagnosztika, rezgésdiagnosztika, technikai kiszolgálás, javítás

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, honvéd tisztjelölt, e-mail: jusztin.karina@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1999-4629>

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, egyetemi docens, e-mail: vegh.robert@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9786-6702>

The structure of modern vehicles is more and more complex because of the continuous improvement of technics. The application of automatic computer control system is widespread. Consequently, the involvement of diagnostic procedures became necessary in maintenance and repair operations, beyond subjective examinations and inspections. Military technology equipment with computer systems are continuously authorised in the Hungarian Defence Forces. The technical service and repair of these equipments is feasible with application of modern diagnostic procedures. A maintenance process based on regular use of diagnostic procedures ensures advantages by reason of quick and exact work methods. The vibration diagnostic is the most often used diagnostic inspection. According to the vibration of the equipment we are able to check the components and determine the exact location of the failure without any destruction. The regular, long-term application of vibration diagnostic gauges and the experiences based on these make possible to forecast the defect time and organise the repair processes.

Keywords: *diagnostic, vibration diagnostic, technical service, repair*

1. Bevezetés

A gépjármű-diagnosztika a műszaki diagnosztika alkalmazását jelenti, amely során a gépjárművön diagnosztikai műszerekkel végrehajtott mérések következtében a gépjármű műszaki állapotáról kapunk információkat, annak megbontása nélkül. A gépjármű-diagnosztika során a gépjárműre vonatkozó üzemi jellemzőket mérjük, majd ezen értékeket az előírt értékekkel hasonlítjuk össze. A diagnosztika alkalmazásának eredménye a közlekedésbiztonság megőrzése, szinten tartása, a gépjármű műszaki megbízhatóságának szinten tartása, növelése, a hibák időbeni felismerése, előrejelzése, a környezet védelme.³

Az egyes gépjárműveken végzett gépjármű-diagnosztikai vizsgálatok célja eltérő lehet: a) amennyiben a cél a gépek működőképességének meghatározása, akkor valójában a gép működésének ellenőrzése történik. Ebben az esetben azon gépre vonatkozó jellemzők vizsgálata történik, amelyek normál esetben biztosítják a gép kifogástalan működését és gazdaságos üzemeltetését; b) amennyiben a cél a minőség-ellenőrzés, akkor egy új gyártású, először üzembe helyezett vagy javításon átesett gép, illetve részegység üzembe helyezés előtti ellenőrzésére kerül sor. Ezeket az eljárásokat a működési diagnosztika foglalja magában; c) amennyiben a cél a gépjármű elhasználódási állapotának meghatározása, akkor a hibadiagnosztikai vizsgálat során a gép kopási állapotának, az anyag fáradásának, korrózió vagy egyéb károsító hatás miatt bekövetkezett hibajelenségek vizsgálata történik.⁴

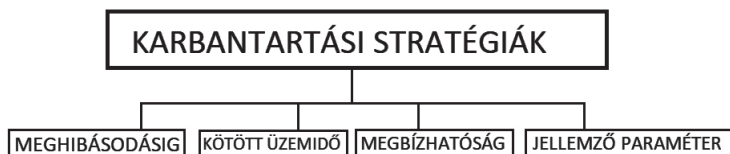
Az üzemfenntartási rendszer egy összetett rendszer, amely magában foglalja az állóeszköz-gazdálkodást, a karbantartást, karbantartás-irányítást, illetve szinten tartó beruházásokat is. Az üzemfenntartás részét képezik a megelőző jellegű tevékenységek, azaz karbantartási mű-

³ Lakatos István – Nagyszokolyai Iván: *Gépjármű-diagnosztika*. Budapest, Képzőművészeti Kiadó, 2007. 14–15.

⁴ Dömötör Ferenc et alii: *Járműdiagnosztika*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki Kar, Typotex, 2011.; Szabó József Zoltán: *Gépjármű diagnosztika*. é. n. 8–10.

veletek, az elhárító jellegű tevékenységek, azaz a javítások, valamint a technikai, gazdálkodási és adminisztratív feladatok. Az üzemben tartás két részre osztható, ezek a megelőző jellegű tevékenységek, illetve az elhárító jellegű tevékenységek. A megelőző jellegű tevékenységeket, azaz a karbantartási műveleteket a váratlan meghibásodások esélyének csökkentésére a még működőképes eszközökön hajtják végre. Általában statisztikai adatok alapján tervezik a gép működési paramétereinek ellenőrzését és a különböző alkatrészek, kenőanyagok cseréjének az idejét. Az elhárító jellegű tevékenységek az igénybevétel során keletkezett vagy a technikai kiszolgálás alatt észlelt meghibásodások megszüntetésére és az üzempéesség visszaállítására irányuló tevékenységek összessége.⁵

Az alkalmazott üzemeltetési stratégia szorosan összefügg az alkalmazási lehetőségekkel és szükségletekkel. Meghatározó feltétel például a jelen kor műszaki-technikai szintje, a haditechnikai eszköz konstrukciós sajátossága, hiszen egy haditechnikai eszköz üzemeltetését az elképzelt módszer követelményeinek megfelelően, a rendelkezésre álló információforrásokat felhasználva kell kidolgozni. Ezek mellett még fontos feltételnek minősül a vezető és kezelőállomány felkészültsége és igény szintje, a járműpark nagysága, az érvényben lévő hazai és nemzetközi előírások, az üzemeltetés helyszínéről szolgáló szervezeti keret korszerűsége, rugalmassága. A képen (1. ábra) látható módon a karbantartási stratégiákat több szempont alapján csoportosíthatjuk.



1. ábra. Karbantartási stratégiák

Forrás: a szerzők szerkesztése

A hagyományos karbantartási rendszerek a meghibásodásig történő üzemeltetés, a kötött üzemidő szerinti üzemeltetés, a megbízhatósági szint szerinti üzemeltetés és a jellemző paraméter szerinti üzemeltetés. A legalapvetőbb vizsgálati rendszer a meghibásodásig történő üzemeltetésen alapuló karbantartási rendszer, amelyet olyan eszközöknél alkalmaznak, ahol a meghibásodás elenyésző következménnyel jár. Előnye, hogy nagyon egyszerű, kevés tervezéssel járó rendszer, hátránya, hogy a váratlan hibák súlyos károkat okozhatnak, hiszen a meghibásodás bekövetkezése után végzik el a szükséges hibajavítást. A kötött üzemidő szerinti üzemeltetés vagy más néven tervszerű megelőző karbantartás (TMK) lényege, hogy az üzemeltetés tárgya meghatározott teljesítmény után – például üzemidő, naptári idő – ciklikus ellenőrzésen és karbantartáson esik át. Az ellenőrzések közti időt úgy határozzák meg, hogy az üzemeltetés tárgyát jellemző műszaki paraméter értéke ne tudjon a megengedett és a meghibásodást jelentő értékek közti különbséggel változni. A megbízhatósági szint szerinti üzemeltetési stratégia

⁵ Gyarmati József: Az üzemfenntartás speciális katonai követelményei. *Haditechnika*, 53. (2019), 4. 7.

növeli az irányítók munkáját és felelősségét és pontos, hiteles adatokat követel meg.⁶ A lényege, hogy ha a meghibásodások száma eléri az adott gépparkra és időszakra meghatározott maximálisan megengedhető meghibásodások számát, akkor külön ellenőrzésre vagy kötött üzemidő szerinti üzemeltetési stratégiára kell áttérni. Amennyiben a meghibásodások a maximális szintet nem érik el, a technikai eszközön karbantartást, ellenőrzést nem kell alkalmazni. A jellemző paraméter szerinti üzemeltetés jellegű stratégia során az üzemeltetés tárgyának állapotát szakaszos vagy folyamatos paramétervizsgálattal, majd annak kiértékelésével állapítjuk meg. A pillanatnyi műszaki állapot felméréséhez elengedhetetlen a vizsgált rendszerben lezajló fizikai folyamatok ismerete, a műszaki állapot változásának iránya és sebessége, hiszen ezek alapján kell meghatározni az üzemeltetés tárgyán végrehajtandó műszaki munkákat. Egy ilyen vizsgálatokon alapuló üzemeltetési rendszer alkalmazásához a lehető legpontosabb műszaki adatokra van szükség, amelyeket csak a legfejlettebb hibabehatárolási, diagnosztikai és állapotfigyelési módszer alkalmazásával érhetünk el.⁷

Manapság elképzelhetetlen a karbantartások, javítások sikeres, gyors elvégzése diagnosztikai vizsgálatok nélkül, amelyek használatával nemcsak a motor szerkezeti részeinek hibáiról kapunk pontos képet, hanem azok környezetkárosító hatásairól, valamint a gazdaságos működtetés visszaigazolásáról is.⁸ A fenntartás magában foglalja mindezen műszaki és szervezési tevékenységeket, amelyek a gépek és járművek előírt megbízhatóságú, gazdaságos üzemeltetését lehetővé teszik. A fenntartás keretében végzett karbantartási és javítási munkákkal elkerülhetők a váratlan meghibásodások, és csökken az üzemből kieső idő, valamint a fizikai elhasználódási folyamatok késleltethetők és a megbízható működés szinten tartható. A javító, karbantartó tevékenységek jellemzően a kezelés, a gondozás, a felügyelet, a vizsgálat és a szükséges beállítások, kisebb javítások elvégzésében merülnek ki. Jellemzően a karbantartó műveleteket szétszerelés nélkül végzik. Amennyiben – a korábbi eljárásoknak megfelelően – a hibákat a gépjármű egyes fődarabjainak megbontásával tárnák fel, az több szempontból hátrányos hatással lenne a munkálatok hatékonyságára, mivel a gépjármű szerelési ideje meghosszabbodik, a szerelés után jónak minősített egység szerelési ideje felesleges, a jónak minősülő egység a megbontás következtében hibássá válhat, valamint a szükségtelen alkatrészcsere növeli az anyagköltségeket. Ezért váltak elterjedté a hibafeltárás során alkalmazott diagnosztikai eljárások, mivel a gépjármű műszaki állapotára, a műszaki állapotra jellemző paraméterekre vonatkozó vizsgálatok a gépjármű megbontása nélkül elvégezhetők.

