



MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

Kiemelt közlemények

BALLA TIBOR, PADÁNYI JÓZSEF:
*Műszaki kiválóságok: kutnai és eörvistyei
Zelenka Zoltán*

TÓTH FERENC, KOVÁCS ZOLTÁN:
A repülő daru árvízvédekezésben

BAKOS TAMÁS, KAPUSZTA BÁLINT GÁBOR:
*A Magyar Honvédség új hídvető
képesége – Leopard 2 Leguan*

33. évf. (2023)
1. szám

ISSN 2063-4986 (elektronikus)



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Műszaki Katonai Közlöny

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

ISSN 2063-4986 (elektronikus)

Szerkesztőbizottság elnöke

Padányi József

Szerkesztőbizottság

Árpád Lőrincz

Hanka László

Hornyacsek Júlia

Horváth Tibor

Kovács Tibor

Kovács Zoltán

Kuti Rajmund

Pavel Manas

Nagy Rudolf

Tóth Rudolf

Főszerkesztő

Kovács Zoltán

Szerkesztőség címe

Nemzeti 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

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

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Olvasószerkesztők: Bujdosó Hajnalka, Resofszi Ágnes

Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla



Tartalom

Balla Tibor, Padányi József Műszaki kiválóságok: kutnai és eörvistyei Zelenka Zoltán	5
Tóth Ferenc, Kovács Zoltán A repülő daru árvízvédekezésben	15
Bakos Tamás, Kapusza Bálint Gábor A Magyar Honvédség új hídvető képessége – Leopard 2 Leguan	41
Somogyi Tamás, Nagy Rudolf Az európai uniós pénzüzetek létesítménybiztonsági gyakorlatának vizsgálata egy tűzvédelmi felmérés tükrében	53
Bencsik Dániel Modellszintű stratégiák szélsőséges időjárás által előidézett káresemények elhárítására szennyvíztisztító telepeken	67
Péter Pántya, Lilla Horváth Presentation of the Hazardous Environment in the Light of Firefighting Activity	85
Orgoványi Péter Közüemi vízellátó hálózatok veszteségelemzésének hatékonyságnövelése térinformatikai módszerrel	95
Somogyi Tamás Létesítményi infrastruktúra fizikai védelmének kialakulása és alapelvei	107
Gyarmati József, Hegedűs Ernő Lánctalpas harcjárművek kormányzása	117
Rákosi Sára, Sebők István, Szalai Tamás, Vég Róbert László A 3D-nyomatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai	133

Balla Tibor,¹  Padányi József² 

Műszaki kiválóságok: kutnai és eörvistyei Zelenka Zoltán

Engineer Geniuses: Zoltán Zelenka

Zelenka Zoltán altábornagy (1884–1942) mindkét nagy háborúban részt vett. Harcolt az orosz és olasz hadszíntéren, tevékeny részese volt a felvidéki bevonulásnak. Harctéren szerzett tapasztalatait a Ludovika Akadémia tanáraként hasznosította, évekig parancsnoka volt a II. főcsoportnak. Műszaki tisztek százait oktatta és nevelte, akik közül számosan életüket adták a hazáért. Minden beosztásában műszaki tiszt maradt, aki a kötelességet és a bajtársiasságot tekintette vezérlő eszméjének.

Kulcsszavak: műszaki szemlélő, felvidéki bevonulás, Ludovikás Levente

Lieutenant General Zoltán Zelenka (1884–1942) fought in both of the world wars. He saw action first hand at the Italian and the Russian fronts, and later participated in the occupation of Upper Hungary in 1938. He utilized his combat experience as a teacher at the Ludovika Military Academy, he was the Head of the Second Chief Directorate for years. He had educated hundreds of military engineers, out of which many gave their lives in service of the nation. He remained military engineer in every position he fulfilled, and valued duty and camaraderie the most.

Keywords: military engineering inspector, occupation of Upper Hungary in 1938, Ludovika Levente

Bevezetés

Zelenka Zoltán 1884. március 7-én született a Nógrád vármegyei Losonc városában, kutnai és eörvistyei Zelenka Gyula ügyvéd és főügyész, valamint Svehla Mária gyermekeként, evangélikus vallású családban.³

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

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

³ Hadtörténelmi Levéltár Budapest (HL) Tiszti anyakönyvi lapok (AKVI) 2864/1890.

1894 és 1898 között igen jó eredménnyel végezte a kassai császári és királyi katonai alreáliskolát, majd az 1898 és 1901 közötti években a császári és királyi katonai főreáliskola növendéke volt Mährisch-Weisskirchenben.

1901-től 1904-ig tanulmányait a bécsi császári és királyi Műszaki Katonai Akadémián folytatta, s jelesül fejezte azt be. Az utóbbi két tanintézményt teljesen díjmentes magyar állami alapítványi helyen járta ki. Szakmai ismeretei bővítése céljából 1910–1913 között a császári és királyi felsőbb hadmérnöki tanfolyamot végezte el Bécsben.⁴

Felesége 1919-től az 1889. augusztus 19-én, Budapesten született Góbi Mária Aranka volt, akitől 1929. május 31-én elvált.⁵ Magyar és német nyelven tökéletesen, angolul pedig jól beszélt és írt.

Katonai pályafutása

1904. augusztus 18-án avatták hadnaggyá, s katonatiszti pályafutását beosztott tisztként kezdte meg a császári és királyi 7. utászszázalój 2. századában Budapesten. 1909. november 1-jén főhadnaggyá nevezték ki alakulatánál. 1912. október 1-jén a budapesti kiegészítésű császári és királyi 4. árkászszázalóhoz helyezték át. 1913. november 1-jén a császári és királyi hadmérnök igazgatósághoz osztották be Trebinjében, amely talán a legfontosabb volt a Bosznia-Hercegovinában létrehozott igazgatóságok (Szarajevó, Mostar) közül. A város stratégiai fekvése és a körzetben épült erődrendszer miatt kiemelt figyelmet kapott a hadmérnöki támogatás.



1. ábra: Zelenka Zoltán altábornagy (1884–1942)

Forrás: JACOBI 1938

⁴ SZAKÁLY 2001: 379.

⁵ HL 1942. HM Felülvizsgálati iratok 1940, HL HM 4. osztály 1942.

Zelenka feladata az volt, hogy megtervezze a Golo Brdo överődöt, és hadászati szintű utak építésében is részt vett. Az erőd kézzel faragott kőtömbökből épült, mellette kilenc ciszterna és egy istálló maradványai láthatók (2. ábra).



2. ábra: A Golo Brdo överőd maradványai

Forrás: <https://fort-net.org/objekt/fortress-golo-brdo/?lang=en>

A hadmérnök törzskari tiszték között több magyar származású műszaki tiszt szolgált, akik szép karriert futottak be a hadseregben: Szederjei Elemér ezredes (később altábornagy), tannenriedi Kaunz János alezredes (később altábornagy), Szakatsits Viktor ezredes, Szabó Károly őrnagy (később ezredes), vitéz dalnokfalvi Bartha Károly őrnagy (később altábornagy), nagybaconi Keresztes Kálmán, Ottopál Sándor százados (később ezredes), dálnoki Kováts Gyula tábornok; Schindler Szilárd százados (később altábornagy), vitéz Falkay (Fillinger) Gyula százados (később tábornok).⁶

A Trebinje feletti hegyeket a mai napig uralja a Strač nevű erőd, amely szintén a védelmi rendszer része volt. A méteres kövekből épített erődben a leírások szerint 365 szobát alakítottak ki. Ez volt a Monarchia második legnagyobb katonai erődítménye. Az erődítményt két 100 mm-es ágyúval, két kisebb ágyúval, 24 géppuskával és 12 reflektorral szerelték fel. Az épület tetejére négy acélkupolát terveztek – félig falazott, félig kőbe vésett formában. Strač építése soha nem fejeződött be, mivel Montenegró 1916-ban kapitulált, így a tervezett négy kupolából kettő készült csak el (3. ábra).⁷

Az első világháború kitérője után, 1914. november 1-jén beosztásában vezérkari századosná nevezték ki. A háború első három évében különböző műszaki beosztásokban szolgált, 1915. május 1-jétől már a császári és királyi hadmérnöki törzs tagjaként. 1914-ben közreműködött Pétervárad erődítési munkáinál és a Száva menti védelmi harcokban, Zimony és Belgrád térségében. 1915-ben a bánsági erődépítési igazgatóságnál a Béga vonalának erődítési munkáit vezette, majd Belgrád 1915 októberében történt elfoglalása után, 1916. februárig a belgrádi hídfő kiépítésénél kapott feladatokat.

⁶ JACOBI 1938: 34.

⁷ Panzerwerk „Strač” near Trebinje, Bosnia and Herzegovina, Lásd: <https://bit.ly/3HdiAze>



3. ábra: A Strac nevű erőd romjai ma is impozáns látványt nyújtanak

Forrás: <https://fort-net.org/objekt/fortress-strac/?lang=en>

1916-tól szolgált Orosz-Lengyelországban, a Visztula-vonal erősítését vezette a Novo-Alexandria-i szakaszon. Itt a védelmi állás első vonala, egy, a Visztula folyót közvetlenül tűz alatt tartó betonozott géppuska- és figyelőállásból állt, amely mögött a tulajdonképeni védelmi árokrendszer húzódott, tüzérségi megfigyelővel, nyitott géppuskaállásokkal és a megszálló csapat részére megfelelő óvóhelyekkel. A védőállás előtt egy 10 méter széles, 8 drótfalból álló, összefüggő, törtvonalban vezetett vaskarós drótakadály volt, amelynek egyes akadályágait az állásból oldalozó géppuskatűz fedezte. Az építkezéshez szükséges, jelentős mennyiségű építőanyag egy részét (faanyag) a helyszínen termelték ki, viszont a vasat, drótot és cementet az anyaországból szállították ki.⁸

Később Brodynál a 106. hadosztálynál, illetve a 15. porosz Landwehr hadosztálynál mint árkász század- és utászcsoporthadparancsnok szolgált. Ezen a szakaszon az jelentette a nehézséget, hogy a védőállás mocsaras talajban vezetett, ahol az ásás csak helyenként volt lehetséges, így árok helyett feltöltés szolgált mellvédül és a föld alatti építmények helyett gránátálló betonozott géppuskaállások, figyelő- és óvóhelyek épültek.⁹

1917. május 15-től a magyar királyi 74. honvéd gyaloghadosztály műszaki törzstisztjeként és az árkászszázad parancsnokaként tevékenykedett az olasz hadszíntéren, ahol részt vett az osztrák-magyar hadsereg, 1918 júniusában lezajlott utolsó nagy offenzívájában, Dél-Tirolban. 1918 augusztusától, 1918 novemberéig a 74. hadosztállyal állásharcot folytatott az olasz fronton a Monte Sisemol-szakaszon.¹⁰

⁸ JACOBI 1938: 41.

⁹ JACOBI 1938: 41.

¹⁰ HL AKVI 2864/1890.

1919. augusztus 1-jén belépett a Nemzeti Hadseregbe, s a budapesti Hadügyminisztérium 5. osztályán szolgált beosztott tisztként. 1919. augusztus 15-étől 1922. szeptember 1-jéig a műszaki szolgálat, a hídépítés, az utásztan, az erődítés és a csapatpedagógia tanára, valamint tanulmánycsoport-vezető volt a budapesti magyar királyi Honvéd Ludovika Akadémián. 1922-ben a Ludovika aligazgatói posztját is betöltötte.¹¹

1920. szeptember 1-jén (1918. szeptember 1-jei ranggal) vezérkari szolgálatot teljesítő őrnaggyá és ugyanaznap alezredessé, 1924. május 1-jén pedig ezredessé nevezték ki.

1922 és 1925 ősze közötti beosztásairól nem áll rendelkezésre korabeli forrás. 1925. október 1-jétől a Honvédelmi Minisztérium 1. osztálya műszaki alcsoportjának vezetője volt Budapesten. 1928. szeptember 10-től a Honvédelmi Minisztérium 1/c osztályának vezetőjeként szolgált Budapesten. 1931. május 1-jétől a Honvédelmi Minisztérium 1/c osztályának létszámfeletti állományába osztották be. 1931. július 1-jén a budapesti magyar királyi Honvéd Ludovika Akadémia állományába került. 1931. szeptember 1-jén a Ludovika Akadémia műszaki részének parancsnokává, 1931. november 1-jén pedig a Ludovika Akadémia II. főcsoportjának parancsnokává nevezték ki.¹²

Ebben a főcsoportban folyt mindazon ludovikások képzése, akik a honvédség műszaki, híradó, vonat- és gépkocsicsapataihoz készültek. Fontos itt is hangsúlyozni, hogy a két főcsoport továbbra is egy intézményt alkotott, azonos képzési és nevelési elvekkel.

1932. május 1-jén vezérőrnaggyá (korabeli elnevezéssel tábornokká) nevezték ki beosztásában. 1934. január 17-én felmentették a Ludovika Akadémia II. főcsoport parancsnoki teendőinek ellátása alól. 1934. február 1-jétől a Magyar Királyi Honvédség főparancsnoka mellé beosztott műszaki szemléllőként tevékenykedett, és megbízták a Legfelsőbb Honvéd Törvényszék elnöki teendőinek ideiglenes ellátásával is. 1936. november 1-jén a kormányzó altábornaggyá nevezte ki szolgálati beosztásában.

Ezekben a beosztásaiban igen élénk társadalmi életet élt. Olvasva a korabeli sajtó tudósításait, szinte minden nevezetesebb katonai és társadalmi eseményen részt vett (4. ábra). A kormányzó születésnapját¹³ és névnapját¹⁴ mindig a protestánsokkal ünnepelte, megtekintette a hadsereg evezős és a folyambajnoki úszóversenyt (1934),¹⁵ részt vett a világháborúban hősi halált halt tüzerek emlékművének avatásán (1937),¹⁶ de kötelességének tartotta, hogy figyelemmel kísérelje a Budapesten rendezett gázmentési és tűzoltó gyakorlatot is.¹⁷

¹¹ DEZSÉRI BACHÓ 1930: 983.

¹² A Ludovika Akadémián az 1931-es tanévtől a fegyvernemi képzéseket két külön főcsoportba szervezve folytatták. A Ludovika Akadémia I. főcsoportjában a gyalogos-, lovas- és tüzérisztképzés zajlott, míg a műszaki csapatok, híradók, vonatsapathoz tartozók, folyamőrök képzése a Ludovika Akadémia addigi Műszaki Csoportjából létrejövő Ludovika Akadémia II. főcsoportjában folytatódott. Az intézményt az egykori budapesti császári és királyi gyalogsági hadapródiškola Hűvösvölgyben található épületében helyezték el.

¹³ *Budapesti Hírlap*, 1937. június 19. 1.

¹⁴ *Esti Kurír*, 1937. december 7. 1.

¹⁵ *Budapesti Hírlap*, 1934. július 1. 15.

¹⁶ *Magyar Katonai Szemle*, 1937. október 20.

¹⁷ *Pesti Napló*, 1938. október 9. 7.



A tábornoki kar hagyományos Miklós-napi díszebédjének résztvevői a Tiszti Kaszinóban. Az első sorban középen ül József kir. herceg tábornagy, mellette balra vitéz Bartha Károly honvédelmi miniszter, vitéz Denk Gusztáv lov. tábornok, Zelenka Zoltán altábornagy, jobbra Werth Henrik, a honvéd vezérkar főnöke, vitéz Sónyi Hugó, a honvédség főparancsnoka és vitéz Zách Emil altábornagy.

4. ábra: Névnapi rendezvény, bal szélén ül Zelenka Zoltán altábornagy

Forrás: Képes Pesti Hírlap, 1938. december 8.

1938. november 6-án cselekvő részese lett a felvidéki bevonulás előkészítésének. Medve község közelében – műszaki szemlélőként – személyesen irányította a hídverési munkálatokat, amely hidakon a Magyar Honvédség alakulatai megkezdték az átkelést. De a szomorú kötelességből is kivette a részét, amikor 1939. március 14-én, a hősi halált halt Kiss Ernő utászfőhadnagy temetésén vett részt.¹⁸

Elöljárói 1926 és 1934 között kiválóra, 1935-től 1939-ig pedig igen jóra minősítették szakmai teljesítményét a Magyar Királyi Honvédségen belül. 1938–1940 között a Honvédelmi Minisztérium törzstiszti becsületügyi tanács elnöki teendőit is ellátta. 1940. február 1-jén műszaki szemlélői beosztásából felmentették, majd három hónap szabadságot engedélyeztek számára. 1940. május 1-jén helyezték nyugállományba,¹⁹ azt követően Budapesten, a II. kerület Margit körút 39. I/4. alatt lakott. Nyugdíja havi 832 pengőt tett ki. 1942. február 18-án hunyt el májdaganat és szívgyengeség következtében Budapesten, a XII. kerületi Királyhágó út 1. alatt.²⁰ 1942. február 20-án a budapesti Farkasréti temetőben temették el, ahol a 803-as jelű fülkék közül a 238-as számúban alussza örök álmát. Haláláról a korabeli lapok is megemlékeztek.

Kiváló szakmai képességeit, tehetségét számos osztrák–magyar és magyar kitüntetés adományozásával is elismerték pályafutása során. 1908. december 2-ától a Katonai Jubileumi Keresztet, 1913-tól az 1912–13. évi Mozdósítási Keresztet, 1915. május 12-étől a Bronz Katonai

¹⁸ Pesti Napló, 1939. március 15. 10.

¹⁹ SZAKÁLY 2020: 100–101.

²⁰ HL 1942. HM 4. osztály 1942.

Érdemérmét hadiszalagon (majd később kardokkal), 1916. május 14-től az Ezüst Katonai Érdemérmét hadiszalagon (később kardokkal), 1917. november 1-jétől a Katonai Érdemkereszt III. osztályát hadidíszítménnyel és kardokkal, 1924. augusztus 18-tól a Tiszti Katonai Szolgálati Jel III. osztályát, 1927. november 23-tól a Kormányzói Dicsérő Elismerés Magyar Koronás Bronzérmét vörös-fehér szegélyes smaragdzöld szalagon, 1930. január 3-ától a Magyar Háborús Emlékérmét kardokkal és sisakkal, 1930. november 11-étől a Kormányzói Dicsérő Elismerés Magyar Koronás Bronzérmét, szalagján az Osztrák Császári Vaskorona Rend III. osztálya hadidíszítménnyel és kardokkal miniatűrjével, 1932. január 29-étől a Magyar Érdemkereszt III. osztályát, 1932. április 7-étől a Károly Csapatkeresztet, 1934. augusztus 18-ától a Tiszti Katonai Szolgálati Jel II. osztályát, 1937-től a Magyar Érdemrend középkeresztjét, 1940. augusztus 16-ától a Magyar Érdemrend középkeresztjéhez a csillagot, a külföldi kitüntetések közül pedig 1935. január 25-étől az Osztrák Háborús Emlékérmét kardokkal viselhetette.

Magyarország kormányzója kitüntetései mellett 1930. október 27-én régi magyar nemesiségének igazolása mellett, a kutnai és eörvistyei nemesi előnév használatát is engedélyezte számára.