Az üzemeltetett gépjárművek műszaki állapotfelügyelete, üzemállapot-regisztrációja törtenhet: rendeleti előírás alapján (forgalombiztonsági, környezetvédelmi állapot-ellenőrzés, menetállapot-regisztráció); fenntartás céljából (hibamegállapítás, hibamegelőzés, beállítás, beszabályozás); szállítási feladat végrehajtásának komplex értékelése szempontjából.

⁶ Gyarmati József: Examining Some Key Issues of the Maintenance Organisation from the Point of View of the Operator and the Manufacturer. *Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*, 18. (2019), 3. 45–53.

⁷ Gion János: *Gépjárművizsgálat, -javítás I.* Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 2003. 14–16.; Pokorádi László: *Karbantartás elmélet.* 2002. 5–7.; Péczely Csaba: A karbantartás-menedzsment korszerű irányzatai és módszerei. *Magyar Grafika*, 53. (2009), 4. 12–16.

⁸ Vég Róbert – Hegedűs Ernő: Dízelmotorok feltöltése és hűtése, különös tekintettel a katonai felhasználásra tervezett konstrukciókra. I. rész. *Haditechnika*, 50. (2016), 6. 6–11.

A diagnosztikai vizsgálatokat jellemzően a javítás megkezdése előtt alkalmazzák gyors és megbízható hibakeresés céljából. A műszerek objektív eredményei kizárják az elhúzódo hibakeresést és a hiba szubjektív megítélését, a szerkezeti részek megbontása nélkül. A diagnosztikai műszerek a hibakutató vizsgálat után, a javítási folyamatok során lehetővé teszik a javítások minőségét növelő beállítások pontosságát. A javítás – azaz az üzemképesség, az előírt megbízhatósági szint helyreállítása – elvégzése után ellenőrző diagnosztikai méréseket végezhetünk el. A rendszeres diagnosztikai vizsgálatokkal több hiba is kimutatható, növelhető a gazdaságosság és megbízhatóság, illetve megelőzhető a váratlan üzemképtelenség. A váratlan hibák megelőzésére vagy épp a hibák megállapítására az üzemeltetők célszerűen kidolgozott tervszerű megelőző karbantartási rendszer szerint folyamatos ellenőrzéseket, vizsgálatokat végeznek.⁹

2. Rezgésdiagnosztika

A rezgésdiagnosztika a műszaki diagnosztikának egy olyan speciális ága, amely a berendezések dinamikus erőhatásaira keletkező rezgéseinek a mérésével és kiértékelésével foglalkozik. Ezek a rezgések a berendezés működése közben, vagy külső kényszergerjesztés során keletkezhetnek. A rezgésdiagnosztika alkalmazása igen sokrétű lett az elmúlt évtizedekben. A különböző gépalkatrészek rezgéseinek a meghatározása a lehetséges hibák listáját jelentősen leszűkíti. Mivel a géprezgések információkat hordoznak, a rezgésdiagnosztikai eljárás számos esetben alkalmazható. Egy gép alkatrészein előforduló hibák leggyakrabban valamilyen igénybevétel következményei, ami lehet túlterhelés vagy pedig hosszú időn keresztül tartó ciklikus igénybevétel. Ha túl nagy terhelés éri a szerkezetet, az alkatrészek elrepedhetnek, eltörhetnek, a hegesztési varratok felszakadhatnak.

A rezgésdiagnosztikai vizsgálatokat olyan berendezéseknél alkalmazzuk, ahol:

- a géphibából eredő járulékos veszteség hatalmas költségekkel jár;
- egy géphibából adódó leállás, termelés kiesés szintén magas költségekkel jár;
- a gép hibája közvetlen veszélyt jelent a közelben dolgozó munkásokra nézve;
- a gép a környezetben kárt okozhat;
- valamint költségmegtakarítás céljából.

Lényeges a gyors, pontos és megbízható vizsgálat, illetve hogy ez a berendezés szétszerelése nélkül elvégezhető legyen. Továbbá a nagyjavításra szoruló gépeket, berendezéseket a javítás idejére kénytelenek nélkülözni, ami idő- és energiavesztéssel jár. Ha a hiba okát, helyét nem tudjuk előre, a javítási folyamat még hosszabb lesz. A rezgésdiagnosztikai vizsgálatokkal még a gép üzemi ideje alatt vizsgálatokat végezhetünk, amivel meghatározhatjuk a hiba pontos helyét és okát, ezután pedig célirányosan kerül sor javításra, így időt és energiát takaríthatunk meg. A nagyjavítás után végzett vizsgálatok a javítás eredményességét ellenőrzik, valamint a váratlan hibák kiküszöbölésére alkalmazhatók, amelyekkel későbbi, komolyabb meghibásodások előzhetőek meg. A rendszeresen végzett ellenőrzéssel nyomon követhetjük a kopási

⁹ Lakatos István: *Műszaki diagnosztika*. 2006. 33–34., 38–41.; Dömötör (2011) i. m. 9.

folyamatokat, így előrelátható és betervezhető a következő javítás. Ez nagyban megkönnyítheti a javítási ciklusok megtervezését. A rendszeres javítási ciklusokat célszerű úgy tervezni, hogy az üzemet még nem veszélyeztető hiba és az üzemet már veszélyeztető hiba között legalább egy vizsgálat legyen.

A rezgésdiagnosztikát a következő hibák feltárására és kivizsgálására, valamint egyes gépelemek beállítására használjuk, például:

- kiegyensúlyozás;
- tengelygörbeség kivizsgálása;
- tengelykapcsoló- és csapágybeállítási hibák elhárítása;
- rezonancia elhárítása;
- különböző gépalkatrészek relatív mozgásának meghatározása;
- forgóberendezések kopásának előrejelzése (villamos motorok, ventilátorok, szivattyúk, kompresszorok, fúvók, fogaskerék-hajtóművek, turbógépcsoportok);
- gépalapozások;
- továbbá minden olyan helyen, ahol a rezgés információkat hordoz.¹⁰

A régi időkben a nagy tapasztalattal rendelkező karbantartók képesek voltak tapintás vagy hallás útján behatárolni a gép hibáit. A mai berendezéseket érintően idő, energia és pénz szempontjából lassú és bizonytalan, megbízhatatlan ez a technika, így felmerült az igény, hogy a gép állapotáról minél többet megtudva, minél pontosabban tudjuk meghatározni használatának időbeli korlátait.

A gép részegységei egymásra hatással vannak, így ezek rezgést generálnak, amelyek érzékelhetők, felismerhetők, jellemezhetők, tehát a gép rezgései ismereteket rejtnek a gép állapotára vonatkozóan. A régi szerelőkhöz hasonlóan, a mai jelfelismerő és -feldolgozó berendezések is ezeket a rezgéseket használják fel, hogy többszöri gyors méréssel információkhoz jussanak a gép belsejében zajló folyamatokat illetően. Ahhoz, hogy a rezgéseket információként tudjuk használni, szükséges, hogy a rezgést leíró jellemzőt mérni tudjuk. Ennek értelmében a rezgést különböző eszközökkel feldolgozható jellé alakítjuk, majd elemezzük. A rezgések mérése során az elmozdulás, a sebesség és a gyorsulás közti összefüggést használjuk ki, amely értelmében bármelyik mérésével a másik kettő kiszámítható. A legtöbb korszerű műszer a megfelelő érzékelő kiválasztásával mindhárom jellemző mérésére képes.¹¹

A rezgésdiagnosztikai műszerek megértéséhez elengedhetetlen a rezgéseket érintő alapfogalmak megértése:

- a rezgés frekvenciája a hiba forrására ad utalást, mivel a gépben keletkezett különféle meghibásodások különböző frekvenciákon jelentkeznek. Ebből következik, hogy a gép üzemelési fordulatszámából származtatott alapharmonikus frekvencia utal a meghibásodott alkatrészre;

¹⁰ Szabó József Zoltán: A mozgás-animációs módszer alkalmazása a rezgésdiagnosztikában, forgógépek megbízhatóságának növelésére. *Repüléstudományi Közlemények*, 23. (2011), 2. 1–2.

¹¹ Forgács Endre – Szuchy Péter: *A rezgésdiagnosztika gyakorlati alkalmazása*. é. n.

- a rezgésamplitúdó a hiba súlyosságára utal. A rezgésamplitúdót meghatározhatjuk a rezgés elmozdulásaként, sebességeként vagy gyorsulásaként;
- a rezgésebbesség egy gépelem periodikus rezgése során a kitérés két szélső helyzete között mérhető sebesség. A rezgésebbesség-mérés előnye az elmozdulásméréshez képest, hogy jobban kifejezi a gép által keltett erők nagyságát, ráadásul nem kell ismernünk a frekvenciát a rezgésebbesség meghatározásához, hiszen a sebesség ezt már tartalmazza. A gépállapotról vonatkozó rezgésdiagnosztikai szabványok előnyben részesítik a rezgésebbeségen alapuló mérési módszereket;
- a rezgés fázisszögét úgy definiálhatjuk, mint a rezgőmozgást végző pont pozícióját egy adott pillanatban, egy fix kezdőponthoz vagy esetleg egy másik rezgőmozgást végző elemhez viszonyítva.¹²

A működésben lévő gépek alkatrészei üzem közben rezegnek, valamint a környezetükben lévő levegőt mozgatva, hangot képeznek. A gépek belsejében lévő alkatrészek adott illesztési hézaggal illeszkednek egymáshoz, emiatt egymáshoz ütközhetnek, elcsúsznak egymáson, súrlódnak, gördülnek, ami mind rezgéseket gerjeszt. A forgó, csúszó vagy gördülő mozgást végző testek kiegyensúlyozatlanságukból, nem szabályos alakjukból, felületük érdességéből adódóan rezegnek. A szabályos alakú testek (például golyó) csúszásakor, gördüléskor is keletkeznek rezgések, mert a testek felülete sohasem tökéletesen sima. Az új, hibátlan gép is kelthet rezgéseket, mert gyártás során elkerülhetetlenek a kisebb egyenetlenségek. A rendszeres üzemeltetés során az alkatrészek kopnak, elhasználódnak. A rezgések a sima egyeneses járástól (a bejáródástól) a durva egyenlőtlen járásig (a tönkremenetelig) egyenesen növekednek. Elmondható tehát, hogy egy rendszeresen üzemelő gép esetében normális, hogy mérsékeltten emelkedik a rezgések erőssége, ami arra enged következtetni, hogy a gép állapota még jó. Azonban, ha a rezgések erőssége rohamosan nő, a gép vagy annak egyes alkatrészei élettartamuk végéhez közelednek. Egy gép rezgéseit egyidejűleg több tényező is okozhatja, ezért a gépet jellemző rezgés mindig összetett, sok rezgésből áll. Ha csak az összetett rezgést elemezzük, a változás kevésbé érzékelhető. Az összetett rezgést elemezve a hiba helyét is be tudjuk határolni.¹³

Egy üzemeltetett gép rezgése számos tényezőtől függ: a) a szerkezetétől; b) az elhelyezésétől; c) az üzemeltetés feltételeitől; d) a gép állapotától.

A gép állapota az elhasználódás miatt romlik, és ennek függvényében a rezgés erőssége növekszik. A rezgésvizsgálatokat tervszerű megelőzőkarbantartás-ciklus szerint végzik. A vizsgálat során megállapítják a rezgés erősségét, ha a rezgés a megengedhető rezgéstől nagyobb, a várható élettartam nem elegendő a következő javítási ciklusig, a gépalkatrészt ki kell cserélni, illetve javítani kell. A megengedhető rezgésszintre vonatkozóan már több évtizede elkészültek rezgésdiagramok, rezgéstáblázatok. Ezek mára már több szemponttal kiegészültek, mint például gazdasági, munkavédelmi és egészségügyi követelményekkel is. A ma érvényes szabványok

¹² Szabó (2011) i. m. 4–6.

¹³ Dömötör (2011) i. m. 20–21.

már szabályzatokban előírják a rezgésvizsgálatkor alkalmazható műszerrel kapcsolatos követelményeket, a vizsgálat feltételeit, a vizsgálat és az értékelés módját is. A gépeket rendszerint a névleges fordulatszámon vizsgálják, változtatható fordulatszámú gépeknél pedig a vizsgálatot a teljes fordulatszám-tartományban kell elvégezni, azért, hogy az esetleges rezonanciák kialakulhassanak.¹⁴

A rezgésdiagnosztikai vizsgálatok elvégzésének elengedhetetlen eszközei az érzékelők, jelátalakítók, illetve a frekvenciaelemzők. A gépek rezgéseit a rezgés során érzékelt kitérés nagysága, út, frekvencia és fáziseltolódás jellemzi. A sebesség és gyorsaság értékét villamos jellé alakítják. A rezgésátalakítók többsége sebesség-, illetve gyorsulásérzékelővel működik. A mérendő testhez rögzített érzékelőkön túl, léteznek még érintkezés nélküli jelátalakítók is. Ezek a relatív mozgást érzékelik, például a csapágyházra felerősített érzékelő és a rezgő tengely közötti távolságot. A gyorsulásérzékelő jelátalakítók legtöbbször piezoelektromos kristállyal működnek. Gyorsuláskor a tehetetlenségi erő a kristályra erőt fejt ki, amely arányos a mért gyorsulással. Az erősítő, előerősítő berendezések feladata az érzékelők adta gyenge jel erősítése a jelek jobb értékelhetősége, illetve további feldolgozása céljából. Az érzékelő jelét az előerősítő erősíti fel, a további erősítést mérőerősítők végzik, amelyeket rendszerint egybeépítenek a kijelző műszerrel. Az előerősítők különösen a kis frekvenciánál előnyösek. Összetett rezgések elemzése során nem elegendő az összetett rezgésre vonatkozó értéket megadni, frekvenciaelemző műszert kell alkalmazni. A frekvenciaelemzők képesek a rezgések frekvencia szerinti szétbontására. A mai frekvenciaelemzők számítógépen alapuló rendszerek, a jelek elemzését pedig szoftver végzi, olyan digitális szűrők felhasználásával, amelyek képesek kiszűrni az egyes frekvenciákat.¹⁵

Ahhoz, hogy meg tudjuk mérni a gép rezgéseit, egy rezgésmérő eszközre, rezgésdiagnosztikai műszerre van szükségünk. Egy korszerű rezgésmérő berendezés esetében a jeladó a gépre van rögzítve. Az elektronika a mért kifeszültségű jelet felerősíti, majd kábelen keresztül továbbítja a jeleket, amiket a környezetében lévő feszültségek már nem zavarhatnak meg. A berendezés rendelkezik egy adatgyűjtő és jelfelfogó egységgel, ez a számítógéphez való csatlakoztatáskor előhívja a tárolt adatot a memóriából, és átadja a kiértékelő szoftvernek. A szoftver feladata, hogy kiértékelje a kapott információkat, rendezze, rendszerezze a felvett adatokat dátum és egyéb beállított paraméter alapján, majd hibákat keressen és dokumentáljon mindent.

¹⁴ Szabó József Zoltán: *Rezgésdiagnosztikai vizsgálatok és haditechnikai alkalmazhatóságuk kutatása*. Doktori értekezés. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2010. 30–32.

¹⁵ Dömötör (2011) i. m. 17–19.



2. ábra. Elektronikus sztetoszkóp

Forrás: <http://hu.acrylatemonomer.com/car-repairing-tools/automotive-electronic-stethoscope-mechanical.html>

Az elektronikus sztetoszkóp (2. ábra) olcsósága és egyszerűsége révén elterjedt mérőműszer. Alkalmazása az orvosi sztetoszkópéhoz hasonló. Az elektronikus sztetoszkóp egy régi módszeren alapul, amely során a szerelő egy közösleges csavarhúzó hegyét a csapágyházhoz nyomva vizsgálta a csapágyból érkező zajokat. E technika tökéletesítésével jött létre a ma használatos elektronikus sztetoszkóp.



3. ábra. Rezgémérő ceruza

Forrás: <https://webshop.rumed.hu/Diagnosztikai-eszkozok,-gepbeallitas-2/CMAS-100-SL-SKF-rezgesmero-2>

Az egyszerű rezgémérő berendezések közé sorolható még a rezgémérő ceruza vagy csapágyvizsgáló ceruza. A 3. ábrán látható könnyű kezelésű műszer jellemzője, hogy csak a tényleges jeleket tudják mérni, nem képesek a rezgésjelek elemzésére.