Elismerései, közéleti tevékenysége

Egyetlen írásmű köthető a nevéhez: *A műszaki vezetés szervezete a világháborút megelőző időben és a világháborúban*, amely Jacobi Ágost *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban* című könyvében jelent meg.²¹

Ugyanakkor több feljegyzést is találunk arról, hogy a kutatás, a tudományos jellegű munka nem állt távol tőle. Amikor a Ludovika Akadémián szolgált, egyik kezdeményezője volt a Levente-újság létrehozásának „a Levente-kör megismertetése és munkásságának megörökítése céljából”.²² Ezen túlmenően is aktív részese és támogatója volt a Ludovikán folyó önképzőköri munkának, hiszen egyrészt a Levente-kör tanárelnöke volt, másrészt maga is gyakorta előadott a rendezvényeken. A hadtudományi osztály rendezvényén előadást tartott a várak feladatáról, az átkelések kierőszakolásáról és a légi forgalom jövőjéről.²³

Azt, hogy mennyire szíven viselte ezt a kezdeményezést, mutatják azok a gondolatok, amelyek a *Ludovikás Levente* útjára indításának 10. évfordulóján vetett papírra, már tábornokként:

„A Ludovikás Levente a folyó évben 10 éves múltra tekinthet vissza. A Ludovika Akadémia Levente-körének 1921 decemberében tartott, második alakuló közgyűlésén, mint a Levente-kör akkori tanárelnöke, az irodalmi osztály javaslatára bejelentettem, hogy most már elérkezettnek látom annak az idejét, hogy a Levente-kör munkálataival – folyóirat alakjában – a nyilvánosság elé lépjen, mert a munkák mind tárgykör, mind pedig tartalom tekintetében megállják a nyilvánosság tüzét. Az eredeti elgondolás szerint ez a folyóirat havonta, esetleg negyedévenként jelent volna meg. Azonban, sajnos, a tetemes előállítási költségek és az igen

²¹ JACOBI 1938: 34–41.

²² *Ludovikás Levente*, 1922. 1. évf. 7.

²³ *Ludovikás Levente*, 1922. 1. évf.

nehéz gazdasági helyzet miatt – az első évet kivéve, amikor két szám jelent meg – csak, mint évkönyv – mint a Levente-kör egy évi munkájának összefoglalása – léphetett a nyilvánosság elé. 1922. óta a Ludovikás Levente minden évben megjelenik és hirdeti, hogy a Ludovika Akadémiában a szakoktatás és a sporttevékenység mellett a szabad önképzésre is nagy gondot fordítunk. Hirdeti azt, hogy a levetegondolatnak az 1920. évben elvetett magja ma már életerős fiatal fává fejlődött, amelynek kézzelfogható, a gyakorlatban mélyreható eredményeit a Magyar Katonai Szemlében megjelenő azon fiatal tisztek által írt kiváló cikkekben is láthatjuk, akik a Ludovika Akadémia Levente-körének voltak lelkes tagjai, s ebben a körben tanulták meg az önzetlen munkásságot; itt ismerték meg a szellemi továbbképzés fontosságát; itt tanulták meg a szépért való lelkesedést, s az élet örömeihez a saját eredményes szellemi munkásságuk által előidézett lelki gyönyör hozzákapcsolását. A jelen kor sivárságában és anyagiasságában nagyjelentőségű dolog, hogy vannak még lelkes, ideálisan gondolkodó fiatal tisztek, akik az életet nemcsak az egyéni haszon szemszögéből nézik, hanem akik lelkes, önzetlen munkával elsősorban a Haza és a köz érdekeit szolgálják. Ennek a célnak érdekében működött és fog a jövőben is működni a Ludovika Akadémia Levente-köre, ahol összetömörül az a lelkes gárda, amely az akadémia ifjúságának – tanári vezetés mellett való –szellemi irányítására hivatott.”²⁴

A II. főcsoport élén is kiemelt figyelmet fordított a ludovikások önképzésének támogatására. 1932-ben, amikor a tanév zárásaként pályadíjakat és jutalmakat adott át az önképzőkör legjobbjainak, így fogalmazott: „... e tárgyakat a kör nem fizetségként adja, mert hiszen az igazi levante munkájáért nem vár, sőt el sem fogad ellenszolgáltatást, hanem arravalók a jutalmazások, hogy a nyertesek egész életükben emlékezzenek azokra az eszményi célkitűzésekre, melyeket a kör számukra kijelölt.”²⁵

Zelenka Zoltán altábornagynak kiemelkedő szerepe volt a két világháború közötti magyar műszaki honvédtisztképzés alapjainak lerakásában és további tökéletesítésében, továbbá az önálló honvéd műszaki fegyvernem megszervezésében és fejlesztésében. A szakma iránti elkötelezettségét és szeretetét mutatja az is, hogy tagja lett az Országos Háborús Műszaki Emlékmű Bizottságnak, amely nem kevesebbet tűzött a zászlajára, mint a műszaki kar hősi halottjaira emlékező, méltó emlékmű felállítását. Az emlékmű helyéül a székesfőváros a bizottság kérelmére a Gellért-hegy déli lejtőjének dunai szélén, a sziklatemplom felett levő nagyobb sík területet jelölte ki, úgy hogy a pályázatot is erre a helyre írták ki, 50 000 pengő előállítási költséggel. A pályázaton, amelyről 1933 őszén döntöttek, az első díjat Márton Ferenc és Siklódy Lőrinc pályaterve kapta, egy körülbelül 20 m magas, egyszerű kőpillérből áll, csúcsán a kettős keresztrel, előtte egy áós műszaki katona, amint az ellenségre tör. A talapzat két oldalán domborművek ábrázolják a műszaki csapatok harci tevékenységét. A szobor és a domborművek, valamint a kereszt bronzból készülnek, az egész építmény kő. A kivitelezési munkálatokat 1934 legelején kezdték volna meg.²⁶

²⁴ *Ludovikás Levente*, 1932, 9. évf. 49.

²⁵ *Ludovikás Levente*, 1932, 9. évf. 109.

²⁶ LIBER [é. n.]: 440.

Érdekes apróság, hogy 1935. március 15-én – demonstrálva azt, hogy a katonai-műszaki szakma határokon túlmutatva őrzi az együvé tartozás gondolatát – együtt koszorúzott az akkori osztrák katonai attaséval, Oskar Regele ezredessel.²⁷ Azzal az osztrák műszaki tiszttel, aki katonai pályáját hadnagyként a császári és királyi 1. utászászlóaljban kezdte Pozsonyban, olyan magyar műszaki tisztekkel szolgálva együtt, mint Jacobi Ágost, Molnár Pál vagy Roth Frigyes.

Zelenka Zoltán altábornagy nevéhez nem fűződnek harctéri hőstettek, találmányok, tudományos kutatás. Tette a dolgát, ahogy egy műszaki tiszthez az méltó. Nevét mégis megőrizte az emlékezet, hiszen műszaki tisztek százait oktatta és nevelte, bocsátotta útnak, felkészítve őket arra a szép, de nagyon nehéz feladatra, amelyet a haza védelme jelent.

Irodalomjegyzék

Budapesti Hírlap, 1934. július 1.

Budapesti Hírlap, 1937. június 19.

DEZSÉRI BACHÓ László szerk. (1930): *A magyar kir. Honvéd Ludovika Akadémia története*. Budapest: A magyar kir. Honvéd Ludovika Akadémia.

Esti Kurír, 1937. december 7.

Hadtörténelmi Levéltár Budapest, Tiszti anyakönyvi lapok 2864/1890.

Hadtörténelmi Levéltár Budapest, HM Felülvizsgálati iratok 1940.

Hadtörténelmi Levéltár Budapest, HM 4. osztály 1942.

JACOBI Ágost szerk. (1938): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest: Közlekedési Nyomda Kft.

Képes Pesti Hírlap, 1938. december 8.

LIBER Endre [é. n.]: *Budapest szobrai és emléktáblái*. Budapest.

Ludovikás Levente, 1922. 1. évf.

Ludovikás Levente, 1932. 11. évf.

Ludovikás Levente, 1935. 14. évf.

Magyar Katonai Szemle, 1937. október 20.

Pesti Napló, 1938. október 9.

Pesti Napló, 1939. március 15.

SAKÁLY Sándor (2001): *A magyar katonai felső vezetés 1938–1945*. Budapest: Ister.

SAKÁLY Sándor (2020): A magyar királyi Honvéd Ludovika Akadémia II. főcsoport, majd jogutód intézményei parancsnokai (1931–1945). *Honvédségi Szemle*, 148(6), 95–110. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2020.6.8>

²⁷ *Ludovikás Levente*, 1935. 14. évf. 100.

Tóth Ferenc,¹  Kovács Zoltán² 

A repülő daru árvízvédekezésben

The Flying Crane for Flood Protection

Az első világháborút követő években a repülőgépeket békésebb célokra vették igénybe, azonban a jelentős nagyságú repülőterigényük a katasztrófaelhárítás területén csak korlátozott felhasználást tett lehetővé. A helikopterek függőleges fel- és leszállási tulajdonságaik révén és kiemelten az egy helyben lebegés lehetőségével jelentősen hozzájárultak a légi teherszállítás fejlesztéséhez. Hosszú időnek kellett eltelnie ahhoz, hogy visszatekintve láthassuk, a kísérletező mily tekerős utat járt be, amíg eljutott oda, hogy a helikopter alá függesztett teherszállítás az árvízvédekezés legnézettebb eseményévé váljon.

Kulcsszavak: helikopter, légi szállítás, árvízvédelem

In the years following the First World War, airplanes were used for more peaceful purposes, however, the need for a significant size airport made their use only limited in the field of disaster response. With their vertical take-off and landing properties and especially the ability to hover in one place, helicopters have significantly contributed to the development of airfreight transport. It took a long time for us to look back and see what a winding road the experimenter traveled until he got to the point where the cargo transport suspended under the helicopter became the most watched events in flood protection.

Keywords: helicopter, air transport, flood protection

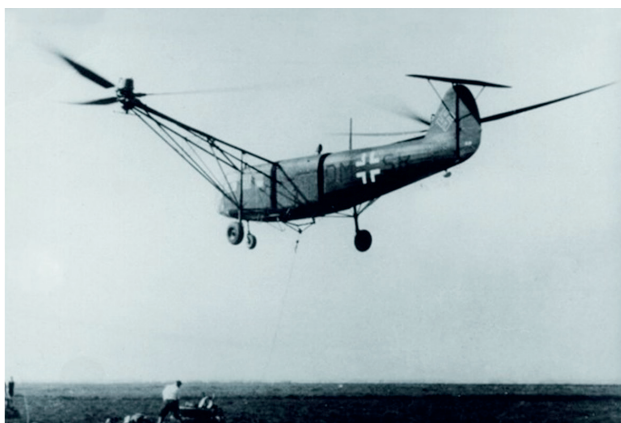
Bevezetés

Az első, gyakorlatban is alkalmazható helikopterek megjelenése után a terveket tovább finomították és adaptálták a különböző légi forgalmi és egyéb ipari célokra. A stabil repülésre

¹ Főtanácsos, Országos Vízügyi Hivatal, e-mail: toth.ferenc@ovf.hu

² Egyetemi docens, HHK Műveleti Támogató tanszék, e-mail: kovacs.zoltan@uni-nke.hu

képes, megbízható helikoptereket évtizedekkel a merevszárnyú repülőgépek után fejlesztették csak ki. A helikopterek későbbi megjelenésekor azon nyomban megmutatkoztak a helyből fel- és leszállás, továbbá az egy helyben lebegés előnyei. „Ha egy embernek megmentésére van szükség, jöhet egy repülőgép, és virágot dobhat rá, és ez szinte minden. De ha egy helyben emelő repülőgép oda tud menni, akkor megmentheti az életét!” – mondta a helikopterfejlesztés úttörője, Igor Sikorsky.³ A második világháború alatt pedig Németország (1. ábra) és Amerika már rendszerbe is állította a helikoptert.



1. ábra: Focke-Achgelis 223 V12 Drache német szállító helikopter

Forrás: Erster Lastenhubschrauber: Focke-Achgelis Fa 223 2018

Az amerikai parti őrség felderítési célokra használta, legtöbbször tengeralattjárókat kerestek vízbe eresztendő felderítőszonárral. Ez lehetett a kezdete a helikopterre függesztett teherszállításnak, a fejlesztések eredményeként pedig hamarosan lehetővé vált az egyre nagyobb méretű és súlyosabb terhek függesztett szállítása.

A helikopter alkalmazása és a kötélre függesztett teherszállítás kezdete a magyar árvízvédekezésben

A rakodótér nélküli helikopterek a kialakításuk miatt szűknek bizonyultak, ezért kezdetben csak felderítésre használták őket. Miután a személyzet a felderítésben és a helikopter a helyben lebegésben bizonyította képességeit, sor kerülhetett az emberek mentésére is. Így történt Magyarországon az árvízvédekezésénél: 1963-ban a repülőgépek mellett a helikopterek is részt vettek az árvízi felderítésben. A felderítés egyik fontos eszköze lett a helikopter, új alapokra helyezték a figyelőszolgálatot (2. ábra).

³ Igor I. Sikorsky Historical Archives 1945.



2. ábra: Mi-1 helikopter a Duna felett Érsekcsanádnál az 1965. évi árvíz idején

Forrás: ÁBK SZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

Az első – hosszabb ideig rendszerben tartott – több személy szállítására is alkalmas Mil Mi-8 típusú helikopterek 1969. február 12-én érkeztek Magyarországra. Nyilvános bemutatkozásukra az 1970. április 4-ei díszszemlén nyílt lehetőség, és egy hónap múlva már a tavaszi nagy tiszai árvíznél láttak el kiemelkedő feladatokat. Az árvíz idején 4282 főt mentettek ki a Mi-8-ok az árvízi területről (3. ábra).⁴ A magyar helikopterek mellett természetesen a szovjet helikopterek is részt vettek a védekezésben, mentésben.⁵



3. ábra: Mi-8 helikopter a porcsalmi leszállóhelyen az 1970. évi árvíz idején

Forrás: ÁBK SZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

⁴ KELECSÉNYI 2014.

⁵ PÁLL-ELEK 1970: 1–2.

A személyek mentésénél és a védelmi anyagok, eszközök, gépek lerakásához több esetben nem volt lehetőség a földre ereszkedni, ezért az embermentés és teherszállítás feladatait függesztett szállítással kellett megoldani. A függesztett köteles árvízi embermentésről csak a sajtó útján tájékozódhattak az olvasók, de az augusztus 20-i vízi és légi parádén már úszó háztető kialakítású tutajról való mentés is a program részét képezte (4. ábra).



4. ábra: Légi parádé. Elöl a Mi-1 felderítő, háttérben a Mi-8 mentőhelikopter
Forrás: Fortepan 185952

A visszaemlékezések szerint 1970-ben már mentettek embereket a háztetőkről az árvíz idején.⁶ Két évvel korábban pedig a Tass melletti gyakorlaton robbantómestert (5. ábra) és robbanóanyagot emeltek be egy imitált jégtáblára helikopterrel (6. ábra).



5. ábra: A robbantómester beszállítása a „jégtábla” felrobbantásához
Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

⁶ BERTALAN 1972: 4.

A személyek függesztve leeresztéséhez nem volt biztonságot nyújtó, becsatlakozható ülésel rendelkező, csörlővel leengedhető heveder. Ekkor még a személyek és terhek helyszínről szállításakor a helikopterre kötéllel szereltek fel. A talaj vagy a célterület pontosabb megközelítését a dolgozónak a létrán történő lépegetéssel kellett megtenni (6. ábra).



6. ábra: Robbanóanyag felcsatolása kötéllel a végére.

Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

A biztonságosabb személyszállítás érdekében a légierő Mi-8 helikoptereivel a vízügyi szervek (ÁBKSZ⁷) a Magyar Honvédséggel együttműködve emelőhevederes kísérleteket hajtottak végre (7. ábra).



7. ábra: Emberek mentésére alkalmazott heveder próbája

Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

⁷ Árvízvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet.

A védekezésben érdekelt szervek az állami feladatköröket az 1980–1988 közötti időben több lépésben pontosították és szétosztották. Az egyeztetések szerint az árvízvédekezéshez szorosan nem kapcsolódó személy- és műszaki mentési feladatkörök ezt követően már nem tartoztak a vízügy ellátandó feladatai közé. Korábban is csak más szervezetek kérésére vett részt ezekben a feladatokban, de ekkor lettek a feladatkörök pontosabban meghatározva. A vízügyi szolgálat a személyek mentésére szolgáló eszközök fejlesztésével, állományban tartásával a továbbiakban már nem foglalkozott.

A légi teherszállításnak azonban nagy jelentőséget tulajdonítottak. Ez időben, 1980 körül a vízügyi műszaki fejlesztések három jelentős csoportot alkottak. A távközlés (adótoronyok kiépítése, földkábelek kitarakás nélküli fektetése stb.), a vízminőségi kárelhárítás gépeinek kialakítása és a legnagyobb részt a gátszakadások elzárásainak műszaki fejlesztése tette ki. Ez utóbbi feladathoz az igazgatóságok javaslatai alapján a jégrobbantáshoz szükséges robbanóanyagok, a gátszakadás zárásához és a gátak megtámasztásához szükséges kőzsákok és szádlemezek légi szállítása is kapcsolódott. Voltak olyan légi szállítási feladatok, amelyeket az első kísérletek után megvalósíthatatlannak ítélték, vagy inkább a beavatkozást nem tartották életszerűnek (például perlitbombák alkalmazása vízminőségi kárelhárítási feladatok ellátásához).

A legnagyobb és legkedvezőbb lehetőségnek a kőzsákok szállítása mutatkozott. Már 1965-ben elkészült az első ledobó készülék, a kőzsákemelő-csipesz (8. ábra).



8. ábra: Kőzsákemelő-csipesz

Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

A csipesz feladata volt, hogy az átszakadt gátakba autódaruval a zsákokat úgy helyezhessék el, hogy azok leoldásához ne kelljen egy dolgozónak a szakadásba bemenni, és a kőzsákemelő-csipesz vízfelszín alatt is biztonságosan magától oldódjon ki. A leoldás (áganként) egykötetes automata megoldású volt. A csipesz egy, a szádlemez beemelőhöz hasonló megoldású biztonsági rugós csappal volt ellátva, amely csak akkor oldódott ki, ha a kötélágon a terhelés megszűnt. Terhelés alatt a kőzsákemelő-csipesz kézi kioldására nem volt mód.

A csipesz működtetése kissé nehézkesre sikerült. A ráakasztáshoz ágankét egy ember kellett, de a darus teherkötözésben járatos dolgozóknak ez nem okozott nagyobb gondot. A daruvezető ügyes forgatással a zsákokat a helyére tudta tenni, azonban az áramló vízben mind a négy kötélág egyszerre történő kioldódása – főleg lejtős talajon – gondokat okozhatott.

Ugyanennek az emelőeszköznek a helikopteres alkalmazása már aggályosabbá vált. A kőzsákok beforgatása (vízáramlással párhuzamosan) már nem sikerülhetett. A függesztve szállított zsákok a szállítási idő alatt forgásba kezdtek. Míg a daruval történő emelésnél az emeléstől a lerakásig csak 10–20 másodperc telt el, a helikopternél ez már jóval hosszabb időt vett igénybe. A légi függesztve szállítás alatt a zsákok bizonytalan forgásiránya és lengése a szállítási idő alatt állandóan változott (9. ábra).



9. ábra: Vízszintes helyzetű kőzsák szállítása Mi-8 helikopterrel
Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

A vízűgy gátszakadás elzárásában járatos szakértői a gyakorlat alatt próbálták a földről mu-togatni, mely irányba kellene beforgatni a zsákokat, de hamarosan belátták, hogy az elvárás teljesíthetetlen. A gyakorlat végén a vízűgy és a légierő szakmai képviselői megtalálták az elfogadható megoldást: legkedvezőbbnek a zsákok függőleges szállítása mutatkozott (10. ábra).