4. ábra. Csapágyállapot-jelző kézi műszer

Forrás: www.vmiab.com/viber-a/

A gépek rezgései mindig összetettek, ezért a jeleket el kell különíteni egymástól. A rezgés-analizátorok (4. ábra) dolga, hogy szétválogassa a különböző frekvenciájú jeleket. A műszer előnye, hogy nem igényel nagy helyet, könnyű és hordozható.¹⁶

3. Következtetések

A Magyar Honvédség a mai napig az 1960-as években bevezetett Tervszerű Megelőző Karbantartáson (TMK) alapuló rendszert alkalmazza gépjárművei technikai kiszolgálására, karbantartására és javítására. Az elmúlt 60 évben olyan mértékű és jellegű technikai fejlődés ment végbe a gépjárműiparban – ezáltal a haditechnikai iparban is –, amelynek igényei nem feltétlenül elégíthetők ki a jelenleg is alkalmazott, merev cikluson alapuló karbantartási rendszer alkalmazásával.

Jelen korunk technikai szintje meghatározza, hogy a korszerű páncélos- és gépjárműtechnikai eszközök olyan konstrukciós sajátosságokkal rendelkeznek, amelyek karbantartásának és javításának elengedhetetlen feltétele a modern diagnosztikai műszerek használata, illetve az azokat kezelő személyek hozzáértése. A rezgésdiagnosztikai műszerek hátrányként éppen ezért említhető az, hogy a műszerek kezelése, az adatok, információk elemzése komoly szaktudást igényel, ezáltal sok, jól képzett szakember szükséges egy diagnosztikai vizsgálatokra épülő karbantartási rendszer működtetéséhez. A szaktudás megfizetése, a képzés, illetve az eszközökre való beruházás többletköltséget jelent a többi diagnosztikai vizsgálattal szemben, azonban egy nagy és értékes járműparkkal rendelkező szervezet – mint a Magyar Honvédség – esetében hamar kifizetődik. A merev cikluson alapuló karbantartási rendszerrel szemben a diagnosztikai vizsgálaton alapuló karbantartás során nem meghatározott üzemidő vagy futásteljesítmény után tartják karban vagy javítják az eszközt, hanem időszakosan vagy folyamatosan műszeres műszaki vizsgálatot végeznek a gépjárművön. A merev ciklusos karbantartás arra az alapelvre épül, hogy a javítás korfüggő, azaz az egyes alkatrészek hasznos élettartama és tönkremenetele között van egy egyértelműen meghatározható határ, és ez szabja meg, hogy mikor kerüljön

¹⁶ Rahne Eric: *Üzemfenntartási tevékenységek*. 2004. 1–4.

sor az eszköz felülvizsgálatára, javítására vagy az alkatrész cseréjére. Azonban ezt a határt nem érdemes általánosságban alkalmazni az összes alkatrész esetében, hiszen számos egyéb tényező is befolyásolhatja az egyes alkatrészek élettartamát (például a rá ható igénybevételek, a gyártási hibák, pontatlanságok, anyaghibák). Továbbá az alkatrészek kihasználtsága is kedvezőtlen, hiszen előfordulhat, hogy már kicserélik az alkatrészt, holott még alkalmas lenne a további használatra. A TMK alapelve elavultnak tekinthető, hiszen már kidolgozott stratégiák léteznek a diagnosztikai vizsgálatokra épülő karbantartási rendszer alkalmazására, ami egy pontosabb, gyorsabb és megbízhatóbb módszer használatán alapul.

A gépjármű-diagnosztika, kiemeltképp a rezgésdiagnosztika alkalmazása kétségek nélkül előnyös lenne a Magyar Honvédség technikai kiszolgálási és javítási rendszerében, hiszen a páncélos- és gépjárműtechnikai eszközök géphiba miatti üzemképtelensége és állásideje lényegesen lerövidülne, valamint a gép hibáiból eredő költségek is jelentősen csökkenthetők lennének.

Felhasznált irodalom

- Dömötör Ferenc – Sólyomvári Károly – Weltsch Zoltán – Vehovszky Balázs: *Járműdiagnosztika*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki Kar, Typotex, 2011. Online: www.gjt.bme.hu/sites/default/files/jarmudiagnosztika.pdf
- Forgács Endre – Szuchy Péter: *A rezgésdiagnosztika gyakorlati alkalmazása*. é. n. Online: <https://u-szeged.hu/tamop411f-0006/kialakitott-kepzesi/forgacs-endre-szuchy>
- Gion János: *Gépjárművizsgálat, -javítás I*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 2003.
- Gyarmati József: Az üzemfenntartás speciális katonai követelményei. *Haditechnika*, 53. (2019), 4. 3–10. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.53.4.01>
- Gyarmati József: Examining Some Key Issues of the Maintenance Organisation from the Point of View of the Operator and the Manufacturer. *Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*, 18. (2019), 3. 45–53. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2019.3.2>
- Lakatos István – Nagyszokolyai Iván: *Gépjármű-diagnosztika*. Budapest, Képzőművészeti Kiadó, 2007.
- Lakatos István: *Műszaki diagnosztika*. 2006. Online: <https://doksi.hu/get.php?lid=19269>
- Péczely Csaba: A karbantartás-menedzsment korszerű irányzatai és módszerei. *Magyar Grafika*, 53. (2009), 4. 12–16. Online: www.gjt.bme.hu/sites/default/files/peczelycs_karbantartas-menedzsment_i_es_m.pdf
- Pokorádi László: *Karbantartás elmélet*. 2002. Online: <https://doksi.hu/get.php?lid=7415>
- Rahne Eric: *Üzemfenntartási tevékenységek*. 2004. Online: <https://docplayer.hu/17113474-Uzemfenntartasi-tevekenysegek.html>
- Szabó József Zoltán: A mozgás-animációs módszer alkalmazása a rezgésdiagnosztikában, forgógépek megbízhatóságának növelésére. *Repüléstudományi Közlemények*, 23. (2011), 2. 1–21. Online: www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2011_cikkek/Szabo_Jozsef_Zoltan.pdf
- Szabó József Zoltán: *Gépjármű diagnosztika*. é. n. Online: <https://docplayer.hu/2725938-Gepjarmu-diagnosztika-szabo-jozsef-zoltan-foiskolai-adjunktus-bmf-mechatronika-es-autotechnika-intezet.html>
- Szabó József Zoltán: *Rezgésdiagnosztikai vizsgálatok és haditechnikai alkalmazhatóságuk kutatása*. Doktori értekezés, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Doktori Iskola, 2010.
- Vég Róbert – Hegedűs Ernő: Dízelmotorok feltöltése és hűtése, különös tekintettel a katonai felhasználásra tervezett konstrukciókra. I. rész. *Haditechnika*, 50. (2016), 6. 6–11. Online: <https://doi.org/10.23713/50.6.02>

<http://hu.acrylatemonomer.com/car-repairing-tools/automotive-electronic-stethoscope-mechanical.html>

<https://webshop.rumed.hu/Diagnosztikai-eszkozok,-gepbeallitas-2/CMAS-100-SL-SKF-rezgesmero-2>
www.vmiab.com/viber-a/

Tóth Péter László¹ – Pántya Péter²

Építészeti tűzvédelem, a nyílászárók és beépítésük hatása a homlokzati tűzterjedésre

Architectural Fire Protection: the Effect of Fenestrations and their Installation on Facade Fire Propagation

Az épületek tervezése, kivitelezése és használata során a tűzvédelmi szempontokat különösen szem előtt kell tartani. Az épületek egyes alkotóelemei különbözőképpen befolyásolhatják a bekövetkezett tűz terjedését. Az épülethomlokzatokon történő tűzterjedés jellege és mértéke számos tényezőtől függ, nem csupán a homlokzati felületképzés anyagától. A cikk ismerteti a korszerű nyílászárók típusait és beépítésük lehetőségeit, valamint azok hatását a homlokzati tűzterjedésre. Konkrét példákat hoz a bekövetkezett tűzesetek tapasztalatai alapján.

Kulcsszavak: tűzvédelem, nyílászáró, ablak, homlokzat, tűzterjedés, ablak, franciaerkély

Fire protection aspects must be prominently displayed during the design, construction, and use of buildings. Certain components of buildings can affect the spread of a fire in different ways. Within this topic, the nature and extent of fire propagation on building facades depends on a number of factors, not just the material of the facade surface. The article describes the types of modern windows and possibilities of their installation, as well as their effect on the fire spread of the facade. It gives concrete examples based on the experience of fires that have occurred.