10. ábra: Függőleges helyzetű kőzsák szállítása

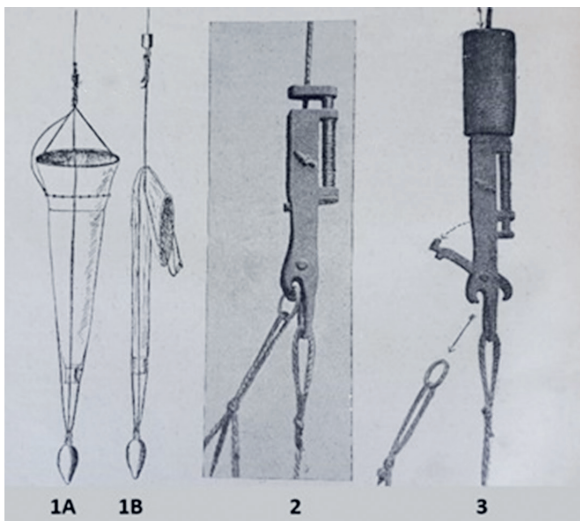
Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

Az elképzelés szerint az így szállított zsákok esetében a helikopter pilótája a zsákot leereszti a föld felszínéig, és a földet érést követően gépével megpróbálja azt a szükséges irányba lefektetni. A helikopter azonban nem autódaru, ahol a szállítás alatt a zsák, az autódaru gémje és kötele állandó mechanikai kapcsolatban van egészen a lerakás pillanatáig. A zsákot helikopterrel nem lehet pár cm/mp sebességgel eresztetni. A zsákioldó csipesz az első függőleges irányú ütődéskor kioldott, így a teher a földre hullott. Nem beszélve arról a nehézségről, hogy a víz alá történő lerakáskor a pilóta nem is látja a meder fenekét. Ráadásul, mint ahogy a korábbi szakadáselzárásoknál is bebizonyosodott, az áramló víz magával ragadja a zsákot, és mindaddig az áramlás irányába húzza, míg a zsák a meder fenekére nem ér, ahol a csipesz leold. Ez a sodrásból eredő erő pedig jelentős veszélyt jelent a helikopterre. Az automata kőzsákcsipesz megmaradt a daruzásnál, de az akkori dolgozók később egyszerűbbnek tartották a kotrókanállal vagy polipmarkolóval történő zsáklerekást. Így következtek a további mechanikai kioldású elképzelések.

Nansen-féle futósúllyal működő emelőszerkezet

Ezt a rendszert a tengeri halászat használja. A Nansen-féle záróháló működése a 11. ábrán látható: (1A) nyitva, (1B) zárva, (2) a hálózáró szerkezet – fent a rugó talpa, amelyre a futósúly esik, a kerettartó horog be van kapcsolva – a háló nyitva van, (3) a hálózáró szerkezet a zárás pillanatában. (A futósúly a leereszkedő dróton éppen érinti a rugótalpat, s erre a függesztő szeg kihúzódik. A függesztő horog ennek következtében tengelye körül kibillen és a kerettartó kötél karikájára kiesik, a jobbra levő kötél pedig a háló derekára hurkolódik, és a háló bezárul.)

Ezt a szerkezetet csak gyári új darukötél esetében lehetett alkalmazni. Kifejlesztését a súlyzár kipróbálása után máris befejezték. A Nansen-féle emelőszerkezetről jegyzőkönyv vagy fotó nem került elő. A különböző terhelések esetén eltérő karakterisztikájú rugót vagy súlyt kellett választani. A halászháló működésénél a szükségesnél jóval erősebb rugót és nagyobb futósúlyt alkalmazhattak, amely súlynövekedés a légi szállításhoz jelentős hátrányt okozott volna.



11. ábra: A Nansen-féle záró halászhálófogó készülék

Forrás: SZÜTS 1918: 620

Kétköteles biztonsági emelőszerkezet

Működése teljes mértékben azonos a DEMAG-féle szádfal beemelő készülékkel, csak ez esetben a kioldókötél nem lefelé lóg, hanem a helikopteren tartózkodó dolgozó kezeli. Egyik kötélet a teheremelő kötélet, másik pedig a kioldókötél. A kioldókötélettel mindaddig nem lehet a szádfal beemelő készülék és helikopteres emelőkészülék csapját kihúzni, amíg a kötélet terhelés alatt van. A DEMAG-féle szádfal beemelő készüléket a levegőüzemű verőgépek használatához rendszerbe állították, napjainkig használatban van. A kétköteles (teher- és kioldókötél) légi szállítás és ledobás megoldását csak autódaruval próbálták ki.

Elektromos nyitású kőzsákfogó készülék

Az elektromos nyitású kőzsákfogó készülék elkészült, a gyakorlatban is kipróbálták. Műszaki adatai elkallódtak, de a próbák megtörténtéről több fotó is készült (12. ábra).



12. ábra: Elektromos nyitású kőzsákfogó készülék

Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

Az ömlesztett terhek szállítására szállítóhálót rendszeresítettek. A kisebb tömegű terhek (például robbanóanyagok) hálós szállításához a Ka-26 helikopterrel is kísérleteztek (13. ábra). A kőzsákszállítás esetében a drótkötéllal együtt történő ledobás kevésbé okozott gondot. A robbanóanyagok jégre (kísérletnél szárazföldre) leeresztésénél a jégre érkezés után a közel 30–40 kg tömegű (drótkötél, 4 db horog és gyűjtőszem) drótkötél robbanóanyagra dobása már veszélyt hordozott magában. A kockázat csökkentése érdekében, illetve egyéb gazdasági és műszaki indokok miatt az ÁBKSZ megkezdte az ismertetett automatikusan nyíló, mechanikusan kioldható és az elektromos nyitású kötélhorgok kipróbálását.



13. ábra: Robbanóanyagok szállítása Ka-26 típusú helikopterrel

Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

1990-ben a vízügyi középírányítói központ műszaki fejlesztési osztály megszűnt. Az addigi fejlesztések egy műszaki fejlesztési összefoglaló megírása után – források hiánya miatt – nagy részben befejeződtek. A megmaradt fejlesztések átkerültek a gépészeti szakszolgálatához, majd 1996-ban a gépészeti szakszolgálat is megszűnt. Így a helikopteres szállítás megoldására tett kísérletek és eredmények a feledés homályába veszttek.

Később, 2000-ben a Tisza tiszasülyi–akolhádi szakaszán a folyó hosszú ideje tartó árvize átázta a gátat, és a védmű a védett oldali részen megsuvadt.⁸ Aggodalomra adott okot, hogy a víz áttörheti a gátat. Miután gyorsan és nagy tömegű anyaggal kellett megerősíteni a gépjárművekkel a földön már megközelíthetetlen területet, az igazgatóság a szolnoki katonai helikopteres bázishoz fordult segítségért. Az igazgatóság javaslata alapján az újonnan felélesztett légi zsákszállítás 4 napja alatt több mint 1000 darab Big-Bag zsákot szállítottak ki a védvonalra.⁹

Egy év elteltével, 2001. március 6-án délután két órakor és fél háromkor – a délelőtti 10 órakor kezdődő töltéssuvadások után – a Tisza jobb parti gátja Tarpa és Tivadar között két helyen átszakadt. A szakadások 110, illetve 140 méter hosszúságúra fejlődtek ki. A légierő Mi-8T és Mi-8MT helikopterei Nyíregyházára települtek ki és Big-Bag zsákok ledobásával segítették a védekezési feladatok ellátását. Összesen 355 repült óra alatt 1129 felszállást hajtottak végre. Az összes felhasznált Big-Bag zsákból 53 darabot a 110 méteres szakadásba (14. ábra), 14 darabot pedig szakadás továbbfejlődésének megakadályozására a szakadás két végébe a töltéscsonkra helyeztek el.¹⁰

2006-ban a Dunán, majd rövid időn belül a Tiszán is árhullám vonult le. Április 17. és május 1. között a szolnoki helikopterezred szállító helikopterei több mint száz felszállással vettek részt a védekezésben. A legtöbb Big-Bag zsákos ledobást Csépa és Szelevény környékén, majd két hét múlva Ócsanálós környékén hajtották végre.



14. ábra: Helikopter Big-Bag zsákot szállít Csépa környékén
Forrás: ÁBK SZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

⁸ Szolnoknál 18 napig volt magasabb a víz a korábbi rekordoknál.

⁹ *A szolnoki fejlesztés sikere*. 2013: 1–2.

¹⁰ Az ÁBK SZ négyfős szádfalazómunka-előkészítő csapata ennyit húzott ki a szakadásból.

2010-ben a Sajón, a Hernádon és a Bodrogon jelentős árhullám vonult le. A helikopterezred két Mi-17-es szállító helikoptere (15. ábra) és még egy további helikopter ez esetben is több helyszínen jelentős segítséget nyújtott a védekezők részére. Ekkor a vízügyi igazgatóság dolgozói a korábbi tapasztalatok felhasználásával a szakadásokban fellépő nagy sodrás leküzdése érdekében a szakadásokba egy-egy rácsos tartót helyeztek el. A szakadásokba helyezett rácsos tartók jelentősen akadályozták a Big-Bag zsákok elsodródását.



15. ábra: Helikopter bevetésen az észak-magyarországi árvízvédekezésben, 2010

Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

2012-ben is helikopter segítette a védekezők munkáját. A Készenléti Rendőrség Különleges Szolgálatok Igazgatósága Tűzserész Szolgálat a Közép-Tiszán Tiszaroff térségében jégrobbantást hajtott végre. A jégtorlódás megbontásához búvárok és robbantási szakértők nyújtottak segítséget. Először kisebb jégperforátorokkal léket robbantottak a jégbe, majd nagyobb hatóerejű töltetek robbantásával megbontották a torlódást. Néhány jégtorlaszt a robbantási szakemberek a partról nem tudtak megközelíteni. Ezért a robbanó tölteteket és a robbantómestert a Készenléti Rendőrség Légirendészeti Parancsnokságának helikoptere függesztett szállítással vitte be a jégre (16. ábra), majd a robbantómester kiemelése után a robbanótölteteket elektromos távirányítással robbantották fel.¹¹

2013 nyarán a dunai árvízi védekezéskor Győr környékén és a Szentendrei-szigetnél dolgoztak a szállító helikopterek, amelyek 192 felszállással és 101 repülési órával segítették az árvízi védekezést. A védekezésben részt vett egy Mi-2 típusú helikopter is. A helikoptereket a függesztett teherszállítás mellett többször igénybe vették egyéb más jellegű árvízvédelmi feladatok ellátására is.

¹¹ OVF védekezési összefoglaló jelentés, 2012.



16. ábra: Robbanóanyagok szállítása helikopterrel Tiszaroff körzetében
Forrás: Rendőrség Tűzserész Szolgálat (a szerzők birtokában)

Az árvízi védekezési feladatok kisegítői (légi felderítés, műszaki irányítás) ellátására a HA–MMS jelzésű Kamov Ka–26 helikoptert alkalmazták. Az eredetileg permetező feladatokat ellátó helikopterre a permetező tárolótartály helyére szabvány utasfülkét szereltek fel, és a belvízzel elárasztott területek légi fotózásához használták. A cél érdekében az utasfülke aljára egy nyitható ajtót készítettek, és függesztett teherszállításra is alkalmassá tették (17. ábra).



17. ábra: A Ka–26 légi fotózáshoz használt fülkéje Szentendrén a kiállításon
Forrás: ÁBKSZ-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

Korábban, 1985-ben a tiszai jeges árvíznél a MÉM RSZ Ka–26 helikoptere a jégtörő hajók és a robbantó csoportok vezénylésében nyújtott segítséget (18. ábra).



18. ábra: Jégtörő hajó és helikopter szoros együttműködésben

Forrás: ÁBKSZ- és ÉMVIZIG-fényképgyűjtemény (a szerzők birtokában)

2020-ban folyók léptek ki medrükből Nógrád és Borsod-Abaúj-Zemplén megyékben. A kialakult árvízi helyzet felderítésére a Magyar Honvédség parancsnoka Airbus H145M típusú könnyű, többcélú helikoptert rendelt ki. Ezek a helikopterek mind a keresési és mentési küldetésekből, mind a különleges műveletek támogatására használhatók. A MH 86. Szolnok Helikopter Bázis forgószárnyasa a Sajó és Hernád folyók felett végzett felderítést.

Nemzetközi kitekintés a helikopteres függesztett teherszállítás kialakulásáról

A kezdeti időkben a kísérleti és repülésre alkalmasnak minősített helikopterekre fülkét építettek. Kezdetben csak a személyzetnek, majd a szállítandó rakományoknak kialakítottak egy rakodóteret is. A biztonságos személy- és teherszállítás megvalósítása már lehetővé tette, hogy a helikopterek részt vegyenek – először csak földre leereszkedéssel – az emberek kimenekítésében is.

Az amerikai légierő különleges műveleti parancsnokság helikopterei a második világháború alatt a burmai dzsungelben kezdték meg az embermentő tevékenységüket. Az első légi kommandós csoport újdonságszámba menő módon harcolt a japánok ellen, gyakran az ellenséges vonalak mögött.¹² A katonai parancsnoki hierarchia többi részétől függetlenül működtek, és szabadon alkalmazhattak új hadviselési eljárásokat, köztük egy újfajta repülő

¹² DORR 2022.

gépet, a helikoptert, amelyek közül az egyik a világ első helikopteres mentését hajtotta végre földre ereszkedéssel (19. ábra).



19. ábra: A bevetésen részt vett Carter Harman hadnagy (balra állva) és a földi személyzet egy R-4 előtt pózol
Forrás: DORR 2022

Long Island Soundban, Fairfield közelében 1945. november 29-én a Penfield-zátonyon fennakadt egy ásványolajat szállító uszályhajó.¹³ Az uszályhajó kapitányát, Joseph Pawlikot sürgősen biztonságba kellett helyezni úgy, hogy a helikopternek nem volt hova leszállni. Jimmy Viner, a vállalati főpilóta és Jack Beighle százados a hadsereg légierjétől egy Sikorsky R-5 helikopterrel kimentette a kapitányt (20. ábra). Az 1945. november 29-i függesztett kötéllel történő mentés volt az előfutára az eljövendő küldetések ezreinek.



20. ábra: 1945. november 29-én a Sikorsky R-5 helikopter lebeg az uszályhajó felett
Forrás: <http://avstop.com/news/sik.html>

¹³ SWOPES 2022.

Ausztráliában 1955-ben a maitlandi árvíz idején pár menekülő ember egy vasúti jelzőórházban keresett menedéket. A pár négyzetméter területű, magányosan álló órházat egyre magasabbra emelkedő víz vette körül. A közeli vasúti hídról az emberek kiabáltak, a kezükkel és esernyőkkel hadonásztak, megpróbálták megmutatni a pilótának, hol vannak a csapdába esett emberek. A Sycamore helikopter (21. ábra) egy, a csörlőkábelen felemelt emberrel még működőképes volt, de a motor teljesítménye több ember egyidejű felemeléséhez már nem volt elegendő. A függeszkezők egyike sem volt megfelelően rögzítve, így a katasztrófa elkerülhetetlennek látszott. A pilóta aggódott, hogy a gyors leereszkedés veszélybe sodorhatja a bámészködőkat is, igyekezett az órházhoz lassabban közelíteni. Ahogy a helikopterrel újra közelíteni próbált, a kötélén lévő férfiak oldalra lendültek és a kötélén függve forogni kezdtek, majd erejüket vesztve elengedték a kötelet és lezuhantak. Egyikük teste egy nagyfeszültségű vezetéknek ütközve ívet húzott és eltűnt egy kékes villanásban, majd egyik társa is a vezetéknek csapódott, hasonló sorsra jutva. Mindkét áldozat a folyóba zuhant, testüket elsodorta a víz.

A borzalom itt nem ért véget. A helikopter emelőkötele is a magasfeszültségű vezetékhez ért. A gép azonnal irányíthatatlanná vált és forogva a kavargó vízbe zuhant. McPhee pilóta és Hill hadnagy parancsnok sikeresen kiszabadult a roncsból, de eltűntek az árvízben. Szerencsére a két férfit a hadsereg kétéltű járműve néhány kilométerrel lejjebb kiemelte a vízből.¹⁴



21. ábra: A helikopter a baleset előtt
Forrás: GREY 2020

Napjainkban az emberek mentése helikopterrel gyakorivá vált. Svájcban, az ország központjában található Klausenpass régió hegygerinceiről már a teheneket is ilyen bizarr látványossággal szállították az alpesi rétek aljára (22. ábra).¹⁵ A magaslati legelőkön gazdálkodó svájci gazdák megszervezték, hogy a hegyekben maradt sérült állataik helikopteres utazásban részesüljenek. Olyan területre kellett elszállítani őket, amely könnyebben hozzáférhető a hagyományos közúti szarvasmarha-szállítás számára. Az állatokat egyesével egy hosszú kötél végére függesztett

¹⁴ GREY 2020.

¹⁵ BAKER 2021.

hálós hámba ültették és úgy kötötték a helikopter alá. Az állomány létszáma körülbelül 1000 lehetett, azonban a csoportnak csak 1%-a kapott némi támogatást a lejutáshoz. A többi állat saját erejéből jutott le a völgybe.



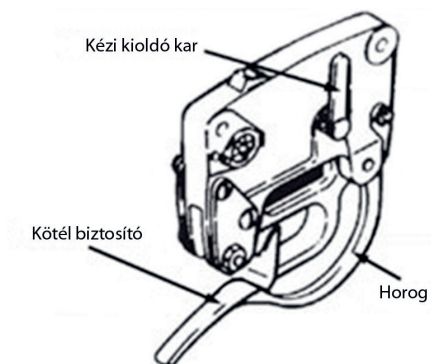
22. ábra: Állatok szállítása a levegőben

Forrás: BAKER 2021

A függesztett teherszállítás műszaki megoldásai

A helikopteres légi függesztett szállítás látszólag örökre a vietnámi háborúhoz kötődik, így könnyű elfelejteni, hogy valójában a második világháború után már Koreában is használták, és hogy Vietnám már csak a korábbi sikerek kiterjesztése volt. A helikopterekre kezdetben csak karabinerrel rögzítették a terheket, amelyet a földi kiszolgálószemélyzet kapcsolt fel és le. A repülés közben kioldás csak biztonsági funkciót látott el.

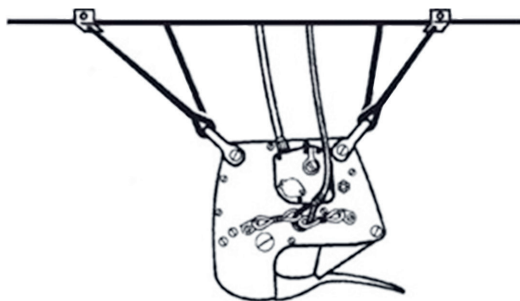
Az UH-1 Iroquois (Huey) helikopter 1956-ban repült először. Közel 16 000 darabot gyártottak belőle. A vietnámi háború legtöbb híradójában megjelent ez a típus. Erre az eszközre már kifejezetten a helikopterre tervezett szállítóhorgot építettek be (23. ábra), amelyet a fülkepadló aljára szereltek fel.



23. ábra: Az UH-1 helikopter szállítóhorga

Forrás: TM 4-48.09 2012: 2-4.

Az UH-1-nek nincs nyílása a kabin alján, így a személyzet nem látja horgot és a rakományt. Ezért a földi irányítónak és a földi személyzetnek oda kell figyelnie, mert az UH-1 teherhorgai nagyon korlátozzák a földi személyzet mozgását. A horgot általában elektromosan vagy manuálisan nyitja ki a repülőszemélyzet. A kézi kioldó kar a horgot bal oldalán található. Amennyiben a személyzet a kioldásban akadályozva van, akkor – vész helyzetben – a földi személyzet is elérheti a teheremelő horgot, és hátrafelé mozgatva a kart, a horgot kinyílik. A teheremelő horgot egyedi kialakítása miatt függesztő kötélként poliészter szálból szőtt, végtelenített (a szalag végeit önmagával varrják össze) szövethedvert kell használni. A HH-3F Pelican helikopternél a rakományhorgok ugyanazok, de maga a rakományhorog¹⁶ (horogszekrény) kötelekkel van rögzítve a helikopterhez (24. ábra). Négy kábel nyúlik ki a törzs alá a gép rögzítési pontjaitól a teher horgáig. A kvázi merev rendszerben a rakományhorog köteleken és kötél tárcsákon keresztül egy függesztő kerethez van rögzítve. A rakományhorgot általában elektromosan vagy manuálisan nyitja ki a repülőszemélyzet.



24. ábra: Kötélre rögzített horogszekrény

Forrás: TM 4-48.09 2012: 2-5.

A heveder vagy háló egység rakomány¹⁷-szerelvényei közvetlenül csatlakoztathatók a rakományhorgokhoz vagy egy oldható forgóhorgos függőheveder-szerelvényhez. A rakodórúd (pásztorhorg) kialakítású függőheveder-szerelvény (25. ábra) használata esetén a helikopter a teher felakasztásakor magasabban lebeghet a teher (talaj) felett. Így a teher felakasztása gyorsabban végrehajtható, és a helikopter magasabb elhelyezkedése nagyobb védelmet nyújt a teherkötöző csapat részre. A rakodórúd (pásztorhorg) lehet a szállítandó teher része, és egyes helikoptereknek lehet a szerelvénye. Ez utóbbi használata nem szünteti meg a földi kötöző személyzet szükségességét. A helikopterszemélyzet tagja a rúd segítségével veszi fel a horogszekrényt, amelynek másik vége csatlakozik a helikopter rakományhorgához.

¹⁶ A magyar szakterminológia a függő rakományhorgot horogszekrénynek nevezi.

¹⁷ Hálóba helyezett (jellemzően darabos) anyag, amely a háló sarkainál összefogott csúcsban emelhető fel.



25. ábra: Levehető forgó kampós függőheveder

Forrás: TM 4-48.09 2012: 2-1.

A rakodórúd egyik vége a helikopterhez kapcsolódik, a másik végén pedig a teher lóg. Ezt a rudat vagy a földi személyzet akasztja a helikopter aljára, vagy a helikopter szállítja magával és a földi kiszolgálószemélyzet akasztja a terhet a lelógó rúd végére.

A függesztett szállítás megjelent a katasztrófaelhárítási tevékenység ellátásánál is. Legtöbbször 1–2 m³ méretű, nagy szilárdságú PP- (polipropilén) zsákokat használnak ömlesztett anyagok szállítására. Az ömlesztett anyag szemcse nagyságának megválasztása a víz sodrásának erejétől függött. A homokot a szétmosódás elleni védelem érdekében kisebb egységekbe (zsákokba) helyezték el, és azzal töltötték fel a nagyobb zsákokat. A nyitott szájú zsákokat úgynevezett kutyalánccal (rövid póráz) kötik össze. A helikopterek veszélyes kilengéseinek csökkentése érdekében lehetőleg rövidebb köteleket alkalmaztak (26. ábra). Ennek azonban határt szabott a szűk helyre való teherleeresztés és a terhek helikopterre akasztásánál a ki-segítő személyzet biztonsága.



26. ábra: Rövid köteles megoldásnál egészen közel kell ereszkedni a talajhoz

Forrás: BILBO 2010

A hosszú köteles szállítás (27. ábra) elkerülhetetlen azokon a helyeken, ahol a környezeti építmények, műtárgyak vagy magasabb fák akadályozzák a cél megközelítését.



27. ábra: Hosszú köteles szállítás egy nehezen megközelíthető helyszínen

Forrás: BOREN 2015

Szinte az összes függesztett szállításnál (a hosszúköteles szállításnál mindenképpen) csak a terhet dobják le oly módon, hogy a kötél vagy kötelek a helikopteren maradnak (28. ábra). A ledobó horogszekrény, amely a terhet tartotta a kötél végén maradt.



28. ábra: Helibag zsák lerakása: (1) a zsák talajt ér, (2) a zsák kötele meglazul, (3) a kötél végén levő ledobó szerelvény a zsákot elengedte

Forrás: <https://sackmarket.co.uk/helibags-certified>

A kötél és teher együttes ledobására a helikopteren rendelkezésre áll egy biztonsági kioldó, de azt csak rendkívüli helyzetben használják.

Az így rendszerbe állított helikoptereket legtöbbször a megközelíthetetlen gátszakadások elzárásához vették igénybe. A szakadás növekedéséből és a várható árhullám idejéből, továbbá a rendelkezésre álló szállítási erőforrásokból meg lehetett becsülni, hogy a szakadás elzárása még vízszint-kiegyenlítés előtt befejezhető-e. Legtöbbször – még a reménytelen esetekben is – elvárás a zsákok gátszakadásba szállítása. A kötelességérzet számos esetben felülírta a lehetőségeket.

Auto-Loc Cargo Hook rendszer

Az Auto-Loc Cargo Hook rendszer (29. ábra) lehetővé teszi a helikopterpilóták számára, hogy teherkötöző személy nélkül rakományokat vegyenek fel.

A rakományhorg-rendszer két részből áll. Egy Auto-Loc rakományhorgból (amely a helikopter alján függ) és egy gömbfejű, összehajtható céltárgykapcsoló elemből, amelyet előre rögzítenek a rakomány kötélehez. A pilóta a horgot a célpontra irányítja, amely automatikusan összekapcsolja a rakományhorgot a céltárgykapcsoló elemmel, majd felemeli a rakományt a szállításhoz. A pilóta úgy oldhatja le a terhelést, hogy azt vagy a földre helyezi, vagy a levegőben már engedi. A fel- és lerakodási műveletek során nem kell földi személyzetnek közvetlenül jelen lennie.



29. kép: Auto-Loc Cargo Hook rendszer

Forrás: Onboard Systems–TALON Auto-Loc Cargo Hook System–Bing video

Amerikában biztonsági megfontolások miatt az elektrosztatikusan feltöltődött helikoptereket, mielőtt a teherhevedert vagy hálót ráakasztanák, le kell földelni (ki kell sütni), még akkor is, ha védőkesztyűt használnak. Annak elkerülése érdekében, hogy a földi személyzet áramütést (sokkot) kapjon ettől a statikus feltöltődéstől, egy sztatikus földelő pálcát használnak a helikopter elektrosztatikus kiegyenlítésére.

A hazai és a külföldi helikopteres függesztett szállítás különbségei

A hazánkban végrehajtott védekezési feladatoknál a zsákokkal és egyéb terhekkel együtt az emelő drótkötélet is ledobják. A drótkötél védelmi besorolása „többször felhasználható védelmi eszköz”, mert a drótkötél eredeti funkciója (fejlesztés célja) nem védekezési feladatok ellátása volt. Nem „egyszer” felhasználható anyag, mert nem fogy el, mint a fáklya. Műszaki felülvizsgálat alapján lehet (kell) a használhatóságot megállapítani.¹⁸ A védekezési rendszerben napjainkban több mint 1500 darab emelőkötél található.

Az emelőkötelek darabszámának meghatározása

A rendszerbe állított darabszám soknak tűnik. A darabszám növekedése abból eredt, hogy nem lehetett a hosszú idejű, az ország több területére kiterjedő árvizeknél megfelelő időben a drótköteleket összegyűjteni. Az 1000 kg-ot meghaladó Big-Bag zsákok ugyanis összekeveredve, átfordulva a köteleket maguk és egymás alá gyűrték. Az összegabalyodott kötélszák halmaz megbontásához munkagép vagy daru kellett, amelyek a területet megközelíteni nem tudják, hiszen ezért kellett a helikoptert igénybe venni. Azonban a védekezés megkövetelte az azonnali beszerzéseket, és a jelentős számban tönkrement drótköteleket is pótolni kellett.

Közismert, hogy bármikor lehet a korábbihoz hasonló árvízi helyzet, ezért a rendszerbe állított kötelek számát ilyen alkalmazási módszer esetében nem célszerű csökkenteni. Az első körben az ország területén a Big-Bag zsák ledobása biztonsággal végrehajtható. Ezért a kötelek tárolási helyének átcsoportosítása sem csökkenthetné a darabszámot.

Az emelőkötelek fenntartása és költségei

Jelenleg az előírások minden kereskedelmi forgalomból kikerült emelőeszközre, így a drótkötelekre is évenként végrehajtható terhelési próbát írnak elő. Ennek költsége a rendszerbeállított sok kötélmű miatt igen jelentős, például 2015-ben a becslések szerint 4 millió forintba került. A költségek legnagyobb része munkabér és a daru kiállása, továbbá üzemben tartása, kisebb része a rakodási és tárolási költség. Az igazgatóságoknál nincs ilyen magasságú daruzott műhelycsarnok. Az előírások szerint a terhelési próbát akkor is végre kell hajtani, ha a gyári új köteleket használat nélkül tároljuk ugyanúgy, mint a gyártónál és kereskedelmi forgalom idején (esetenként kedvezőbb helyzetben). A munkavédelmi hatóság nem adhat ki a terhelési próbákról mentességi engedélyt.

Az emelőkötelek ledobó kötélként való alkalmazásának műszaki gondjai

Az 1963 és 1985 közötti időben több mint ötször annyi szádlemezt használtak fel, mint az azt követő közel 40 évben. Csak 1965-ben 17 000 darab szádlemezt építettek be védekezés idején, így kellő tapasztalat állt rendelkezésre. A hosszúfoki szakadás szádlemezzel történt elzárása

¹⁸ Emelőgép Biztonsági Szabályzat kiadásáról szóló 47/1999. (VIII. 4.) GM rendelet.

után külön kiemelt 10 éves program indult a „gátszakadások elzárásainak fejlesztése” címszó alatt. Ennek egy töredéke volt az 1965-ben megkezdett kőzsákrakadások daruval és a helikopterről történő rakodás fejlesztésének tovább folytatása. A legnagyobb részt képezte a szádfalak kiépítésének gyorsítása vízről és szárazföldről.

Az igazgatóságok megkérdezése után az összefoglaló jelentésből kiderült, hogy nem a lemezverés gépi ideje a hosszú, hanem a kiszolgálási, beállítási idő és a nem tervezhető akadályok elhárításának ideje. Összességében a verési idő és kiszolgálási idő arány 10–30-szoros is lehetett a körülményektől függően. A nem tervezhető akadályok között szerepelt a szádlemezverés elakadása víz alatti és talajban levő akadályok miatt. Az elakadt szádlemezekkel való küszködés miatt a munka előrehaladása több órára fennakadt. Az elakadt, magasan kiálló lemez felső végébe a következő szádlemezt csak felülről lehet belefűzni, azonban kétszeres hosszúságra kinyúló daru sosem állt rendelkezésre. A sok kísérlet és késlekedés után legtöbbször az elakadt szádlemez lángvágóval történő levágása segítette a munka folytatását.

A közel száz éve alkalmazott fecskefark kapcsolódású meleg hengerelt szádlemezek mellett, amelyek csak felülről, a lemezek végéről fűzhetők össze, újra előtérbe került a „CS”¹⁹ hidegen hengerelt lemezek használata. Az ilyen szádlemez lazább (22 mm-es köralak) kapcsolódási kialakítása lehetővé teszi az oldalról befördítva történő összekapcsolást is.

És, hogy mik lehettek azok a szádlemez leverését megállító akadályok, amelyek részben indokolták az egész szádlemezverési technológia átgondolását? A gátak mentett és vízoldali lába között kijelölt munkaterületen vastagabb gyökerek és kövek nagyon ritkán fordultak elő. Kivéve, ha valamilyen műtárgyrombolódás volt a területen. Ezekon kívül a víz alatti iszapban rejtőző acélsodronyok is akadályozhatják a szádfalazást. Ezek a hajzásból és a munkavégzésből, továbbá egyes gépek vontatása miatt maradhattak a víz alatt és föld alatt. A fenti akadályok közül a drótkötél az, amely időnként tartósan megállíthatja védekezést. Kivételes szerencse, ha a szádlemez úgy nyomja egyre lejjebb és lejjebb a drótkötelet, hogy annak vége valahol felbukkan az iszap alól.

A tivadari gátszakadásnál történt meg, hogy a szádlemezverés megkezdése előtt a kötéllal együtt ledobott, kővel rakott zsákok a kivonszolásnál az összegabalyodott kötelek miatt szétszakadtak, a kövek szétszóródtak, azokat kézzel lehetett csak összeszedni. Egy, az iszapba nyomódott drótkötélről pedig csak a lemezverés során derült ki, hogy ott rejtőzik, és miatta állt meg a lemezverés. Ha az egymásra halmozott Big-Bag zsákokra kötözött drótkötelek nem csomózzák össze a zsákokat és köteleket, akkor azokat polipmarkolóval fentről lefelé haladva össze lehet szedni.

Befejezés

A bemutatott helikopteralkalmazások és -védekezések ismeretében jól látszik, hogy a hazai helikopteres védekezés technológiája elmaradt a külföldi műszaki kialakítástól. Az állatok és a robbanóanyagok szállítása esetében magától értetődő, hogy a kötéllal együtt történő

¹⁹ „CS” lemez a Csataszög faluban található gyártási helyről kapta a nevét.

lerakás, illetve ledobás nem alkalmazható. A zsákok szállítása esetében alkalmazható, csak előnytelen és gazdaságtalan. Amennyiben csak a zsákledobó eljárás lenne rendszeresítve, elég lenne annyi ledobó szerelvény (horogszekrény) és kötél, ahány helikopter a rendelkezésre áll. Az Auto-Loc Cargo Hook rendszer alkalmazása árvízi körülmények között „nem életszerű”. A megoldás bevezetése nem csökkentené, hanem növelné a fenntartási költségeket. Nem célszerű az ipari és kereskedelmi termékektől műszakilag jelentősen eltérő eszközökkel a védekezési rendszert tovább bővíteni.

További megválaszolandó kérdések: Alkalmasak-e a jelenleg hazai rendszerben meglévő helikoptertípusok a külső felfüggesztésű személyi mentésre és egyben – árvízvédekezés célú – nagytömegű terhek függesztett szállítására? Mely típusok felelnek meg erre a célra? Gazdaságos és gyorsabb-e ezeknek a rendszereknek az alkalmazása? Szükség van-e új eljárások kidolgozására, gazdaságosabb, többcélú helikoptertípusok beszerzésére, különös tekintettel a klímaváltozásból adódó árvízhelyzeti elvárásokra?

Irodalomjegyzék

- A szolnoki fejlesztés sikere (2013). *Új Néplap, Jász-Nagykun- Szolnok megyei napilap*, 24(133), 1–2.
- BAKER, Tim (2021): Sound of Moosic: Swiss Cows Airlifted off Mountain Pastures Ahead of Annual Parade. *SkyNews*, 2021. augusztus 27. Online: <https://news.sky.com/story/sound-of-moosic-swiss-cows-airlifted-off-mountain-pastures-ahead-of-annual-parade-12392637>
- BERTALAN István (1972): Helikopteres deszantosok. *Új Szó*, 26(215). Online: https://library.hungaricana.hu/hu/view/UjSzo_1972_09/?pg=123&layout=s&query=helikopteres
- BILBO, Tarell J. (2010): *National Guard Aviators from Five States Support Louisiana*. National Guard, (2010. június 7.). Online: www.nationalguard.mil/News/Article-View/Article/577343/national-guard-aviators-from-five-states-support-louisiana/
- BOREN, Cindy (2015): South Carolina Game Moved to LSU because of Flooding. *The Washington Post*, 2015. október 7. Online: www.washingtonpost.com/news/early-lead/wp/2015/10/07/south-carolina-game-moved-to-lsu-because-of-flooding/
- DORR, Robert F. (2022): The First Helicopter Rescue Where the Special Operations Combat Rescue Mission Began. *Defense Media Network*, 2022. június 21. Online: www.defensemianetwork.com/stories/first-helicopter-rescue/
- Emelőgép Biztonsági Szabályzat kiadásáról szóló 47/1999. (VIII. 4.) GM rendelet.
- Erster Lastenhubschrauber: Focke-Achgelis Fa 223. *Flugrevue*, 2018. január 21. Online: www.flugrevue.de/klassiker/erster-lastenhubschrauber-focke-achgelis-fa-223/
- Fortepan 185952. Online: <https://gallery.hungaricana.hu/hu/Fortepan/1534750/?list=eyJxdWVyeSI6IjJhdWd1c3p0dXMgMjAgaGVsaWtvcHRlcij9>
- GREY, Reg (2020): Tragedy in the Flood: Helicopter Rescue that Went Wrong. *Photo Time Tunnel*, 2020. február 22. Online: www.phototimetunnel.com/tragedy-in-the-flood-helicopter-rescue-that-went-wrong
- Igor I. Sikorsky Historical Archives (1945): *First Helicopter Civilian Rescue* 1945. november 29. Online: www.sikorskyarchives.com/Civilian_Rescue.php
- KELECSÉNYI István (2014): Mi-8-asok Magyarországon: keserédes évforduló. 1. rész. *Iho*, 2014. február 12. Online: <https://iho.hu/hirek/mi-8-asok-magyarorszagon-keseredes-evfordulo-1-resz-140211>
- OVF (2012): *Védekezési összefoglaló jelentés*. Budapest.

- PÁLL Géza – ELEK Emil (1970): Katonai helikopterek, kételtű járművek mentik az árvíz sújtotta lakosságot. *Kelet Magyarország*, 27(113), 113. 1–2. Online: https://library.hungaricana.hu/hu/view/KeletMagyarország_1970_05/?pg=108&layout=s&query=katonai%20helikopterek
- SWOPES, Bryan R. (2022): 29 November 1945. *This Day in Aviation*, 2022. november 29. Online: www.thisdayinaviation.com/29-november-1945/
- SZÜTS Andor (1918): A magyar Adria-kutatás és biológiai eredményei. *Természettudományi Közlöny*, 50(709–710), 613–629.
- TM 4-48.09 *Multiservice Helicopter Sling Load: Basic Operations And Equipment*. Washington, 2012. július. Online: https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/pdf/web/tm4_48x09.pdf

Bakos Tamás,¹  Kapusztta Bálint Gábor² 

A Magyar Honvédség új hídvető képessége – Leopard 2 Leguan

The New Bridge-laying Capability of the Hungarian Defence Forces – Leopard 2 Leguan

Az elmúlt években állandó sajtótéma a magyar haderő reformja, a Magyar Honvédség technikai fejlesztése. Mindenki, aki követi ezen eseményeket, tudatában van annak, hogy a katonai képesség fejlesztése technikai eszközök modernizációját vagy beszerzését vonja maga után, amely technikai eszközök további kiszolgáló, karbantartó beszerzéseket is igényelnek. Viszont egy adott szakterület képességfejlesztése több más szakterület képességeivel van szoros függésben, melyek rendszerét már csak a katonai pályán szolgáló szakemberek látják át. Ennek a fejlesztési rendszernek egyik ága, az új beszerzésű harckocsik műszaki támogatásához kapcsolódó technikai fejlesztések végrehajtása, ezen belül az új harckocsik mozgástámogatásának eszköze, a Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi.

Kulcsszavak: *műszaki támogatás, mozgásbiztosítás, harckocsi, hídvető képesség*

In recent years, the reform and the technical development of the Hungarian Defence Forces have been a constant topic of press. Everyone who follows these events is aware that the development of a military capability involves the purchase of technical equipment, which technical equipments also require additional service and maintenance purchases. However, the skill development of a specific field is closely dependent on the skills of many other fields. One of the branches of this development system is the implementation of technical developments related to the technical support of newly acquired tanks, including the purchase of the Leopard 2 LEGUAN bridge-laying tank.