Keywords: fire prevention, fenestration, facade, fire propagation, window, french-window

¹ Tudományos főmunkatárs, ÉMI Nonprofit Kft., e-mail: ptoth@emi.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3516-5318>

² Egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, e-mail: pantya.peter@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-2766>

1. Bevezetés, a homlokzati tűzterjedés jelensége

A nyílásos épülethomlokzatokon történő tűzterjedés jelensége már régebb óta ismert. Belső térben keletkezett tűz esetén – a helyiségek lángba borulását követően – a nem tűzgátló üvegezésű nyílászárók kitörnek, és a belső tűz kicsap a homlokzatra. A láng magassága az égő anyag mennyiségétől, valamint a nyílás méretétől és alakjától függően 2,5-4 méter is lehet. A homlokzat szerkezeti kialakításának számos paraméterétől függően a tűz különböző utakon továbbterjedhet. Nem megfelelő anyagok, szerkezeti megoldások esetén a tűz továbbterjedése a homlokzaton igen gyors is lehet. A tűz elsősorban felfelé törekszik, de oldalirányban és esetenként lefelé is terjedhet. A mentés és menekülés érdekében a gyors tűzterjedést, leginkább a tűz újabb és újabb épületszintekre való feljutásának lehetőségét és sebességét egy tűzszakaszon belül is korlátozni kell. A homlokzati tűzterjedés külső tűzhatásra is bekövetkezhet (például egy égő szemeteskuka hatására), amelynek során a tűz szintén beléphet a használati szintekre. Az égő homlokzat az alkalmazott anyagoktól és az alkalmazott szerkezeti kialakítástól függően rengeteg hőt és füstöt termel. A homlokzat égése másodlagos tüzeket okozhat, ha a leeső égő darabok vagy olvadékok más épületszerkezetre vagy tárolt anyagra hullanak.

A megtörtént tüzesetek elemzése alapján a homlokzati tűzterjedés szempontjából különösen kritikusnak tekinthetők az éghető hőszigetelő rendszerek, az éghető anyagú, légréses homlokzatburkolati rendszerek, és azon megoldások, ahol a szokásosnál kisebb a homlokzati nyílászárók függőleges távolsága. A homlokzati tűzterjedés számos paramétertől függ: a homlokzaton alkalmazott anyagoktól, szerkezeti kialakítástól, az épület geometriai kialakításától, a tűzterheléstől, a szélviszonyoktól stb.³ A nyílászárók legtöbbször nem részei a homlokzatburkolati vagy homlokzati hőszigetelő rendszereknek, de hatásuk mégis jelentős lehet a homlokzati tűzterjedésre.

Az épületekre vonatkozó hazai tűzvédelmi követelményeket az 54/2014. (XII. 5.) BM-rendelet⁴ határozza meg, amely a homlokzatokkal kapcsolatosan is több előírást tartalmaz.⁵

A homlokzati tűzterjedés különböző aspektusaival számos publikáció, szakkönyv és konferencia foglalkozott. A homlokzati tűzterjedésre vonatkozó európai vizsgálati módszer és osztályozási rendszer véglegesítése folyamatban van.⁶

³ Nathan White – Michael Delichatsios: *Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components*. New York, Springer-Verlag, 2015.

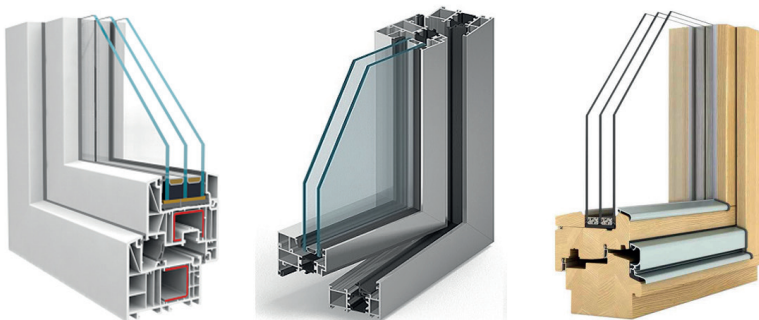
⁴ 54/2014. (XII. 5.) BM-rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. A homlokzatokkal kapcsolatos követelményeket különösen a rendelet VI. fejezetének 17–19. §-a, valamint a 24–29. §-a alatt lehet megtalálni. Ezek ismertetése terjedelmi okokból jelen cikkben nem lehetséges.

⁵ Érces Gergő – Ambrusz József: A katasztrófák építésügyi vonatkozásai Magyarországon. *Védelem Tudomány Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 4. (2019), 2. 45–83.

⁶ Johan Andersson et alii: European approach to assess the fire performance of façades. *Fire and Materials*, 44. (2020), 1–11.

2. A nyílászárók és beépítésük – régen és most

Az épületeink homlokzatain alkalmazott nyílászárók az utóbbi évtizedekben jelentős fejlődésen mentek keresztül. A hőtechnikai igények és a gyártási lehetőségek változásával kialakultak a fa, műanyag és fémanyagú nyílászárók korszerű típusai, továbbá különböző kompozit termékek is, amelyek esetében több eltérő anyag összekapcsolásával hozzák létre a nyílászárók tok- és szárny-profilját. Erre láthatunk példákat az 1. ábrán.



1. ábra. Korszerű nyílászárók jellemző metszetei (a: műanyag, b: alumínium, c: fa)

Forrás: a) www.ablak-muanyagablak.hu/salamander b) www.ablak-muanyagablak.hu/aluminiumberak-mb60
c) <https://fanyilaszaro-miskolc.109.hu/?p=6166&onev=nyilaszaro-profil-lapella-iv90-44>



2. ábra. Korszerű kompozit ablakprofil (fa-, alumínium-hőszigetelő hab)

Forrás: <http://tbtutor.hu/hu/ablak>

A vékonyfalú műanyag és fém profilok sajátos üregrendszerrel készülnek. A 2. ábrán is látható kompozit profillal rendelkező termékekben (fa-műanyag, alumínium-műanyag) gyakran műanyag hab hőszigetelések is megjelennek.

A nyílászárók üvegezése is jelentősen változott. A korábban alkalmazott, külön vagy egyesített szárnyakba épített síküveg helyett mára úgynevezett hőszigetelő üvegegyeségek beépítése terjedt el. A hőszigetelő üvegegyeségekben a 2 vagy 3 üvegréteget távtartókkal légmentesen

egyesítik, a köztés térben vákuum vagy speciális gáztöltés helyezkedik el. Elterjedten alkalmaznak ragasztott üvegezéseket is, amelyeknél a hőszigetelő üvegegységben több üvegrétegből összeragasztott üvegtáblákat használnak. A hőszigetelő üvegegységek nagy tömegűek és vastagságúak, ezért a nyílászáró tok- és szárnyszerkezetek szükségszerűen egyre vastagabbak és erősebbek.

A nyílászárók beépítése is jelentősen változott az elmúlt évtizedek során. A korábbi faablakok beépítése legtöbbször tömör téglafal szerkezetbe, falazott káva védelmében történt. A 20. század második felében a falazott káva alkalmazása fokozatosan visszaszorult a falazóblokkok és az iparosított építési módok elterjedésével. A nyílászárókat jelenleg még legtöbbször egyenes kávába építik, de egyre gyakoribb megoldás, hogy a külső oldali hőszigetelés síkjába kerülnek. Különösen gyakori ez átszellőztetett homlokzatburkolatok esetében. Extrém hőszigetelési igények esetén a korábbi kapcsolt gerébtokos nyílászáróhoz hasonló elrendezésű kapcsolt tok szerkezetű nyílászárók készülnek, mindkét szárnyban hőszigetelő üvegegység beépítésével.

A nyílászáró-beépítésre alkalmazott anyagok szintén sokat változtak. A korszerű ablakbeépítések során a mechanikai rögzítések mellett különböző éghető anyagú műanyag habokat, kitteket, tömítőszalagokat alkalmaznak a lég- és párazárás biztosítására. A falsíkon kívüli beépítések esetén a légzárást legtöbbször EPDM anyagú⁷ szegélyezéssel oldják meg, amelyet részben a nyílászáróra, részben a falszerkezetre ragasztanak.

Az átlagos méretű korszerű nyílászárók teljesítményjellemzői (hőszigetelő képesség, szélálló-ság, légzárás, vízzárás stb.) jellemzően sokkal jobbak, mint a néhány évtizeddel ezelőtti típusoké.

A fogadó falszerkezet adottságai is nagymértékben változtak: A falszerkezeteket jelenleg sok esetben éghető bevonati vagy burkolati rendszerrel látják el, vagy a falszerkezet maga is éghető anyagú (például szendvicspanel). A korábban elképzelhetetlen hőszigetelési vastagságok (20–40 cm) mára mindennaposakká váltak.

3. A homlokzati tűzterjedés vizsgálata

A homlokzati tűzterjedés vizsgálatára számos ország dolgozott ki közepes és nagyléptékű vizsgálati módszereket. Harmonizált európai vizsgálati eljárás jelenleg még nem létezik, de az Európai Bizottság megbízása alapján kidolgozott módszer véglegesítése már folyamatban van.⁸ Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) fogalom meghatározása alapján a homlokzati tűzterjedési határérték „a vonatkozó műszaki követelményeknek megfelelő vizsgálat kezdetétől számított, a tűznek a homlokzati építményszerkezeteken történő terjedésére jellemző határalapot bekövetkezéséig eltelt idő”.⁹

⁷ Az EPDM (etilén-propilén-dién-monomer) a szintetikus műgumik egyik fajtája. Az EPDM-ből készített szigetelő lemezeket rugalmasságuk és tartósságuk miatt az építőiparban széles körben alkalmazzák.

⁸ Johan Andersson et alii: European approach to assess the fire performance of façades. *Fire and Materials* 2020. 1–11.; Lars Böstrom et alii: *Development of a European approach to assess the fire performance of façades*. European Union, 2018.

⁹ 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet 4. § (2) bekezdés.

A homlokzati tűzterjedés vizsgálatára szolgáló magyar módszert az MSZ 14800-6:2020 szabvány írja le.¹⁰ A vizsgálat célja a homlokzati tűzterjedési határérték meghatározása egyrészt bevonatok, légréssel szerelt és légrés nélküli burkolatok, külső hőszigetelő kompozit rendszerek; másrészt a tűzterjedési gátak kritériumainak nem megfelelő homlokzati megoldások (sajátos homlokzati megoldások), továbbá egyéb homlokzati megoldások esetében.

A háromszintes, vasbeton szerkezetű vizsgált épületen a különféle homlokzati megoldásokat a tényleges beépítésnek megfelelő módon lehet vizsgálni.¹¹ A tűztérben az ott elhelyezett 650 kg tömegű, fenyőfa lécekből összeállított máglya az ISO 834-1 szabvány szerinti tűzgörbe által leírt hőmérsékletet biztosítja a vizsgálat teljes időtartama alatt, azaz 45 percig.¹² A tűztér ablakát a gyújtást követő 5. percben kinyitják, így a tűz kicsap a homlokzatra. A tűz továbbterjedését és a homlokzat károsodásait vizuálisan és műszeresen is követik a vizsgálatot végző laboratórium munkatársai. Hőmérsékleti adatgyűjtés meghatározott mérőhelyeken a tűztérben, másrészt a homlokzat előtt, a tűztéri nyílás felett (azaz a lángzónában), valamint az első megfigyelőszinti helyiség nyílása mögött történik. A szabvány szerint további hőelemek helyezhetők el azokon a helyeken, ahol magasabb hőmérsékletre számítunk.

Az MSZ 14800-6:2020 az alábbiak szerint nevesíti az OTSZ által meghatározott határállapotot: a homlokzati tűzterjedési határérték (T_h) a homlokzati bevonati, burkolati, hőszigetelő rendszerek esetén az a percben mért és megadott időtartam, amely a következő jelenségek bármelyikének bekövetkezéséig eltelik:

- a felületi, légrésemben vagy a szerkezetben történő égés által okozott károsodás a kijelölt határokon túl terjed;
- a lángzónában mért hőmérséklet és a megfigyelőszinti ablak mögött mért hőmérséklet különbsége 2 percnél hosszabb időtartamon keresztül 300 K alá csökken;
- a homlokzat alkotóelemeinek tömeges vagy veszélyes mértékű lehullása.

A vizsgált homlokzati megoldások teljesítményük alapján a következő kategóriákba sorolhatók: „homlokzati tűzterjedési határértékkel nem rendelkezik”, $T_h^{13} \geq 15$ perc, $T_h = 30$ perc, $T_h \geq 45$ perc.

A minősített rendszerek esetében a vonatkozó minősítő iratban foglalt teljesítményhez tartozó alkalmazási feltételek lehatárolják a változtatási lehetőségeket. A vizsgálatok eredményeinek kiterjesztését a műszaki értékelő szervezetek munkatársai végzik el, amennyiben az szakmailag megalapozott módon lehetséges. A homlokzati tűzterjedési határérték-vizsgálat eredményeinek kiterjesztésével foglalkozó szabvány, irányelv még nem készült.

¹⁰ MSZ 14800-6:2020 Tűzállósági vizsgálatok. 6. rész: Tűzterjedés vizsgálata épülethomlokzaton. (Kidolgozásában Tóth Péter szerző is részt vett.)

¹¹ Móder István et alii: Brief summary of the Hungarian test method (MSZ 14800-6:2009) of fire propagation on building façades. *MATEC Web of Conferences*, 46. (2016), 01002. 2.

¹² ISO 834-1:1999 Fire-resistance tests – Elements of building construction – Part 1: General requirements.

¹³ Homlokzati tűzterjedési határérték.

4. A nyílászárók és beépítésük homlokzati tűzterjedés szempontjából lényeges körülményei

4.1. Geometriai adottságok (méret és alak)

A nyílászárók mérete és alakja a homlokzatra kilépő láng magasságát és alakját jelentősen befolyásolja: szélesebb ablaknyíláshoz magasabb láng tartozik. A különböző homlokzati tűzterjedési vizsgálati módszerek rögzített méretű tűztérnyílással rendelkeznek, annak érdekében, hogy a különböző rendszerek adott szabvány szerinti eredményei összehasonlíthatók legyenek. Az alkalmazott tűztérnyílások szélességei a 0,8–2,0 m-ig terjednek, a magyar szabványos vizsgálatban szereplő tűztér nyílása 1,20 m széles. A szabványosított vizsgálati módszerek tehát nem kezelik (nem kezelhetik) az eltérő méretű nyílászárók kérdését.

Megjegyzés: Az MSZ 14800-6:2020 szabvány által kínált vizsgálati elrendezés alkalmas lehet tetszőleges alakú és méretű nyílászárók tényleges viselkedésének modellezésére.

4.2. A nyílászáró helyzete a falszerkezetben

A nyílászáró helyzetét a falszerkezetben elsősorban esztétikai és hőtechnikai szempontok határozzák meg. A nyílászáró helyzetének a homlokzati tűzterjedés szempontjából annak ellenére is lehet jelentősége, hogy röviddel a helyiség lángba borulását követően az üvegezés kitörik. Az így kilépő láng hatására a következő szinti ablak üvegezése idővel szintén megnyílik. Nem éghető homlokzati kialakítások esetében a homlokzati síkhoz képest visszahúzott helyzetű nyílászáró-kialakítás valós tűzeseti viselkedése kedvezőbb lehet, hiszen ebben az esetben a kilépő láng csóvjája távolabb halad a felsőbb szintek nyílászáróinak üvegezésétől.

Éghető hőszigetelő vagy burkolati rendszer alkalmazása esetén a homlokzati síkhoz képest visszahúzott helyzetű nyílászáró-kialakítás kedvezőtlen is lehet, a széles kávába beforduló burkolat vagy hőszigetelés önálló égése miatt. A káva égése a tűz kilépésének szintjén és a felette lévő szinten is gyakran megfigyelhető.

A falsíkon kívül beépített nyílászárók esetén a csatlakozás tűzvédelmi szempontból helyes kialakítása különös figyelmet és tervezést igényel, hiszen adott esetben a nyílászáró tokszerkezetén keresztül a tűz közvetlenül a hőszigetelésbe vagy légrésbe terjedhet.

Fontos megemlíteni, hogy a minősítő vizsgálat eredményeit nem lehet automatikusan kiterjeszteni a falszerkezetben eltérő helyzetű nyílászáróval kialakított burkolati vagy hőszigetelő rendszerre.

4.3. A nyílászáró anyaga

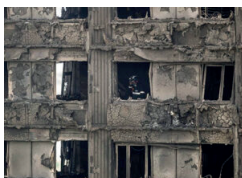
Az általánosan használt nyílászáró profilok a homlokzatra kilépő tűz környezetében gyorsan megsemmisülnek. A műanyag nyílászárók (legtöbbször PVC-U anyagú) profiljainak égése során mérgező és korrozív gázok keletkeznek. A műanyag nyílászárók hő hatására gyorsan és jelentős mértékben vetemednek, ezért a tűz kilépését követően már nem zárhatók, illetve légzárási

képességüket még az üvegezés kitöréséig sem képesek megtartani.¹⁴ A fa anyagú tok- és szárnyszerkezetek égése fokozatosan történik meg. Az alumínium profilok megolvadása a tűz környezetében szintén megfigyelhető.

Az elsősorban a műanyag nyílászáró profilokban a hőszigetelő üvegegység helyett alkalmazott műanyag hab hőszigetelésű, kemény műanyag fegyverzetekkel rendelkező hőszigetelő panelek égése gyors.

A különböző homlokzati tűzterjedési vizsgálati módszerek során – mivel a vizsgálat nem a nyílászáró minősítésére irányul – a nyílászárók szabványos helyettesítése (például alumínium profil alkalmazásával) vagy meghatározott nyílászáró típus alkalmazásával történik. Az MSZ 14800-6:2020 szerinti vizsgálati módszer egy kétrétegű hőszigetelő üvegezéssel ellátott faablakot alkalmaz a tűztéri nyílásban. A tűzterjedési vizsgálat eredményei tetszőleges anyagú nyílászáró alkalmazása esetén is érvényesek.

A valós tüzeseteknél a nem tűzgátló kivitelű nyílászárók szerkezeti elemei és üvegezése lehullhatnak, közvetlenül veszélyeztetve a mentést és menekülést.¹⁵



3. ábra. Hiányzó és kimozdult nyílászárók a Grenfell Tower tüzesetét követően

Forrás: Chris Chennell: "The Most Significant Impact on Building Fire Safety in the Façade Design is the Potential to Breach Compartmentation". WFM Media, é. n.