Keywords: *military engineer support, movement support, tanks, bridge-laying capability*

¹ Tanársegéd, Nemzeti Közszerzői Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Művelési Támogató Tanszék, e-mail: bakos.tamas@uni-nke.hu

² Oktató, MH Altiszti Akadémia, e-mail: kapusztta.balint@mil.hu

Bevezetés

A katonai műveletek műszaki támogatásának alapelvei évtizedek óta nem változtak. Céljuk mai napig az, hogy támogassák a saját csapatainkat mozgásuk végrehajtásában és a lehetőségeket kihasználva fokozzák túlélőképességüket, valamint akadályozzák az ellenséges erők mozgását. E célok hatékony megvalósítása a műszaki csapatok magas szintű kiképzettségén, a műszaki katonák szaktudásán felül speciális műszaki technikai eszközök, gépek, felszerelések meglétét és azok szakszerű kezelését igényli.

A gyors és korlátlan mozgás- és manőverszabadság megteremtése és folyamatos fenntartása jogos igény a harcoló csapatok részéről.³ Hatékony működése nagyban befolyásolja a műveletek végrehajtásának sikerét, de maga a végrehajtás is sok tényezőtől függ:

- műveletek jellege;
- csapatok adott művelethez kapcsolódó manővereinek és mozgásának tervezett mennyisége;
- saját csapatok felszereltsége, technikai eszközeik száma, tulajdonságaik;
- ellenséges erők tevékenysége, technikai felszereltsége;
- műveleti terület, terep jellege;
- időjárás, évszak, napszak.

Természetesen az imént nagyvonalakban felsorolt tényezőktől való függés csökkenthető, és így a végrehajtás hatékonysága növelhető a képzések, kiképzések hatékonyságának fokozásával, a technikai eszközök modernizációjával is. Vagyis a modern haditechnikai eszközökkel felszerelt, jól kiképzett csapatok műveleteit csak akkor képesek a műszaki alakulatok hatékonyan támogatni, ha rendelkeznek olyan technikai eszközökkel, amelyek képesek azokat követni, kielégítik a harcoló csapatok technikai igényeit, illetve rendelkeznek e technikai eszközöket magas szinten kezelni képes szakemberekkel és a műveletek hatékony műszaki támogatását átlátó vezetőkkel.

Ez a publikáció nem vizsgálja részletesen ezen összefüggéseket, de fontos kiemelni, hogy a Magyar Honvédség haderőfejlesztési programja keretében beszerzett új Leopard 2 nehéz harckocsik és a PzH 2000 önjáró lövegek elvárt szintű műszaki támogatását a korábban rendszerben lévő hídvető és műszaki mentő technikai eszközök, azok műszaki korlátai miatt nem képesek ellátni. Nemcsak az eltérő méretek és az új eszközök nagyobb tömege, hanem a modern irányítási-vezetési rendszerek kompatibilitása is szükségessé tette az új műszaki technikai eszközök beszerzését.

Jelen cikkünk a fent bevezetett szakterületből kiragadva, kifejezetten a rohamhidak csoportjába tartozó Leopard 2 Leguan hídvető harckocsit vizsgálja, összehasonlítást adva a korábbi, rendszeresített eszközökkel.

³ MH Szárazföldi Vezérkar Műszaki Főnökség 2000.

A rohamhidak, hídvető harckocsik helye, szerepe

A hídvető harckocsikat az átkelő-, ezen belül a hídepítő eszközökhöz sorolhatjuk, a főbb műszaki feladatok közül elsődlegesen a saját csapatok mozgás- és manővertámogatása kapcsán van jelentőségük.⁴ Amennyiben már nem lehet a meglévő hidakat igénybe venni, a különböző vízi vagy egyéb áthidalandó akadályok leküzdése a legtöbbször átkelőhelyek létrehozásával valósul meg. Az átkelőhely típusa nagyban függ az áthidalandó akadály természetétől, tulajdonságaitól, mint áthidalandó távolság, akadály mélysége, partviszonyai, megközelíthetőség, vízmennyiség, vízsebesség, de figyelembe kell venni az ellenséges erők helyzetére, tevékenységére vonatkozó tényezőket is.

A rohamhidak a keskeny – általában a 40 métert meg nem haladó – szélességű akadályok igen gyors, akár pár perc alatt történő leküzdésére alkalmazhatóak, közvetlenül az ellenséges erők tűzhatása alatt, vagyis erőszakos leküzdés esetén is. A rohamhidakra jellemző, harctéri körülmények között is gyors és egyszerű telepíthetőség hatékony mozgástámogatást ad a saját csapatok részére, előrehaladásuk ütemében. Felépítésük jellemzően harckocsi alvárra épített, speciális mobil hídelemekből áll. A rohamhidak, hídvető harckocsik megjelenése szinte egyidős a harckocsi megjelenésével, illetve a hídvető harckocsik fejlődése végigköveti a harckocsik fejlődését is.

A BLG-60M hídvető harckocsi

A hídvető harckocsi alapgépét egy T-55 típusú közepes harckocsi módosított, torony nélküli alváza adja. Erre van rászerezve az ollószerűen szétnyitható és telepíthető hídszerkezet, valamint a hídszerkezetet működtető hidraulikus és elektronikus berendezések (1. ábra).⁵



1. ábra: BLG-60M hídvető harckocsi

Forrás: Harckocsi.com. BLG-60 harckocsi híddal

⁴ SZABÓ 2012.

⁵ Honvédelmi Minisztérium 1979.

Az alapgép mozgékonyságában, páncélvédelmében megegyezik a T-55 harckocsiéval. A hajtásról V-55 típusú, négyütemű, 12 hengeres, közvetlen befecskendezésű, vízhűtéses, 426 kW (580 Le) teljesítményű dízelmotor gondoskodik. Maximális sebessége 38 km/h, hatótávolsága 450 km. Kezelőszemélyzete két főből: egy parancsnokból és egy vezetőből áll.⁶

1. táblázat: BLC-60M rohamhíd főbb harcászati adatai

Áthidalható akadály szélessége	maximum 19 m
Híd szélessége	3,27 m
Híd súlya	6,7 t
Híd teherbírása	50 t
Híd telepítési ideje	3 perc
Híd visszatelepítési ideje	4 perc

Forrás: Honvédelmi Minisztérium 1979

Ez a típusú hídvető harckocsi alkalmas a Magyar Honvédségben jelenleg rendszerben lévő T-72 típusú közepes harckocsik műszaki támogatására.

A Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi

Németország haderejének Leopard 2 harckocsijaihoz szükséges volt a kompatibilis hídvető harckocsi kifejlesztése. Megrendelésére a MAN-Mobile Bridges GmbH megépítette a Leopard 2 harckocsi alvázra helyezett 3 db 9,7 m-es rohamhídból álló Panzerschnellbrücke 2 hídvető harckocsit (2. ábra). A Panzerschnellbrücke 2 különlegessége a moduláris rendszer, amely lehetővé teszi a terepviszonyokhoz való alkalmazkodást. A három 4 m széles hídmodul egyenként 9,70 m hosszú, így 3 × 9,70 m, 1 × 9,70 m és 1 × 18,70 m vagy 1 × 27,70 m fektethető le. Teherbírása páncélozott járművek esetében MLC 70, kerekes járművek esetében pedig kivételes terhelésként MLC 100. Az itt használt hídvető rendszer – a hídmezők méretei és a hosszú telepítési idő miatt – viszont nem minősült elég korszerűnek.⁷



2. ábra: Panzerschnellbrücke 2 hídvető harckocsi

Forrás: www.panzerbaer.de/types/bw_pzschnbr_2-a.htm

⁶ SZABÓ 2012.

⁷ Lásd: www.panzerbaer.de/types/bw_pzschnbr_2-a.htm

A Leguan hídrendszert már 1996-ban is alkalmazták az amerikai–német közös fejlesztésű M104 Wolverine hídvető harckocsi prototípusán.⁸

A KNDS belga székhelyű, német–francia anyavállalathoz kötődő, német Krauss-Maffei Wegmann (KMW) vállalatcsoport, amely magába olvasztotta a korábbi MAN-Mobile Bridges GmbH-t is, tervezte és gyártotta le végül az ugyancsak Leopard 2 alapgépre szerelt fejlesztett Leguan hídvető rendszert.

A Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi a Biber/Beaver hídvető harckocsi továbbfejlesztett változata. A Biber hídvető torony nélküli, módosított Leopard 1 harckocsi alváz a rászertelt híd- és az azt működtető szerkezettel. A Biber hídvető harckocsi 1970-ben állt rendszerbe a német haderőnél, amelyről az évek alatt számos alkalommal bizonyosodott be, hogy kiváló és remekül használható eszköz. A Leopard 2 harckocsi család megjelenésével a Biber hídvetők már nem feleltek meg az új hadművelleti-harcászati követelményeknek. A híd teherbírása és a Leopard 1 alváz manőverező képessége sem volt elegendő a Leopard 2 harckocsikkal való kompatibilis alkalmazáshoz.

A kompatibilitási probléma megoldásának érdekében a MAN-Mobile Bridges GmbH megépítette a Panzerschnellbrücke 2 típusú hídvető harckocsit, amely már a Leopard 2 harckocsi alvázra helyezett 3 db 9,7 m hosszúságú rohamhídból állt. Az alkalmazott hídvető rendszer a hídmezők mérete és a hosszú telepítési idő miatt kevésbé minősül korszerűnek, mint a moduláris Leguan hídrendszer.

A problémára a megoldást az akkor még különálló KMW és a MAN-Mobile Bridges GmbH vállalatok által tervezett és gyártott Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi jelentette.

A Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi egy korszerűsített torony nélküli Leopard 2 harckocsi alvázból, és az erre szerelt moduláris Leguan hídvető rendszerből épül fel, amely rendszert már a Biber hídvető harckocsiknál alkalmazták, de annak teherbírását megnövelték.

Az eszközt 2009-től kísérleti jelleggel használták a Bundeswehr kötelékeiben, ezek után számos nemzet haderejében rendszeresítették.

A gyártó már a tervezés során ügyelt arra, hogy az új eszköz megfeleljen a német, valamint a megrendelő nemzetek igényeinek. Követelmény volt, hogy eleget tegyen a NATO-elvárásoknak, és kompatibilis legyen más nemzetek eszközeivel, mivel számos nemzet – például Németország, Törökország, Norvégia, Görögország stb. – használja a Leopard harckocsicsaládot, valamint a Leguan-rendszert.⁹

Alapvető tulajdonságait – védetség szintje, mobilitása – tekintve megegyezik a Leopard 2 A5 harckocsival. Ezzel biztosítva van a jármű kezelői számára az ellenséges tűz- és ABV-fegyverekkel szembeni megfelelő szintű védelem. A páncélzat a várható feladatok függvényében modifikálható.¹⁰

A kezelőszemélyzet két főből áll: egy parancsnokból – vagy más néven kezelő, aki a hídvető-rendszer irányításáért felelős – és egy járművezetőből. A vezető helye ugyanott található, mint a Leopard 2 harckocsinál, a parancsnok helye azonban – mivel a torony helyére kerültek a hídelemek – átkerült a vezető bal oldalára.

⁸ SZABÓ 2012.

⁹ Lásd: <https://bit.ly/4055Xiu>

¹⁰ Lásd: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

A hídvető ugyanazt az erőforrást használja, mint a Leopard 2 harckocsi, egy négyütemű, 12 hengeres, turbófeltöltésű, folyadékűtéses, 1496 lóerős MTU MB 873 Ka-501 típusú dízelmotort. A Leopard 2 harckocsihoz hasonlóan a lánctalpas járószerkezet magában foglal oldalanként hét dupla gumifelületű futógörgőt, elöl egy szabadon futó láncceszítő kereket, és hátul a meghajtott csillagkereket, valamint egy gumibetétes fém lánctalpat. A felfüggesztését torziós rugókkal oldották meg. Ezeknek köszönhető, hogy a hídvető harckocsi megfelelő mozgékonyással és terepleküzdő képességgel rendelkezik, és hogy a műveletek során képes a Leopard 2 harckocsikkal együtt manőverezni. Maximális sebessége 65 km/h, hatótávolsága 400 km.¹¹

A hídvető harckocsi számos kiegészítővel rendelkezik, a kezelőszemélyzet munkájának megkönnyítése, valamint a védelem fokozása céljából. A korszerű távolságmérő műszernek, termikus képalkotó-, valamint CCD-kamerarendszernek köszönhetően éjszaka vagy rossz látási viszonyok között is alkalmazható az eszköz. A magas szintű automatizálás és a grafikus felhasználói felület lehetővé teszi, hogy a hídvetés és a visszatelepítés zárt körülmények között, a kezelőszemélyzet egy tagja által végrehajtható legyen.

A Leopard 2 Leguan alapfelszereltsége tartalmaz kollektív ABV-védelmi rendszert, fűtési, hűtési rendszert, tűzoltó rendszert, elektromos vízszivattyúkat a fenékrészen, továbbá egy menekülőnyílást a vezetőhely alsó részén.

Az önvédelmi képesség fenntartása érdekében 7,62 mm űrméretű géppuskával van ellátva.

A hídvetőhöz tartozik egy előre szerelhető tolólap, amelynek funkciója a hídvetés területének megtisztítása, akadálymentesítése, illetve a jármű helyzetének stabilizálása a híd telepítése során. Utólagos felszerelési készletként burkolólapok, korlátok és terhelés mérésére szolgáló eszközök is rendelkezésre állnak, kiterjesztve a hidak képességprofilját polgári járművek forgalma számára is.¹²

A moduláris Leguan hídvető rendszer

A KMW-vállalatcsoport által fejlesztett Leguan hídvető rendszer már az 1980-as évek óta folyamatosan fejlődött, modernizálódott, teherbírása javult.

Moduláris rendszerű, vagyis könnyedén átszerelhető, többféle hídkészlettel kompatibilisen alkalmazható. A műveleti terület függvényében eldönthető, hogy kisebb vagy nagyobb hosszúságú hídelemekre van szükség, ennek okán a Leguan-hidakat több méretben gyártják és forgalmazzák.

A Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi esetében kétféle hídkészlet alkalmazható. Egy két részből álló, összekapcsolható, összesen 26 m hosszúságú rohamhíd (3. ábra), illetve egy rohamhídkészlet, amely két darab, egymástól külön álló, 14 m hosszúságú hidat tartalmaz (4. ábra). A hídelemek tömegének csökkentése érdekében a szegmensek speciális, nagy teherbírású alumíniumötvözetből készültek.

¹¹ Lásd: <https://bit.ly/4055Xiu>

¹² Lásd: <https://bit.ly/4055Xiu>



3. ábra: Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi 26 m-es híddal

Forrás: www.joint-forces.com/defence-equipment-news/28089-first-leguan-bridge-layers-for-netherlands



4. ábra: Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi 2 db-os hídkészlettel

Forrás: www.joint-forces.com/defence-equipment-news/28089-first-leguan-bridge-layers-for-netherlands

A Leopard 2 Leguan hídvető harckocsinál használt rohamhidak teherbírása megfelel MLC80 besorolásnak, amely alapján a híd nagyjából 80 t – lánctalpas járművek esetén 72,6 t, kerekes járművek esetén 83,5 t – teherbírásig terhelhető. Speciális rendszabályok betartásával és megfelelő előkészületek mellett megfeleltethető MLC110 besorolásnak is, bár a legtöbb NATO-tagországban alkalmazott eszközök maximum az MLC70 osztályba tartoznak.¹³

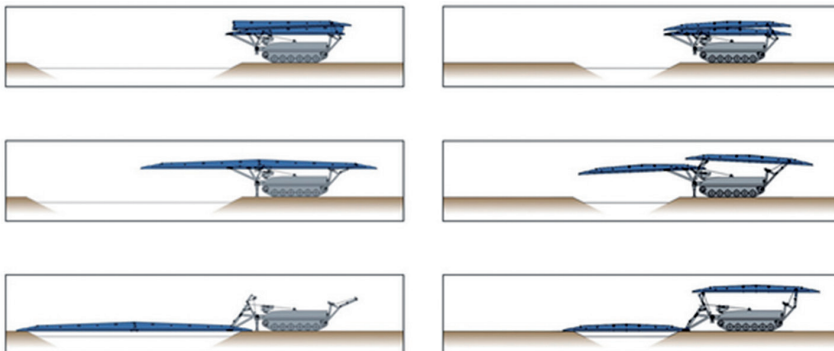
A gyártó adatai szerint a hidak képesek 10 000 db, a teherbírású besorolásnak megfelelő súlyú eszköz átkelését biztosítani a nagyjavítási ciklusig.¹⁴

A hídvetés mindkét hídvariánsnál az úgynevezett „kitolós” – vagy más néven horizontális – telepítési móddal zajlik. Ennél a telepítési módnál, a harctéri körülmények között, jóval kisebb a felfedés esélye, mint a gyakrabban alkalmazott úgynevezett ollós telepítési rendszer-nél. Mivel ennél a módnál a telepítésre kerülő hídmezők nem emelkednek a magasba, a jármű legmagasabb pontja fölé, a telepítés során a jármű sziluettjéből sem látszódik több. Ebből

¹³ Lásd: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

¹⁴ Lásd: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

adódóan kisebb az ellenséges célfelderítés és az esetleges tűzvetés hatékonysága, tehát következtetésként levonható, hogy ez a telepítési mód biztonságosabb, mint az ollós módszer.



5. ábra: A 26 m-es és a két 14 m-es híd telepítése

Forrás: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

A 26 m hosszúságú rohamhíd telepítésének mozzanatai a következők:

- a menetben lévő hídvető megáll az akadálnál, majd megkezdi a telepítést;
- mivel a híd két szegmensből áll, először előretolja az alsó szegmenst, majd közepén összeilleszti azokat;
- az összekapcsolt szegmensekből alkotott hidat az akadály fölé tolja;
- végül a hidat leteszi úgy, hogy az érintkezzen az akadály két partjával (5. ábra).

A telepítést követően végrehajtható az átkelés. A híd visszatelepítése a hídvetés fordított sorrendjében zajlik.¹⁵

2. táblázat: Leguan (26 m hosszúságú rohamhíd) főbb harcászati technikai adatai

Áthidalható akadály szélessége	maximum 24 m
Híd szélessége	4 m
Híd magassága	1,1 m
Híd súlya	11 t
Híd teherbírása	MLC80
Híd telepítési ideje	6 perc
Híd visszatelepítési ideje	8 perc

Forrás: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

A 14 méter hosszúságú rohamhíd telepítésének mozzanatai a következők:

- a menetben lévő hídvető megáll az akadálnál, majd megkezdi a telepítést;
- a hídvető az akadály fölé tolja az egyik 14 méteres hidat;
- leteszi a hidat úgy, hogy az érintkezzen az akadály két partjával (5. ábra).

¹⁵ Lásd: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

A telepítést követően végrehajtható az átkelés. A híd visszatelepítése itt is a hídvetés fordított sorrendjében zajlik.¹⁶

3. táblázat: Leguan 14 m hosszúságú rohamhíd főbb harcászati adatai

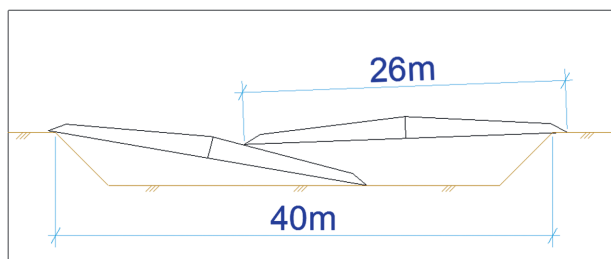
Áthidalható akadály szélessége	maximum 12 m
Híd szélessége	4 m
Híd súlya	5,5 t
Híd teherbírása	MLC80
Híd telepítési ideje	5 perc
Híd visszatelepítési ideje	7 perc

Forrás: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

A 26 m és a 14 m hosszúságú hidakat egymással kombinálva is lehet telepíteni, így 24 méternél nagyobb akadályok is leküzdhetők több rohamhíd alkalmazásával. Ezt nevezik a hidak több-elemű vetésének. A gyártó adatai szerint a hidak több-elemű vetésével leküzdhető akadályok:¹⁷

- 2 db 26 m hosszúságú híd összetételével maximum 40 m szélességű akadály küzdhető le (6. ábra);
- 1 db 26 m és 1 db 14 m hosszúságú híd összetételével maximum 32 m szélességű akadály küzdhető le;
- 2 db 14 m hosszúságú híd összetételével maximum 20 m széles akadály küzdhető le.

Akár három híd összetételével is lehetséges, még szélesebb akadályok leküzdése, ez például 26 m hosszúságú rohamhidak használatával 52–60 m szélességű akadály leküzdését jelenti.



6. ábra: 24 méternél szélesebb akadály leküzdése két rohamhíd vetésével

Forrás: a szerzők szerkesztése

A Leguan hídrendszert nem csak rohamhidak esetében alkalmazzák. A hídrendszer tehergép-járművekre szerelve is alkalmazható kísérőhídként (7. ábra), továbbá kiegészítő felszereléssel ellátva áthajózási kompként is használható (8. ábra).¹⁸

¹⁶ Lásd: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

¹⁷ Lásd: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

¹⁸ Lásd: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/



7. ábra: Leguan hídrendszer tehergépjárművön

Forrás: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/



8. ábra: Leguan híd alkalmazása áthajózási kompon

Forrás: www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

A Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi sokoldalú és megbízható használhatóságát az is bizonyítja, hogy már számos nemzet fegyveres erőinél – például Svédország, Finnország, Svájc, Németország, Hollandia – áll hadrendben.¹⁹

Tulajdonságaiból adódóan jól alkalmazható a konvencionális hadviselés körülményei között, magas intenzitású műveletekben egyaránt, illetve akár katasztrófavédelmi és polgárvédelmi feladatokban is.

Következtetés

A Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi rendszerbe való felvételénél az egyik kiemelt szempont volt a nagyobb teherbírás, a korábnál nagyobb tömegű új eszközök műszaki támogatásának kielégítése okán.

A korszerű technikai eszközök beszerzése egyéb előnyökkel is jár a műveleti képességek terén. A Leopard 2 Leguan moduláris felépítése és a különböző kiegészítő felszerelések sokoldalúbb felhasználást tesznek lehetővé, mint a korábban rendszeresített hasonló eszközök.

¹⁹ Lásd: www.joint-forces.com/defence-equipment-news/28089-first-leguan-bridge-layers-for-netherlands

Más technikai eszközökkel való kompatibilitása, manőverezőképessége, mozgékonyága, páncélvédettsége jóval a korábbi technikai eszközök fölé emeli. Bár a telepítési és visszatelepítési idő minimálisan elmarad a BLG-60M típusától, a vízszintes telepítési technológia jóval nehezebb felderíthetőséget eredményez.

A számtalan előny mellé természetesen rengeteg kompromisszum is kapcsolódik. A Leopard 2 Leguan hídvető harckocsi tömege, mérete jóval nagyobb a korábban rendszerben lévő eszközökénél, így a közúti szállítása, közlekedése más, nagyobb felkészültséget és eltérő technikai háttérrel igényel. Az új technikai eszközök technikai kiszolgálása és karbantartása szinte összehasonlíthatatlan a korábbi eszközökével, mind a helyszínt, mind a szükséges logisztikai és szakmai háttérrel figyelembe véve, amelyek újabb fejlesztéseket, beszerzéseket tesznek szükségessé.

Mindezeket figyelembe véve, a legmodernebb technikai eszközök beszerzése magával kell hogy vonzza a kapcsolódó szakterületek fejlesztését, a támogató rendszer fejlesztését, a katonák, kezelőszemélyzet kiképzését, így összességében a Magyar Honvédség új képességekre tesz szert.

Irodalomjegyzék

Honvédelmi Minisztérium (1979): *A BLG-60M típusú hídvető harckocsi leírása, kezelési és karbantartási szakutasítása Mű/249*. Budapest.

MH Szárazföldi Vezérkar Műszaki Főnökség (2000): *Műszaki támogatás: doktrína tervezet*. Budapest.

SZABÓ Sándor (2012): A NATO országok korszerű műszaki technikai eszközei és felszerelése I. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(1), 18–37.

<https://bit.ly/4055Xiu>

www.harckocsi.com/hu/jarmulista/blg-60-hidveto-harckocsi-hiddal

www.joint-forces.com/defence-equipment-news/28089-first-leguan-bridge-layers-for-netherlands

www.kmweg.com/systems-products/tracked-vehicles/bridges/leguan/

Somogyi Tamás,¹  Nagy Rudolf² 

Az európai uniós pénzüintézetek létesítménybiztonsági gyakorlatának vizsgálata egy tűzvédelmi felmérés tükrében

Examining the Facility Safety Practices of EU Financial Institutions in the Light of a Fire Safety Survey

Mindennapi életünk olyan technológiákon és eszközökön nyugszik, amelyek mögött az infrastruktúra sokszor rejtve marad előttünk. Pedig ezen infrastruktúrák némelyike létfontosságú szolgáltatásokat nyújt: kiesésük következményei emberéletek elvesztésén túl gazdasági, társadalmi, politikai területen is jelentkehetnek. A létfontosságú létesítmények védelmének területe ezért kiemelten fontos, azt folyamatosan fejleszteni kell, ideértve annak részét, a tűzvédelmet is. Cikkünk célja szakirodalmi és jogszabályi hivatkozás alapján a hatékony tűzvédelem nélkülözhetetlen részeként azonosítani és bemutatni létesítményi infrastruktúra esetén a teljes életciklusban való gondolkodást és a korszerű informatikai eszközök használatát. Ezekhez kapcsolódóan közzétesszük az Európai Unió tagállamaiban működő pénzüintézetek körében végzett kvantitatív kutatásunk eredményét. Következtetéseink és jövőbe mutató javaslataink kiindulópontot jelenthetnek további kutatások számára, valamint támpontot adhatnak létfontosságú rendszerek és létesítmények üzemeltetői mellett egyéb infrastruktúra-üzemeltetők, felügyeleti szervek, auditorok és jogszabályalkotók számára is.

Kulcsszavak: létfontosságú rendszerelem, kritikus infrastruktúra, tűzvédelem, biztonság, épület teljes életciklusa, informatikai eszközök

¹ Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, e-mail: somogyi.tamas@phd.uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet, e-mail: nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu

Our daily lives rely on technologies and devices whose underlying infrastructure is often hidden from us. Yet some of these infrastructures provide vital services: the consequences of their failure can be economic, social, political and not just loss of life. The protection of critical installations is therefore a key area that needs to be constantly improved, including fire protection. The aim of this article is to identify and demonstrate, on the basis of literature and legislative references, the need for life-cycle thinking and the use of modern IT tools in the case of facility infrastructure as an essential part of effective fire protection. In this context, we publish the results of our quantitative research among financial institutions in the Member States of the European Union. Our findings and forward-looking recommendations can provide a starting point for further research and can also provide guidance for infrastructure operators, supervisors, auditors and legislators, as well as operators of critical systems and facilities.

Keywords: *critical system element, critical infrastructure, fire protection, security, building life cycle, IT tools*

Bevezetés

Mai életünket meghatározó módon átszövi az infrastruktúra jelenléte és szolgáltatásai, fontosságukra gyakran csak hiányuk, kiesésük esetén döbbenünk rá. A szakirodalomban több meghatározás is fellelhető, azonban általánosságban elfogadott, hogy az infrastruktúra létesítmények, intézmények, eszközök és személyek olyan összekapcsolódása, amely lehetővé teszi anyagi javak termelését és fogyasztását a gazdaság minden területén, valamint hozzájárul az ország hatékony működéséhez, fejlődéséhez.³ Ahogyan a 2012. évi CLXVI. törvény 1. § j) pontja megfogalmazza, az infrastruktúra egyes elemei létfontosságúak, mivel „elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához – így különösen az egészségügyhöz, a lakosság személy- és vagyónbiztonságához, a gazdasági és szociális közszolgáltatások biztosításához, az ország honvédelméhez, – és amelynek kiesése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna”.⁴ Figyelembe véve az európai integrációt és határokon átnyúló szolgáltatásokat, a Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) megkülönbözteti a nemzeti létfontosságú rendszerelemet és az európai létfontosságú rendszerelemet.⁵ Ez utóbbi kiesése ugyanis legalább kettő EGT-tagállamra lenne jelentős hatással.

Az ilyen potenciálisan jelentős hatású eseményekre való felkészülés és lehetőség szerinti megelőzés fontosságát felismerve, a jogszabályalkotók ezeket a feladatokat a katasztrófavédelem professzionális⁶ és önkéntes szereplői feladatrendszerének részévé tették hazánkban,⁷

³ ABONYINÉ 2007.

⁴ 2012. évi CLXVI. törvény.

⁵ 2008/114/EK tanácsi irányelv.

⁶ SCHWEICKHARDT 2018.

⁷ LAKATOS 2022.

valamint az Európai Unió más tagállamaiban is.⁸ Ezenkívül a felkészülés kérdésének fontossága az Európai Unió vezetésének szintjén is jelen van, lásd például: *Zöld könyv a természeti és ember okozta katasztrófák biztosításáról*.⁹

A kritikus infrastruktúrát fenyegető veszélyek között kiemelt helyen kell említenünk a tüzet. Vitathatatlan, hogy a tűz az emberiség kezdete óta egészen napjainkig velünk van és hasznos,¹⁰ az életben maradásunkhoz elengedhetetlen, azonban az egyébként is pusztító képességű tüzet a klímaváltozás, az urbanizáció és a népességnövekedés még veszélyesebbé teszi.¹¹ Az Allianz nemzetközi biztosító társaság felmérése szerint a tűz kockázata egyike a tíz legnagyobb üzleti kockázatnak, mivel a tűz okozza – globálisan mérve – az egyik legtöbb szakadást a szolgáltatások folytonossága tekintetében.¹² A szolgáltatások kiesése mellett az anyagi kár is jelentős lehet tüzeset következményeként: 2009 és 2014 között az Egyesült Királyságban 1 milliárd angol font veszteség és körülbelül 5 ezer munkahely elvesztése írható tüzesetek számlájára.¹³ A fejlett országokat nézve, évente átlagosan a GDP 1%-át teszik ki a tűzkárok.¹⁴

Kritikus infrastruktúra tűzvédelmekor az ártó szándékú, szándékos tűzokozásra is gondolni kell. Egyfelől, bár a tűzgyegek megjelenési formája időben változik, az alkalmazása továbbra is jelentős.¹⁵ A tűz fegyverként történő használatára ad példát, ahogyan 1991-ben az iraki hadsereg felgyújtotta a kuvaiti olajkitermelő infrastruktúrát.¹⁶ Másfelől kritikus infrastruktúrában gyújtogatással kárt okozni nem csak idegen hadsereg tud, hiszen a terroristák mára felismerték a tűz fegyverként való használatában rejlő lehetőségeket, például vegetációs tűz okozásával.¹⁷ Továbbá kritikus infrastruktúrát veszélyeztető ártó szándékú cselekmények között említhető a társadalmi eredetű esemény,¹⁸ amire példa lehet olyan zavargás, amely során gyújtogatásra is sor kerül. Látható tehát, hogy a tűzvédelem lényeges része a biztonság, az infrastruktúra-védelemnek, különösen pedig a kritikus infrastruktúra védelmének. Mind-ebből fakadóan esszenciális a megfelelő szintű, hatékony tűzvédelem biztosítása, amelynek két fontos eleme jelenik meg a következőkben.

Kutatási háttér és módszer

Hazánkban a már említett 2012. évi CLXVI. törvény létfontosságú rendszerként határozza meg a pénzügyi ágazat pénzügyi eszközök kereskedelmi, fizetési, valamint klíring- és elszámolási infrastruktúráit, továbbá a bank- és hitelintézeti biztonságot, valamint a készpénzellátást.¹⁹

⁸ KERSÁK–MUHORAY 2021.

⁹ *Zöld könyv a természeti és ember okozta katasztrófák biztosításáról*. 2013.

¹⁰ SCOTT 2020.

¹¹ MCNAMEE et al. 2019.

¹² Allianz 2022.

¹³ Centre for Economics and Business Research 2014.

¹⁴ The Geneva Association 2014.

¹⁵ NAGY 2022.

¹⁶ MOGER 2021.

¹⁷ BESENYŐ 2017.

¹⁸ BONNYAI 2019.

¹⁹ 2012. évi CLXVI. törvény.

A pénzügyi szektor főbb szolgáltatásainak kiesése hazánk mellett az Európai Unió többi tagállamában is fenyegeti a gazdasági, társadalmi és politikai stabilitást, így kijelenthető, hogy a szolgáltatásait biztosító infrastruktúrája kritikus.²⁰

Az Európai Unióban működő bankok körében végeztünk kérdőíves felmérést (1. ábra) 2022 első félévében. Kvantitatív kutatásunk célja felmérni a hatékony tűzvédelem egyes elemeinek gyakorlatban való megjelenését, és az eredmény tükrében javaslatot tenni a további lehetséges fejlődési irányokra. A kérdőíves felmérést tíz bank illetékesének küldtük el. A válaszadás 100%-os volt, és mind a tíz kitöltött kérdőív eredményesen feldolgozható volt. A pénzüzetek e száma és országokénti eloszlása lehetővé teszi a könnyű összehasonlítást hazai és külföldi csoportosítás szerint. A kérdőív angol és magyar nyelven készült el. Az előre megfogalmazott válaszok mellett megjegyzést, magyarázatot is adhattak a válaszadók, pontosítva vagy kiegészítve a válaszukat.

Elkerülendő az esetleges vállalati érdeksérelmet és tiszteletben tartva a pénzüzetek üzleti titkát, a kutatás eredményét anonim módon ismertetjük. Határozott szándékunk szerint sem a kutatási eredményből, sem megállapításainkból nem lehet következtetni a válaszadó pénzüzetek nevére.



1. ábra: Felmérésünkben részt vevő bankok országokénti megoszlása

Forrás: a szerzők szerkesztése

A hatékony tűzvédelem

Bár a 64-es római vagy 1666-os londoni tűzvészhez mérhető pusztítás valószínűsége ma már igen csekély,²¹ az vitathatatlan, hogy a tűz terjedhet épületek között is, ami tovább növeli a tűzvédelem jelentőségét és felelősségét. A létfontosságú rendszerek tekintetében a tűzvédelem felelőssége tovább terjed az ügyfelek, állampolgárok számára nyújtott szolgáltatások biztosításáért való felelősség körén. Ez a felelősség pedig magában foglalja a megelőzést és felkészülést is.²² Hazánkban ez a gondolat törvényi szinten jelenik meg: létesítmény tulajdonosa vagy üzemeltetője felelős az üzemeltetés során a *tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról* szóló 1996. évi XXXI. törvényben meghatározott követelmények teljesítéséért.²³

²⁰ NAGY-SOMOGYI 2021.

²¹ SCOTT 2020.

²² SENNEWALD-BAILLIE 2020.

²³ 1996. évi XXXI. törvény.

Belátható tehát, hogy a megfelelő, hatékony tűzvédelem elengedhetetlen és (morális) kötelesség is létfontosságú létesítményi infrastruktúra esetében. A tűzvédelem hatékonyságának kétségkívül eleme a folytonosságot biztosító létesítmény teljes életciklusában való gondolkodás és a korszerű informatikai eszközök használata. A következőkben ezt a két elemet fejtjük ki.

A tűzvédelem folytonossága

A tűzvédelem folytonossága érdekében a létesítményeket teljes életciklusukban kell szemlélni, a tűzvédelemnek minden időszakban meg kell valósulnia a koncepciótól kezdve egészen a bontásig, ellenkező esetben megszakad a folytonosság.²⁴ Az épületeket, létfontosságú létesítményeket úgy kell szemlélnünk, mint olyan komplex egészet, amely időben a 2. ábra szerinti fázisokon megy keresztül. Eme fázisok során az épület főbb jellemzői megváltozhatnak, és a változások hatással vannak a biztonság egészére, azon belül pedig a tűzvédelemre is.²⁵



2. ábra: Létesítmények életciklusa

Forrás: a szerzők szerkesztése

Megjegyzendő, hogy az átalakítás elmaradhat, vagy akár többször is megismétlődhet.

A tűzvédelem mint alapelv jelenléte elengedhetetlen már a koncepció fázisában, a létesítménnyel kapcsolatos elképzelések alakulása során. A létesítményben potenciálisan tartózkodók létszáma, valamint a létesítmény fizikai megjelenése, egyedisége mind meghatározó lesz a tűzvédelmi tervezés szempontjából. Hangsúlyozottan tűzvédelmi szemléletmód kell hogy kísérje a tervezés előkészületeit a hosszú távon fenntartható tűzbiztonság érdekében.

Létesítmény tervezésekor tűzvédelmi szempontból kritikus a tűzvédelmi tervezés céljainak megjelenése: az épület tüzeseti viselkedésének optimalizálása; a tűzkezelés kockázatának csökkentése; az adott esetben leginkább megfelelő tűzvédelmi megoldások kiválasztása;

²⁴ ÉRCES 2016.

²⁵ SOMOGYI–BÉRCZI 2022.

passzív és aktív tűzvédelmi rendszerek harmonizálása, valamint a költséghatékonyság.²⁶ A tervezési fázis szerepe jobban érthető, ha egyedi jellegzetességű létesítményekre gondolunk, ugyanis ekkor a preszkriptív Tűzvédelmi Műszaki Irányelvekben rögzítettek helyett inkább mérnöki módszert alkalmaznak egyedi megoldással.²⁷

Ha leendő létfontosságú épületet érintő tüzeset történik a kivitelezési fázisban, az anyagi veszteségek és a beruházás időbeli csúszása mellett akár a létfontosságú rendszerekbe vetett közbizalom is megrendülhet. Elkerülhetetlen tehát, hogy a tűzvédelem a létesítmény eme fázisában is kellő hangsúlyt kapjon, tekintve, hogy a kivitelezési fázis során annak jellegéből fakadóan tűz keletkezése szempontjából kockázatos.²⁸ Az alkalmazott technológiák és tűzveszélyes tevékenységek miatt elengedhetetlen a kivitelezési fázisokhoz igazodóan változó, megfelelő tűzvédelmi előírások megléte és betartása.

A létesítmény használatba vételének ideje tűzvédelmi szempontból kiváló, hiszen nem gyengíti semmi,²⁹ továbbá a hatóság és az üzemeltető szakértői közösen ellenőrzik a tűzvédelmi megoldásokat. A tervezéskor figyelembe vett esetleges egyedi megoldások megfelelő szintű kivitelezése feltétele a létesítmény további fázisaiban a megfelelő szintű tűzvédelemnek. Mindemellett a használatba vétel időszakában a költözés, esetleg ünnepség alatt is kiemelten fontos a tűzvédelem teljes mértékű jelenléte.

Létesítmény használata során kritikus a biztonság, benne a tűzvédelem magas szintjének folyamatos fenntartása. Ennek lényeges eleme a tervezéskor számításba vett létszám és alkalmazott eszközök folyamatos monitorozása, hiszen ezek változása a tűzvédelmi megoldások változását vonhatja maga után. A kockázatok és védelmi megoldások egyensúlyi állapotára vonatkozóan a szakirodalom a passzív és reaktív tűzvédelmi rendszerek aktív használatát javasolja.³⁰

Az épületek átalakítása, felújítása hatással bír a tűzvédelem szintjére, hasonlóan a kivitelezéshez. Ezért az átalakítás, felújítás fázisa is kockázatos tűzvédelmi szempontból, hiszen a létfontosságú létesítmény időben változik, miközben a tűzvédelmi megoldásokat részlegesen kikapcsolhatják vagy leszerelhetik, aminek következtében valószínűsíthető úgynevezett fehér folt megjelenése. Ráadásul figyelembe kell venni, hogy az átalakítás után változhat a létszám, és az alkalmazott tűzvédelmi megoldások újratervezése válhat szükségessé.