A külső oldalon edzett üvegezésű hőszigetelő üvegegységek felhasználásával készült nyílászárók tüzeseti viselkedése a lehulló üvegdarabok szempontjából kedvezőbb lehet: belső tűzhatás esetén a hőszigetelő üvegegység belső üvegénél kitörése után a külső üvegezés kis darabokra hullik, így várhatóan kielégíti a lehulló darabokra vonatkozó követelményeket. Az üvegezés viselkedése további tényezőktől is függ: az üvegegység befogása, további rétegek vagy ragasztott üvegezés jelenléte.¹⁶

4.4. A nyílászáró nyitott vagy zárt helyzete

A homlokzati tűzterjedés szempontjából fontos körülmény, hogy az érintett nyílászárók üvegezésének kitörése mikor következik be. Ugyanakkor nem lehet előre megbecsülni, hogy

¹⁴ Igazságügyi szakértői vélemény a Miskolc, Középszer u. 20. alatti lakóépület tüzesetének egyes épületszerkezeti vonatkozásairól és épületen belüli tűzterjedési sajátosságairól. Budapest, BME Épületszerkezeti Tanszék. 2009. 29.

¹⁵ Maxime Koohkan et alii: Reconstruction of the Grenfell Tower Fire – Thermomechanical Analysis of Window Failure During the Grenfell Tower Disaster. *Fire Technology*, 57. (2021), 1. 69–100.

¹⁶ Bartłomiej Śędkak et alii: The risks associated with falling parts of glazed facades in case of fire. *Open Engineering*, 8. (2018), 1. 147–155.

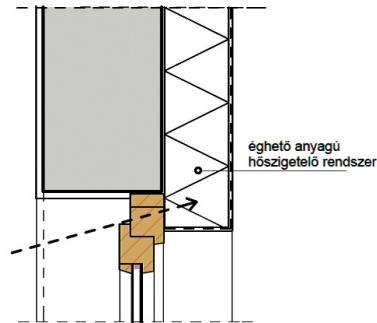
egy tüzeset során az érintett nyílászárók nyitott vagy csukott állapotban vannak-e? Az Európában alkalmazott homlokzati tűzterjedési vizsgálati módszerek legnagyobb része nem alkalmaz nyílászárókat. Az MSZ 14800-6:2020 szabvány a következőképpen kezeli a nyílászárók kérdését: általános esetben, a sajátos homlokzati kialakítások kivételével a tűztér feletti szinten kialakított nyílásba nyílászárót nem építenek be, így azok nyitott állapotát modellezi. A tűztéri nyílászáró kinyitása a vizsgálat 5. percében történik, ez a nyílászáró tűz hatására történő kitérését képviseli, a vizsgálati eredmények reprodukálhatóságának és összehasonlíthatóságának érdekében.

4.5. A nyílászáró-csatlakozás épületszerkezeti kialakítása

A nyílászárók környezetének épületszerkezeti kialakítása igen nagy jelentőségű a homlokzati tűzterjedés szempontjából. Ennek oka kettős: egyrészt a tűz romboló hatása a legerősebb a nyílászárók szemöldöke és kávája környezetében, másrészt pedig a nyílászáró gyakran a belső tér és a homlokzati hőszigetelő rendszer vagy burkolat határán helyezkedik el, vagy a falszerkezet éghető magjához vagy légréshéhez csatlakozik. A nyílászáró gyors tönkremenetele után a tűz – rosszul szerkesztett épületszerkezeti csomópont esetén – egyenes úton juthat be az éghető hőszigetelésbe vagy légréshébe. Ezen jelenség nem ismeretlen a gyártók előtt, ezért a minősítendő hőszigetelő rendszereket vagy burkolatokat, falszerkezeteket már eleve úgy alakítják ki, hogy a nyílászáró megsemmisülése esetén se juthasson tűz a szerkezetbe. Hőszigetelő rendszerek esetében ilyen megoldás lehet az üvegszövet-erősítés sajátos vonalvezetése és beágyazása, nagyobb vakolatvastagság, kőzetgyapot béllet alkalmazása. Átszellőztetett burkolati rendszerek esetén a nyílás feletti szemöldökben gyakran alumínium helyett acélprofilokat alkalmaznak, a légrés beszellőzését máshová helyezik, a rögzítéseket sűrítik, a bélletbe a homlokzatburkolat anyagától eltérő anyagot alkalmaznak, stb. Falsíkon kívüli ablakbeépítés esetén a csatlakozás, illetve a légzárást biztosító EPDM-gallér védelmét nem éghető hőszigetelő anyagok beépítésével biztosítják.¹⁷

Ezen megoldások az általános homlokzati mezők kialakításához képest többlet-munkaráfordítást, esetenként eltérő anyagfelhasználást, így nagyobb költséget képeznek, ezért a gyakorlatban nem mindig valósulnak meg. A minősített szerkezetekben szereplő, nyílászáró környezetében alkalmazandó megoldások elhagyása a homlokzati tűzterjedési határérték jellemző radikális és előre nem meghatározható csökkenését eredményezi.

¹⁷ Tűzvédelmi Műszaki Irányelv. TvMI 1.4:2020.07.20 Tűzterjedés elleni védelem. 2020.



4. ábra. A belső tűz útja a nyílászáró tokszerkezetén keresztül a hibásan kialakított éghető hőszigetelő rendszerbe

Forrás: Tóth Péter szerkesztése

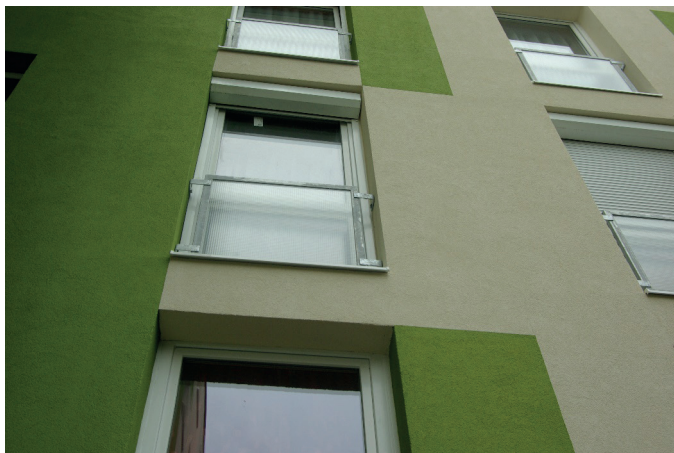
Itt szükséges kiemelni a nyílászárók rögzítésének fontosságát. A gyártói ajánlások minden esetben a nyílászárók mechanikai rögzítését írják elő, célszerűen a tokon keresztül vagy acél-szerelvény alkalmazásával. A nyílászárók rögzítése gyakorlatban gyakran csak PUR habbal történik, amely tűz esetén akár a nyílászáró kiesését is eredményezheti.

4.6. Sajátos homlokzati kialakítások

Számos épület esetében az egymás feletti nyílászárók között nem áll rendelkezésre a homlokzati tűzterjedési gát geometriai méretének megfelelő távolság, azaz 1,30 m. Ezek leggyakrabban az úgynevezett franciaerkélyes megoldások (2. ábra), vagy olyan – elsősorban iparosított építési móddal készült épületek –, ahol a nyílászárók közötti függőleges falszakasz csak ~1,20 m. Ilyen adottságú meglévő épületek esetében a homlokzati tűzterjedés könnyebben megvalósulhat, ezért utólagos homlokzati hőszigetelés csak szigorú feltételek mellett – nem éghető anyagok beépítésével – készülhet az OTSZ, illetve a Tűzterjedés elleni védelem című TvMI 4.2. fejezete szerint.¹⁸ Sajátos homlokzati megoldások új épületek esetén is létesülhetnek, ebben az esetben az alkalmazandó műszaki megoldás megfelelőségét igazolni kell. Az igazolás az MSZ 14800-6:2020 szabvány szerinti vizsgálattal is történhet, amelynek során a konkrét beépítésnek megfelelő elrendezést vizsgálhatják, amely tartalmazza a lényeges épületszerkezeti részleteket is (franciaerkélyes nyílászárót, a tűzgátló korlátelemet, párkányt stb.)

Igen veszélyes jelenség a panelos épületek erkélyeinek vagy lodzsáinak utólagos beépítése, amely legtöbbször tervek és engedély nélkül valósul meg (3. ábra). A tűzterjedés szempontjából sajátos homlokzati kialakítást eredményező beépítés jellemzően műanyag nyílászáró profilok és hőszigetelő üvegezés felhasználásával történik meg. Az egymás feletti beépítések között igen gyors homlokzati tűzterjedés valósulhat meg.

¹⁸ Tűzvédelmi Műszaki Irányelv (2020) i. m. 17.