Az utolsó szakasz a bontás, amelynek során tűzveszélyes tevékenységeket is végezhetnek. Kétségtelen, hogy ekkor már elveszett a létesítmény létfontosságú jellemzője, ugyanakkor a fentebb említett felelősség miatt a tűzvédelmi szempontok mellőzése továbbra is megengedhetetlen.

Összességében elmondható tehát, hogy a magas szintű, hatékony tűzvédelem a létesítményt teljes életciklusán végig kell hogy kísérje, különös tekintettel a kritikus infrastruktúra esetében.

²⁶ TAKÁCS 2012.

²⁷ BÉRCZI–BADONSKZI 2021.

²⁸ JASZTRAB–CSÓKE 2020.

²⁹ ÉRCES 2016.

³⁰ ÉRCES–BÉRCZI–RÁCZ 2018.

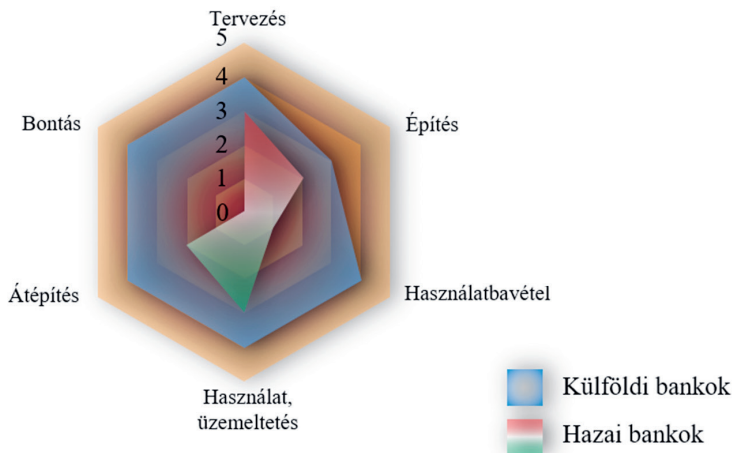
Az európai bankszektor gyakorlata – kutatásunk eredménye

Fentebb hangsúlyoztuk, hogy a biztonság és azon belül a tűzvédelem a létesítmények teljes életciklusában meg kell hogy jelenjen. A hazánkban, illetve az Európai Unióban működő bankok között a fentebb említett módszer szerint végzett kutatásunknak a teljes életciklusban való gondolkodásról szóló eredményét az alábbiak szerint foglalhatjuk össze.

A kérdőívben feltett kérdésünk célja felmérni a banki létesítmények kapcsán azt, hogy a teljes életciklus mely fázisaiban jelenik meg a tűzvédelem mint szempont. A válaszokat a 3. ábra foglalja össze, külön ábrázolva a hazai és a nem hazai pénzüintézeti válaszokat. Egy bank több választ is megjelölhetett értelemszerűen.

Látható, hogy a válaszadó hazai bankok 80%-a esetében a tűzvédelem mint szempont jelen van az építésen kívül az életciklus minden fázisában. Az építés fázisában 60%-os az arány. Ugyanakkor, a külföldi, EU-s válaszadó bankokat nézve látható, hogy 60% esetében jelenik meg a tűzvédelem mint szempont a tervezés a használat fázisában. Építés és átépítés, felújítás alatt a tűzvédelem koncepciója csak 40% esetében van jelen. Használatbavétel esetén ez az arány pedig mindösszesen 20%. Érdekesség, hogy egyetlen külföldi válaszadó bank sem tekinti figyelembe veendő szempontnak a tűzvédelmet létesítmény bontása során.

A hazai és külföldi válaszokat együtt tekintve az látható, hogy a tervezés és használat fázisában a tűzvédelem szempontként jelenik meg a válaszadó bankok 70%-ánál, átépítés és felújítás fázisában pedig 60% esetében. A bontás fázisa az, amely során a tűzvédelem szempontja a legkevésbé jelenik meg összességében, itt 40% a válaszadók aránya.



3. ábra: A válaszok megoszlása a tűzvédelemnek mint szempontnak a megjelenését illetően a létesítményi infrastruktúra életciklusának tükrében

Forrás: a szerzők szerkesztése

Korszerű informatikai eszközök alkalmazása

Kétségtelen, hogy az információs technológia folyamatos fejlődését megfelelően felhasználva a biztonság, és azon belül a tűzvédelem, szintje is emelhető. A tűzvédelmen belül az innovatív megoldások alkalmazásának két nagy területére hívjuk fel a figyelmet: tűzbiztonsági szempontból gyenge pontok és pillanatok felderítésére és a tűz terjedésének és hatásának modellezésére, valamint a tűzvédelmi oktatásra. Ez a két terület összefügg, és egymásra kölcsönhatással van.

Az innovatív megoldások használata szorgalmazható a létesítmények tűzvédelmi szempontból kockázatos helyiségeinek felderítésére, tűz terjedésének és hatásának modellezésére. Példaként említhető a hőkamerás felvételek készítése, ami segít a túlzott hőfejlődéssel járó területek detektálásában. Másik példa a füst- és hőfejlődés szimulációja és menekülési útvonalakra gyakorolt hatása. Igazolt ugyanis, hogy a vészkijáratok láthatóságának mértéke befolyásolja a menekülő emberek választását, összességében a kiürítés idejét és sikerességét.³¹ Ezenfelül bizonyított az is, hogy az eltérő nyitási móddal rendelkező vészkijáratoknak eltérő nyitási ideje van.³²

Az információtechnológia alkalmazásakor külön meg kell említeni a mesterséges intelligenciát: tűzbiztonsági szempontból gyenge pontok keresését, illetve a tűzkezelés szempontjából kockázatos helyek azonosítását mesterséges intelligencia is támogathatja.³³ Lehetséges alkalmazási területre példaként említhető betonfelületek réteges leválásában potenciálisan érintett épületrész azonosítása, mivel eme kockázat ismerete ellensúlyozhatja a menekülési és mentési kockázatok nagyságát.³⁴

Az előbb említett lehetőségek eredményét a tűzvédelem szintjének emelése érdekében vissza kell csatolni a tűzvédelmi oktatásba. Létfontosságú rendszerelem és létesítmény üzemeltetésében dolgozók részére kiemelt jelentőségű a biztonsági oktatás, azon belül pedig az ember–tűz–épület hármására építő tűzvédelmi oktatás. Kutatás igazolta, hogy a tűzvédelem szintjét meghatározó tényezők között elsődleges a tűzvédelmi oktatás és a megfelelő biztonsági kultúra kialakítása.³⁵ Következésképpen folyamatosan fenn kell tartani a tűzvédelmi oktatás magas szintjét, valamint az oktatás iránti érdeklődést és a munkavállalók közreműködését. Kimutatták, hogy nem elegendő a biztonsági programok bevezetésekor a vezetőség és a szakszervezet támogatása, mert a munkavállalóknak meg kell érteniük a biztonsági előírások célját, és azt, hogy összességében nem jelentenek hátrányt a saját munkájukra vonatkozóan.³⁶ Ennek a célnak megfelelően szükséges kialakítani a tűzvédelmi oktatást, amely során figyelembe kell

³¹ BECERIK–GERBER 2020.

³² HERCZEG–RESTÁS 2019.

³³ SÁNDOR–NAGY 2021.

³⁴ LUBLÓY–GYAPJAS 2020.

³⁵ CHAE 2020.

³⁶ ARBIN 2021.

venni, hogy kiknek szól az oktatás. Igazolták ugyanis, hogy fiatal munkavállalók hajlamosabbak figyelmen kívül hagyni a biztonsági előírásokat.³⁷ Az életkor mellett egyéb tényezőket is számba kell venni. Ilyen tényező lehet az esetleges tanulási nehézség, amely különösen az egyszerűbb fizikai munkát végzők körében fordulhat elő. Ezenkívül az oktatás tartalma és a tudásátadás módja eltérő lehet látás- vagy hallássérült munkavállaló esetében, továbbá egyénre szabott tűzvédelmi oktatás lehet szükséges mozgásában korlátozott munkavállaló és közvetlen kollégái számára. Figyelembe kell venni azonban, hogy az oktatási anyag játékos tétele (ügynevezett gamifikáció) csak a megfelelő alapelvek megtartása mellett hoz pozitív eredményt.³⁸

Összességében elmondható, hogy a megfelelő informatikai megoldások használatával a tűzvédelem szintje emelhető, ezért kijelenthetjük, hogy az információs technológia nyújtotta lehetőségeket meg kell ragadni, különösen a létfontosságú rendszerek és létesítmények esetében.

Az európai bankszektor gyakorlata – kutatásunk eredménye

Az előzőekben bemutattuk az innovatív megoldások használatában rejlő előnyöket. A hazánkban, illetve az Európai Unióban működő bankok között a fentebb említett módszer szerint végzett kutatásunk az információtechnológia tűzvédelem területén való megjelenéséről szóló részének eredménye az alábbiak szerint összegezhető.

Kérdőívben feltett kérdésünk célja felmérni, hogy a banki létesítményi infrastruktúra tűzvédelmében hogyan használják ki az információs technológia biztosította lehetőségeket, beleértve a tűzvédelmi oktatás jobbá tételét is. Az eredményt bemutató 3. és 4. ábrák külön illusztrálják a hazai és a nem hazai pénzüzetek adta válaszokat. Egy bank több választ is megjelölhetett értelemszerűen.

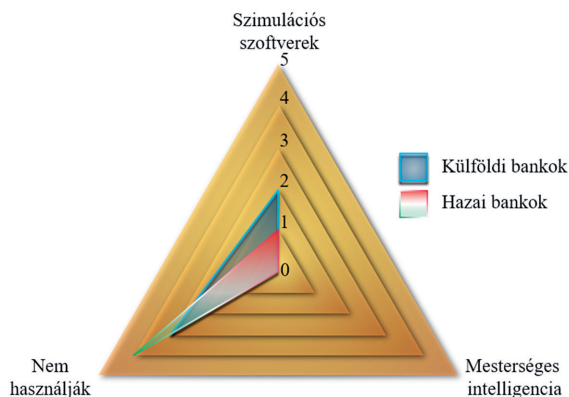
A hazai pénzüzetek közül egy bank használ szimulációs szoftvereket tűz szempontjából kockázatos helyek felderítésére, valamint tűz bekövetkeztének és hatásának szimulációjára. A többi válaszadó hazai bank gyakorlatában nem jelenik meg az információs technológia nyújtotta lehetőség (4. ábra).

A külföldi bankok körében a hazai eredményektől eltérően kettő bank használ szimulációs eszközt tűzvédelmi szempontból kockázatos helyek azonosítására. A többi külföldi bank pedig egyáltalán nem él az innovatív megoldások adta lehetőségekkel.

Együtt tekintve a hazai és a külföldi eredményeket elmondható, hogy a válaszadók 70%-a nem használ információs technológiát létesítmény tűzvédelme során. Mindössze 30% esetében jelenik meg a szimulációs szoftverek alkalmazása tűzvédelmi szempontból kockázatos helyek felderítése érdekében.

³⁷ LABERGE 2014.

³⁸ WANG–HSU–FANG 2022.



4. ábra: Válaszok megoszlása az információ technológia alkalmazását illetően a létesítményi infrastruktúra biztonságának fejlesztésében

Forrás: a szerzők szerkesztése

A tűzvédelmi oktatással kapcsolatban kutatásunk eredményeként elmondható, hogy az összes válaszadó bank 50%-a használja fel a munkavállalók visszajelzését a tűzvédelmi oktatásról a továbbfejlesztés érdekében (5. ábra). A válaszadó hazai bankok 40%-a, míg a külföldi pénzüintézetek 60%-a, vagyis fordított az arány a magyar és a nemzetközi bankok esetében.



5. ábra: Válaszok megoszlása a tűzvédelmi oktatásról való visszajelzéseknek a tűzvédelmi gyakorlatba való beépülése tekintetében

Forrás: a szerzők szerkesztése

Következtetések

Az Európai Unióban működő pénzüintézetek körében végzett felmérésünk előzőekben ismertetett eredményéből az alábbi következtetéseket vonhatjuk le.

Fentebb hangsúlyoztuk a hatékony tűzvédelem kritikusságát, amelynek elengedhetetlen eleme a folytonosság, vagyis a létesítményi infrastruktúra teljes életciklusában való szem-

lélete. Meglepőnek mondható ezért, hogy a felmérésünkben részt vevő bankok legnagyobb arányban (70%) a tervezés és a használat fázisaiban érvényesítik a tűzvédelmi szempontokat, míg az építés/kivitelezés és a használatbavétel időszakában csak a válaszadók fele. Mint arra rámutattunk, az építés és használatbavétel is egyedi, nagy hatású kockázatokat hordoz magában, így a megfelelő tűzvédelmi szemlélet fenntartása kritikus, különösen létfontosságú létesítmények esetében. Érdemes megemlíteni azt is, hogy ebben a kérdésben észrevehető a különbség a hazai és a külföldi pénzüintézetek között: a magyar bankok körében a létesítmény teljes életciklusában való gondolkodás nagyobb arányú. Mindezek figyelembevételével javasolható a létfontosságú létesítmények üzemeltetői számára, hogy a biztonság és a tűzvédelem területén teljes életciklusban gondolkodjanak.

A megfelelő biztonság és azon belül a tűzvédelem szintjének emelése elképzelhetetlen az információs technológia biztosította eszközök nélkül. Azonban, mint arra felmérésünk rávilágított, a válaszadó bankok mindössze 30%-a használ informatikai eszközöket tűzvédelmileg kockázatos pontok felderítésére, és csak 10% tüzeset szimulációjára. Várakozásainkkal szemben a válaszadó pénzüintézetek 70%-a nem használja ki az innovatív lehetőségeket tűzvédelme területén. Érdemes megemlíteni, hogy míg hazánkban 80% nem él az információs technológia biztosította lehetőségekkel, addig külföldön csak 60%, vagyis külföldön elterjedtebbek az informatikai eszközök. Mindezek után erősen javasolható, hogy létfontosságú létesítmények üzemeltetői használják ki az információs technológia biztosította lehetőségeket a tűzvédelmi szint emelése érdekében.

Ahogy fentebb rámutattunk, a tűzvédelmi oktatás hangsúlyos és fontos eleme a tűzvédelemnek. Mégis azt látjuk, hogy a válaszadó pénzüintézetek kevéssé használják az informatikai eszközöket, és csak 50% veszi figyelembe a munkavállalók visszajelzését. Egy magas szintű, folyamatosan megújuló és a munkavállalóhoz igazodó tűzvédelmi oktatás érdekében elengedhetetlen az adott létesítmény egységiségének és változásának figyelembevétele (például kritikus pontok felfedezése vagy tűz hatásának szimulációjából levont tanulságok) és a munkavállalói visszajelzések figyelembevétele (például érthetőség vagy egyedi sajátosságából adódó igény). Javasolható tehát, hogy a létfontosságú létesítmények üzemeltetői a tűzvédelmi oktatás tervezésekor és lebonyolításakor is használják fel az innovációs lehetőségeket és a munkavállalók visszajelzését.

Összefoglalás

Szakirodalmi és jogszabályi hivatkozásokkal igazoltuk, hogy a tűzvédelem kiemelten lényeges kérdés kritikus, azaz létfontosságú létesítmények esetében: egy esetleges tüzeset az élet és az anyagi javak védelmét biztosító infrastruktúra vagy szolgáltatás üzemzavarát okozná, vagy az alapvető szolgáltatások biztosítása folyamatosságának megszakadását eredményezné. A létesítmények tűzvédelmi szintjének emelése érdekében annak kettő elemét, a folytonosságot biztosító teljes életciklusban való gondolkodást és az innovatív eszközök használatát hangsúlyoztuk, miközben rámutattunk ezek előnyeire.

Európai uniós bankok körében végzett kvantitatív kutatásunk eredményeinek bemutatása után következtetéseket vontunk le a mai gyakorlatról és javaslatokat fogalmaztunk meg a hatékonyabb tűzvédelem érdekében, amelyeket alkalmazhatnak a bankrendszer létesítményi infrastruktúrája üzemeltetői mellett egyéb létfontosságú létesítmények üzemeltetői, továbbá általában infrastruktúra-üzemeltetők, felügyeleti szervek és auditorok is.

Irodalomjegyzék

- ABONYINÉ Palotás Jolán (2007): *Infrastruktúra*. Budapest: Dialóg Campus.
- Allianz (2022): *Allianz Risk Barometer*. Online: www.agcs.allianz.com/news-and-insights/reports/allianz-risk-barometer.html
- ARBIN, Katarina et al. (2021): Explaining workers' resistance against a health and safety programme: An understanding based on hierarchical and social accountability. *Safety Science*, 136, 105131. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105131>
- BECERIK-GERBER, Burcin et al. (2020): Influence of Architectural Visual Access on Emergency Wayfinding: Across-Cultural Study in China, United Kingdom and United States. *Fire Safety Journal*, 113. Online: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.102963>
- BÉRCZI László – BADONSZKI Csaba (2021): A tűzvédelmi tervezés fő tartópillérei a tűzvédelmi műszaki irányelvek. *Védelem Tudomány*, 6(2), 66–96. Online: <http://vedelemtudomany.hu/articles/VI/2/05-bercz-badonszki.pdf>
- BESENYŐ, János (2017): Inferno Terror: Forest Fires as the New Form of Terrorism. *Terrorism and Political Violence*, 31(6), 1229–1241. Online: <https://doi.org/10.1080/09546553.2017.1341876>
- BONNYAI Tünde (2019): 1. fejezet. Történeti áttekintés. In BOGNÁR Balázs – BONNYAI Tünde – VÁMOSI Zoltán (szerk.): *Kritikus infrastruktúrák védelme I*. Budapest: Dialóg Campus, 29–46.
- Centre for Economics and Business Research (2014): *Economic Impact of Warehouse Fires*. 2014. január 29. Online: <https://cebr.com/reports/economic-impact-of-warehouse-fires/>
- CHAE, Jin (2020): A Study on Factors Affecting Fire Prevention. *Fire Science and Engineering*, 34(3), 100–109. Online: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.323a98fe>
- ÉRCES, Gergő (2016): Tűzvédelmi háló. *Védelem Tudomány*, 1(2), 472–496. Online: [www.vedelemtudomany.hu/articles/I/2/03-erces.pdf](http://vedelemtudomany.hu/articles/I/2/03-erces.pdf)
- ÉRCES, Gergő – BÉRCZI, László – RÁCZ, Sándor (2018): The Effects of the Actively Used Reactive and Passive Fire Protection Systems Established by Innovative Fire Protection Methods for Whole Life-Cycle of Buildings *Műszaki Katonai Közlöny*, 28(4), 47–58.
- HERCZEG Gergely – RESTÁS Ágoston (2019): Lehetőségek vészkijáratok nyithatóságának biztosítására. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(1), 19–32. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.1.2>
- JASZTRAB Péter János – CSÖKE Gergely (2020): Építőipari kivitelezések tűzvédelmi szabályozásának vizsgálata. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(1), 41–61. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.1.3>
- KERSÁK József Zsolt – MUHORAY Árpád (2021): Az osztrák katasztrófamenedzsment általános bemutatása. *Védelem Tudomány*, 6(2), 136–153. Online: <http://vedelemtudomany.hu/articles/VI/2/09-kersak-muhoray.pdf>
- LABERGE, Marie et al. (2014): Why are Occupational Health and Safety Training Approaches not Effective? Understanding Young Worker Learning Processes Using an Ergonomic Lens. *Safety Science*, 68, 250–257. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.04.012>
- LAKATOS Bence Roland (2022): A katasztrófavédelmi hatósági feladatrendszer műszaki, technológiai hátterének az elemzése, a továbbfejlesztési lehetőségek vizsgálata. *Védelem Tudomány*, 7(1), 101–121. Online: <https://vedelemtudomany.hu/articles/VII/1/04-lakatos.pdf>