5. ábra. Sajátos homlokzati kialakítás: franciaerkélyek egy energetikai korszerűsítésen átesett panelos épületen

Forrás: Tóth Péter felvétele, 2008



6. ábra. Utólagos lodzsabeépítések egy energetikai korszerűsítésen átesett panelos épületen

Forrás: Tóth Péter felvétele, 2008

4.7. Nyílászárók kiegészítői

A nyílászáróhoz kapcsolódó kiegészítők nagy részét utólagosan szerelik fel. Az éghető anyagú árnyékolók, redőnyszekrények, szúnyoghálók, ablakpárkányok égése segítheti a homlokzati tűzterjedés kialakulását. Az elektromos komponenseket is tartalmazó, ablakba építhető légbekerestő, klímaberendezés meghibásodása esetén akár tűzkeletkezési hely is lehet. A 7. ábrán láthatóhoz hasonló, kizárólag a nyílászáróhoz rögzített klíma- vagy szellőzőberendezések tűz

során történő kizuhanása komoly veszélyt jelenthet.¹⁹ A homlokzati tűzterjedési vizsgálatok során e szerkezeteket természetesen nem építik be és nem értékelik. Az éghető anyagú ablakpárkányokra érkező, égve lehulló darabok másodlagos tüzeket okozhatnak.²⁰



7. ábra. Nyílászáróba épített és falra szerelt klímaberendezések

Forrás: Tóth Péter felvétele, 2010

4.8. Kivitelezési tapasztalatok

Valós kivitelezéseken szerzett tapasztalatok alapján a homlokzati hőszigetelő rendszerek és átszellőztetett homlokzatburkolatok ritkán készülnek pontosan a minősítő iratban szereplő nyílászáró körüli részleteképzésekkel, így számos magyarországi épület homlokzati tűzterjedési határértéke (és így azok tűzvédelmi megfelelése) nem igazolható.

A kiviteli terveket megvizsgálva gyakran tapasztalható, hogy a tervezők nem dolgozzák ki, vagy nem megfelelő módon szerkesztik meg a nyílászáró és a homlokzati hőszigetelő rendszer vagy burkolat csatlakozását, így a kivitelezők saját ismereteik alapján készítik el ezeket. Ilyenre láthatunk példát a 8. számú ábrán. Ablakcsere vagy redőnyszekrény utólagos beépítése során a hőszigetelő rendszer sok esetben sérül, a minősített csomóponti megoldást nem alakítják ki.



8. ábra. Hőszigetelő rendszer gyakori kivitelezési hibája. A nyílászáró mentén megszakad az üvegszövet-erősítés és a tapasztolás

Forrás: Tóth Péter felvétele, 2020

¹⁹ Luke Bisby: *Grenfell Tower Inquiry Phase 1 – Expert Report*. The University of Edinburgh, 2018. 202.

²⁰ Bisby (2018) i. m. 161.

5. Következtetések

A homlokzati tűzterjedési vizsgálatok legtöbbször a homlokzati bevonati vagy burkolati rendszer teljesítményének megállapítására irányulnak. A 2. fejezetben részletezettek alapján a nyílászárók beépítésének módja, a nyílászárók anyaga, a geometriai adottságok, a ténylegesen alkalmazott kiegészítők, de leginkább a nyílászárók körüli részletek erősen befolyásolják egy kivitelezett homlokzati kialakítás tényleges tűzterjedési jellemzőit.

A különböző típusú és üvegezésű nyílászárók, valamint kiegészítőik tüzeseti viselkedésének további, célzott kutatása javasolható.

A tapasztalt kivitelezési hibák alapján szükségesnek tekinthető az éghető homlokzati hőszigetelő rendszerek és homlokzatburkolatok kivitelezéseinek tűzvédelmi szempontú ellenőrzése (például tűzvédelmi ismeretekkel rendelkező műszaki ellenőr bevonásával, a hatósági céll ellenőrzések rendszerének kialakításával vagy független ellenőrző szervezet bevonásával). Az ellenőrzés során a felhasznált anyagok és készletek teljesítménynyilatkozatainak, a tűzvédelmi sávok meglétének ellenőrzése mellett leginkább a nyílászárók környezetének kialakítását kellene vizsgálni. A kivitelezés időszakában a kis roncsolással vagy roncsolásmentesen elvégezhető vizsgálatok is elégségesek lehetnek hatékony ellenőrzés végrehajtásához. A rendszeres és előre látható építéshelyi ellenőrzések a kivitelezés minőségét jelentősen növelhetik.

Ezen a területen a tervezők, kivitelezők továbbképzése, további segédletek, irányelvek kiadása is szükséges lehet.

Felhasznált irodalom

- Andersson, Johan – Lars Boström – Roman Chiva – Eric Guillaume – Sarah Colwell – Anja Hofmann – Péter Tóth: European approach to assess the fire performance of façades. *Fire and Materials*, 44. (2020), 4. 1–11. Online: <https://doi.org/10.1002/fam.2878>
- Bisby, Luke: *Grenfell Tower Inquiry Phase 1 – Expert Report*. The University of Edinburgh, 2018. Online: https://assets.grenfelltowerinquiry.org.uk/documents/Professor%20Luke%20Bisby%20report_0.pdf
- Böstrom, Lars – Anja Hofmann – Sarah Colwell – Roman Chiva – Péter Tóth – Istvan Moder – Johan Sjöström – Johan Anderson – David Lange: *Development of a European approach to assess the fire performance of facades*. European Union, 2018. Online: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/81b91f55-af69-11e8-99ee-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF>
- Érces Gergő – Ambrusz József: A katasztrófák építésügyi vonatkozásai Magyarországon. *Védelem Tudomány Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, 4. (2019), 2. 45–83.
- Igazságügyi szakértői vélemény a Miskolc, Középszer u. 20. alatti lakóépület tüzesetének egyes épületszerkezeti vonatkozásairól és épületen belüli tűzterjedési sajátosságairól*. Budapest, BME Épületszerkezeti Tanszék, 2009. Online: <https://docplayer.hu/1858329-.html>
- ISO 834-1:1999 Fire-resistance tests — Elements of building construction — Part 1: General requirements
- Koohkan, Maxime – Virginie Dréan – Bertrand Girardin – Eric Guillaume – Talal Fateh – Xavier Duponchel: Reconstruction of the Grenfell Tower Fire – Thermomechanical Analysis of Window Failure During the Grenfell Tower Disaster. *Fire Technology*, 57. (2021), 1. 69–100. Online: <https://doi.org/10.1007/s10694-020-00980-4>

- Móder, István – Ádám Varga – Péter Geier – Bálint Vágó – Edit Rajna: Brief summary of the Hungarian test method (MSZ 14800-6:2009) of fire propagation on building façades. *MATEC Web of Conferences*, 46. (2016), 01002. 1–6. Online: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164601002>
- MSZ 14800-6:2020 Tűzállósági vizsgálatok. 6. rész: Tűzterjedés vizsgálata épülethomlokzaton.
- Sędłak, Bartłomiej – Jacek Kinowski – Paweł Sulik – Grzegorz Kimbar: The risks associated with falling parts of glazed façades in case of fire. *Open Engineering*, 8.(2018), 1. 147–155. Online: <https://doi.org/10.1515/eng-2018-0011>
- Tűzvédelmi Műszaki Irányelv. TvMI 1.4:2020.07.20 Tűzterjedés elleni védelem. 2020.
- White, Nathan – Michael Delichatsios: *Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components*. New York, Springer-Verlag, 2015. Online: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2898-9>

Jogi forrás

- 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400054.bm>

Internetes források

- Chennell, Chris: "*The Most Significant Impact on Building Fire Safety in the Façade Design is the Potential to Breach Compartmentation*". WFM Media, é. n. Online: <https://wfmmmedia.com/the-most-significant-impact-on-building-fire-safety-in-the-facade-stopping-is-the-potential-to-breach-compartmentation/>
- www.ablak-muanyagablak.hu/salamander
- www.ablak-muanyagablak.hu/aluminiumablak-mb60
- <https://fanyilaszaro-miskolc.109.hu/?p=6166&onev=nyilaszaro-profil-lapella-iv90-44>
- <http://tbutor.hu/hu/ablak>

Tartalom

LUKÁCS LÁSZLÓ: <i>Petárdák a várostromokban</i>	5
BALLA TIBOR – PADÁNYI JÓZSEF: <i>Műszaki kiválóságok: Schmoll Endre</i>	33
DÉNES KÁLMÁN – KOVÁCS ZOLTÁN: <i>A klímaváltozás hatásai a vízgazdálkodásra</i>	41
EMBER ISTVÁN – SZILÁGYI-KISS HAJNALKA: <i>Drónok a Közel-Keleten</i>	51
OLAJOSNÉ LAKATOS BOGLÁRKA: <i>Környezetbiztonság – Éghajlati adaptáció vízmegtartással</i>	61
ANDREA MAJLINGOVÁ – PÁNTYA PÉTER: <i>Aktuális nemzetközi kockázatkezelések a veszélyesáru-szállítások során</i>	81
ZOLTÁN ANTAL: <i>Basic Risk Assessment of Nuclear Power Plants</i>	95
JUSZTIN KARINA ZELMA – VÉG RÓBERT LÁSZLÓ: <i>A rezgésdiagnosztika alkalmazása a Magyar Honvédség technikai kiszolgálása és járműjavítása során – 1. rész</i>	109
TÓTH PÉTER LÁSZLÓ – PÁNTYA PÉTER: <i>Építészeti tűzvédelem, a nyílászárók és beépítésük hatása a homlokzati tűzterjedésre</i>	121