- LUBLÓY Éva – GYAPJAS János (2020): A betonfelület leválásának hatása a szerkezet állékonyságára és a mentési munkákra. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(1), 111–121. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.1.8>
- MCNAMEE, M. et al. (2019): IAFSS Agenda 2030 for a Fire Safe World. *Fire Safety Journal*, 110. Online: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102889>
- MOGER, J. Travis (2021): The Gulf War at 30. *Army History*, No. 118, 6–25. Online: https://history.army.mil/armyhistory/AH-Magazine/2021AH_winter/AH118.pdf
- NAGY Rudolf (2022): A múlt tűz uralta csatáinak újjászületése. *Hadtudományi Szemle*, 15(1), 39–55. Online: <https://doi.org/10.32563/hsz.2022.1.3>
- NAGY, Rudolf – SOMOGYI, Tamás (2021): The Financial Infrastructure as a Critical Infrastructure and It's Specialities. *National Security Review*, (2), 213–224. Online: www.knbsz.gov.hu/hu/letoltes/szsz/2021_2_NSR.pdf
- SÁNDOR, Barnabás – NAGY, Rudolf (2021): Description and Investigation of It Systems Used in Disaster Management. *Védelem Tudomány*, 6(2), 1–16. Online: <https://vedelemtudomany.hu/articles/VI/2/07-sandor-nagy.pdf>
- SCHWEICKHARDT Gotthilf (2018): *A katasztrófavédelem rendszere*. Budapest: Dialóg Campus. Online: <https://bit.ly/3JvdjGh>
- SCOTT, Andrew Cunningham (2020): *Fire*. Oxford University Press.
- SENNEWALD, Charles A. – BAILLIE, Curtis (2020) *Effective Security Management*. 7th edition. [h. n.]: Butterworth-Heinemann. Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814794-8.00046-9>
- SOMOGYI Tamás – BÉRCZI László (2022): Hatékony és komplex tűzvédelem létfontosságú rendszerek és létesítmények esetében. *Védelem Tudomány*, 7(3), 47–63. Online: <https://vedelemtudomany.hu/articles/VII/3/03-bercz-somogyi.pdf>
- TAKÁCS Lajos Gábor (2012): Mérnöki módszerek alkalmazása a tűzvédelmi tervezésben. *Katasztrófavédelmi Szemle*, 6.
- The Geneva Association (2014): *Bulletin. World Fire Statistics*. No. 29. Online: www.editoraroncarati.com.br/v2/phocadownload/ga2014-wfs29.pdf
- WANG, Yungfu – HSU, Ya-Fang – FANG, Kwoting (2022): The Key Elements of Gamification in Corporate Training – The Delphi Method. *Entertainment Computing*, 40(2), 100463. Online: <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2021.100463>
- Zöld könyv a természeti és ember okozta katasztrófák biztosításáról. 2013. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A52013D0213>

Jogi források

1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról
2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
- A Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről

Bencsik Dániel¹ 

Modellszintű stratégiák szélsőséges időjárás által előidézett káresemények elhárítására szennyvíztisztító telepeken

Model-Based Strategies for Managing Extreme Weather-Related Emergencies at Wastewater Treatment Plants

A szennyvíztisztítási technológiák szakszerű üzemeltetése környezetbiztonsági szempontból elengedhetetlen. A klímaváltozás pedig kihívásokat idéz elő tervezői és üzemeltetői oldalról is. A tanulmány közép-európai tisztítótelepekre adaptált matematikai modell segítségével technikai megoldásokat tár fel a szélsőséges csapadékvíz-terhelés által megnehezített biológiai tisztítás stabilizálására. A modellkísérletek eredményei alapján, ismétlődő esőzéseknel – a stabil üzemállapot fenntartása érdekében – a kellően hatékony denitrifikációnak megfelelően szükséges növelni a belső recirkulációs térfogatáramot. Nagy intenzitású viharok esetén hirtelen romlik a biológiai többletfoszfor-eltávolítás hatékonysága, ezért elkerülendő a vízminőségi határérték esetleges megszegése szakaszos fémsó adagolással, a biológiai tisztítás után. Továbbá, a szimulációk alapján, berendezés kiválasztásánál érdemes szem előtt tartani, hogy a fűvők képesek legyenek fedezni a hidraulikai csúcsterhelésből eredő magasabb levegőszükségletet.

Kulcsszavak: dinamikus modellezés, havária, katasztrófavédelem, szennyvíz-technológia, szélsőséges csapadékesemény

The reliable operation of wastewater treatment technologies is essential for environmental security. However, climate change poses challenges in the field of both design and operation. This paper proposes technical solutions for handling difficulties in biological treatment due to extreme rainwater flow, using a mathematical model adapted to Central European treatment plants. The results of modelling show that, to maintain stable effluent quality in case of repeated rainwater peaks, the internal recirculation flow rate shall be adjusted to provide sufficient denitrification.

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, e-mail: bencsik.daniel@uni-nke.hu

Storms with high frequency peak flows may cause sudden deterioration in enhanced biological phosphorus removal, when effluent quality limit violations can be prevented using temporary dosage of metal salt subsequent to biological treatment. The simulations further emphasize that, regarding equipment selection, it is important to consider the need for an increase in the aeration capacity caused by hydraulic loading peaks.

Keywords: *disaster management, dynamic modelling, emergency, extreme storm event, wastewater treatment*

Bevezetés

A mennyiségi és minőségi igényeknek megfelelő vízellátás mai társadalmunkban alapkövetelmény, amelynek csupán részleges teljesítése konfliktusok forrása lehet. Amennyiben a hulladékvizek tisztítása mennyiségileg vagy minőségileg nem elegendő, a vízbázisok jelentős elszennyezése által kihathat az ivóvízellátásra is. Továbbá a fürdőhelyek, lakóhelyek vízi környezetére jelentett mikrobiológiai kockázat révén közegészségügyi és társadalmi problémákhoz vezethet. Ezért a technológiák szakszerű üzemeltetése környezetbiztonsági szempontból rendkívül fontos. Napjaink éghajlati és vízhasználati trendjei – a globális felmelegedés előidézte helyi hőmérséklet- és csapadékmennyiség-változás, illetve az emberiség növekvő vízigénye – pedig kihívásokat idéznek elő a tervezés és üzemeltetés oldaláról is.²

Jelen tanulmány keretében üzemeltetési stratégiai javaslatteteleket mutatunk be szennyvíztisztító létesítmények esetleges haváriaeseményeinek kezelésére, a stabil üzemállapot visszaállítására. A kutatás a hosszas esőzés hatásainak kezelési lehetőségeire irányul, ami a létesítmény hidraulikai és anyagmérlegét összetetten befolyásolja. A szimulációkban alkalmazott újszerű anyagátadási kinetikai megközelítés figyelembe veszi az ebből eredő dinamikus ingadozást az oxigénátadásban is, és ebből kifolyólag a levegőszükségletben is.³ A javaslattetelekhez létesítményszintű matematikai modelleket alkalmazunk. A tanulmány célja a – jellegzetes magyar éghajlati viszonyokra és szennyvízminőségi tulajdonságokra helytálló – szükséghelyzet esetén alkalmazható műszaki javaslatok kidolgozása, amelyek tervezői és üzemeltetői szempontból is hasznosíthatók.

A szennyvíz-technológia nemzetvédelmi kapcsolódási pontjai

A nagyvárosok szennyvíztisztító létesítményei működésének védelme kiemelt közfeladat. Magyarországon a 250 000 lakosegyenérték szennyezőanyag-terhelést meghaladó kapacitású telepeket – amelyek működésképtelenné válása a felszíni víz jelentősen kedvezőtlen állapotát eredményezi – a kritikus infrastruktúrák nemzeti létfontosságú rendszeremeként kell azonosítani. Ezenfelül európai létfontosságú rendszeremnek minősül egy szennyvíztisztító létesítmény, ha üzemzavar vagy havária esetén Magyarország és legalább egy szomszédos

² FÖLDI et al. 2015: 13.

³ USEPA 1989a: 16.

állam felszíni, illetve felszín alatti víztesteit a határon áttérjedő hatás miatt jelentős mértékben és tartósan elszennyezheti.⁴

Az alacsonyabb terheltségű létesítmények szintén veszélyeztetettek a természeti és civilizációs eredetű katasztrófák által, amelyek elhárításához indokolt esetben (például műszaki mentés, tereptisztítás) akár a Magyar Honvédség is biztosíthat eszközöket a Katasztrófavédelem számára. Továbbá a Honvédség állománya felkérés esetén részt vesz a katasztrófavédelmi segítségnyújtásban.⁵

A környezetbiztonság jelentősége a szennyvíztisztításban

A vízminőségi határértékeknek megfelelően, az optimális üzemrend megteremtésével a kibocsátások minimalizálására törekednek az illetékes szakemberek. A jövőben egyre fontosabb szempont lehet az üvegházhatású gáz- – főképp a biológiai kezelés során keletkező N_2O és CH_4 – kibocsátások csökkentése is.⁶ Akár műtárgyak tisztítása vagy felújítása során is felléphetnek kiesések a tisztítási kapacitásban, kihatva az elfolyóvíz-minőségre, ezért a karbantartási vagy üzembehelyezési stratégia eltervezésénél lényeges szempont egy alacsonyabb terheltségű, melegebb időjárású időszak kiválasztása, a művelet minél gyorsabb lebonyolítása és a technológiai sorok hatékony felterhelésének megvalósítása érdekében.⁷ Azonban bizonyos katasztrófák okozta hirtelenszerű események kezelésére minden évszakban fontos, hogy felkészültek legyenek a létesítmények üzemeltetői.⁸

A természeti katasztrófák közül a földrengések a szennyvízcsatorna törését, a szivattyúk és a műtárgyak sérülését okozhatják; az árvizek szintén károsíthatják a műtárgyakat, szivattyúkat, és visszanyomhatják a szennyvizet a lakásokba.⁹ A klímaváltozás szélsőséges időjárást idéz elő, ami hatással lehet a szennyvíztisztító telepek üzemállapotára. Az erős szél akár telepekre is kiható áramszüneteket eredményezhet, leállítva az összes villamos gép működését, beleértve a nyers szennyvíz betáplálását. Ugyanakkor áramkimaradást civilizációs eredetű katasztrófák (például kibertámadás) is eredményezhetnek.¹⁰

Az éghajlatváltozás szélsőséges csapadékvíz-terhelés formájában is megnyilvánulhat; ismert, hogy a Kárpát-medencében a csapadék mennyisége az elmúlt száz év átlagához képest csökken, viszont az intenzív és visszatérő csapadékesemények száma nő.¹¹ Az ismétlődő viharok következtében a megnövekedett csapadékvíz-mennyiséggel jelentősen felhígulhat a műveleti egységek tartalma, potenciálisan megnehezítve a – megváltozott összetételű biomassza által végzett – tisztítást. A haváriaesemények kezeléséhez fontos az üzemeltetők felkészültsége, berendezések méretezésénél pedig lényeges szempont lehet a tartalék kapacitás biztosítása.

⁴ 541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet.

⁵ 2011. évi CXIII. törvény.

⁶ HALÁSZ–FÖLDI 2007: 183.

⁷ KARCHES et al. 2020: 240.

⁸ USEPA 1974.

⁹ FÖLDI–HALÁSZ 2013: 66.

¹⁰ FÖLDI–HALÁSZ 2014: 13.

¹¹ DOMJÁN et al. 2019: 25.

Helytelen üzemeltetés eredményeképp – főként csapadékesemények során – a medencékből kimosódhat a biomasza jelentős része, lerontva a tisztítási folyamatok hatékonyságát, és kiülepedő, berothadó iszappal szennyezve a befogadó víztestet. Utóbbi esetben a katasztrófavédelmi szervek akár az üzemeltetőt is kötelezhetik vízminőség-javító kotrásra, a további környezeti károk megelőzése, mentesítése céljából.¹²

A szennyvíztisztítás iparbiztonsági vonatkozásai

A szennyvíztelepek általánosabb katasztrófavédelmi kérdéskörébe tartoznak a munkavégzési szabályzatok, többek között a foglalkoztatott munkaerő megfelelő munkavédelmi és tűzvédelmi oktatása, szükséges védőfelszereléssel történő ellátása, illetve – mivel állandó jelleggel közvetlenül is patogén anyagoknak van kitéve – kötelező védőoltásokkal való ellátása. A rutinszerű műveletektől eltérő tevékenységekről (például különleges mérési kampányok, időszakos karbantartási munkálatok) pedig további biztonsági instrukciókkal kell ellátni a végrehajtó szakembereket. Mivel a kommunális szennyvíztisztító üzemek nyilvános létesítmények, biztosítani kell a veszélyes területek elszigetelését az üzemlátogatásokon részt vevő emberektől, illetve a személyzetnek tájékoztatnia kell a látogatókat a rájuk vonatkozó veszélyforrásokról.¹³

A szennyvíz-technológia egyik fő iparbiztonsági vonatkozása a veszélyes anyagok alkalmazásaihoz kötődik. A legtöbb tisztítótelepen adagolnak vegyszereket (pótszénforrásként, pH-szabályozásra stb.). Bizonyos kemikáliák tűzveszéllyel, maró, mérgező vagy egyéb hatásokkal járhatnak, amelyekről a gyártó köteles tájékoztatást adni a biztonsági adatlapokon; tárolásukra, szállításukra és mozgatásukra pedig szigorú biztonságtechnikai előírások vonatkoznak a telepek üzemeltetési és karbantartási szabályzatában.¹⁴

Tervezés során, iparbiztonsági szempontból mindenképp szem előtt kell tartani a víz- és iszapvonali műtárgyak, csővezetékek mechanikailag biztonságos kialakítását, potenciális szivárgások elkerülése végett, amelyek a talaj és a felszín alatti vizek elszennyeződéséhez vezethetnek.¹⁵ Ezenkívül biogázvonalon, levegőtisztaság-védelmi okokból hasonlóan fontos a szivárgások megelőzése, illetve a nyomás alatti szerkezetek megbízható kialakítása a robbanásveszélyes körülmények elkerülésének érdekében. Szakszerűtlen tervezés vagy üzemeltetés által a levegőszállító vezetékekben repedések, törések keletkezhetnek – a nem megfelelő nyomásviszonyok kialakulása miatt – jelentős energiapazarláshoz vezetve. Karbantartási stratégiák kidolgozásakor arra törekedve kell kiválasztani az eljárásokat és azok gyakorlatiát, hogy ne befolyásolják a telep biztonságos üzemvitelét, és hosszú távon ne rontsák a szennyvízkezelés hatékonyságát.¹⁶

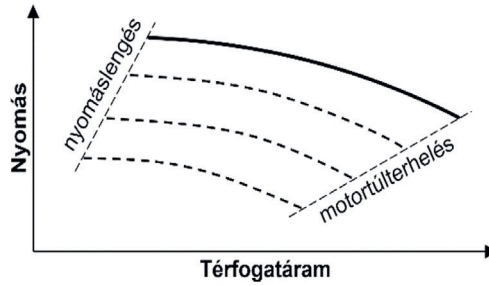
¹² A Csatornázási Művek tájékoztatása a Gyáli-patak szennyezéséről. 2020.

¹³ 24/2007. (VII. 3.) KvVM rendelet a Vízügyi Biztonsági Szabályzat kiadásáról.

¹⁴ 2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról.

¹⁵ BERGER – KÁTAI-URBÁN 2020.

¹⁶ CHEN et al. 2020: 452.



1. ábra: Működési korlátokat bemutató generikus fűvó/szivattyú jelleggörbe

Forrás: a szerző szerkesztése

Tervezők és üzemeltetők számára egyaránt rendkívül fontos a kiválasztott villamos gépek működési tartományainak megfelelő ismerete, alkalmazkodniuk kell a terhelésből adódó maximumokhoz. Szivattyúk és fűvók esetében nagy nyomás- és kis térfogatáram-értékek mellett nyomáslengés és a szállított közeg felmelegedése léphet fel, károsítva a motort és a hidraulikus szerkezeteket; túlzottan nagy szállított mennyiségnél viszont a motor terhelődhet túl, annak és az alkatrészeknek a tönkremeneteléhez vezetve. Az energiahatékonyság, illetve biológiai folyamatok szabályozása céljából a gépek teljesítményének szabályozhatósága is hasznos, a terhelés változásainak megfelelően.¹⁷ Az 1. ábra a centrifugál szivattyúkra és kompresszorokra jellemző jelleggörbékét szemlélteti – a folytonos görbe a névleges maximális fordulatszám esetére vázolja fel a nyomás–térfogatáram profilt, a szaggatott görbék pedig a frekvenciaváltóval szabályozott profilokat jelzik. A görbéket határoló két egyenes mutatja a berendezés – gyártók által rendszerint ismertetett – működési korlátozásait, amelyek átlépése hosszú távon veszélyes az élettartamára és a létesítmény biztonságára nézve.

Módszertan

A modellközpontú tanulmány célja, hogy a haváriaesemények elhárítására következtetéseket vonjon le méretezés és működtetés szempontjából egyaránt. A csúcsterhelések jellege mérvadó lehet műveleti egységek tervezésénél és berendezések kiválasztásánál, amihez a valós tapasztalatok alapján kalibrált dinamikus modellek hasznos eszköznek bizonyulhatnak. Üzemeltetési stratégiai szempontból a modellezés például irányítási technikák fejlesztésével költségmegtakarítási lehetőségeket tárhat fel, és rámutathat a környezetvédelmi előírások hatékony betartásához szükséges beavatkozásokra.¹⁸ A szennyvíz-technológiában használatos változókra felírt reakciósebesség- és komponensmérleg-egyenletek megoldása biokinetikán alapuló szimulációs környezetet igényel.¹⁹ A vizsgálatokhoz a Sumo21 szimulációs szoftvert

¹⁷ KÓSA–LUKENICS–VERBA 1997: 93.

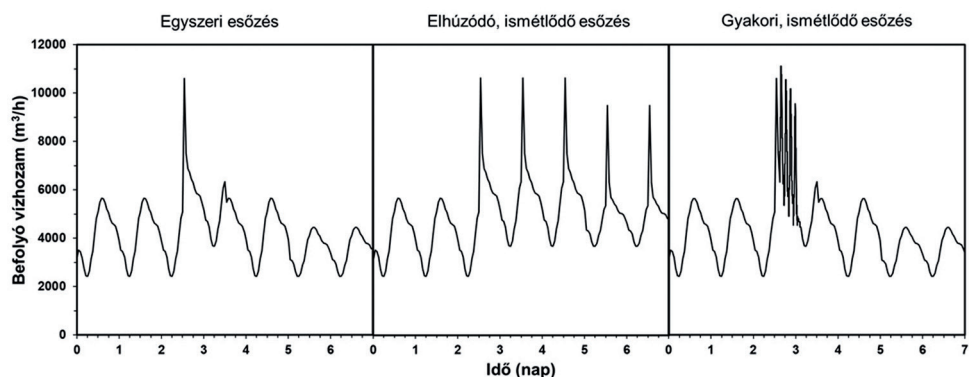
¹⁸ RIEGER et al. 2012: 28–29.

¹⁹ BÁBA–KARCHES 2021: 62.

alkalmazzuk. A szoftverkörnyezet üzemszintű modellkonfigurációk felépítését teszi lehetővé, amelyek a mérnökök számára átláthatóvá teszik a szennyvíz- és iszapvonalai anyagmérlegeket, energiagazdálkodást.²⁰

A tisztítandó víz modellbeállításai

A szimulációkban a 2. ábrán bemutatott három különböző, egyhetes nyers szennyvíz térfogataram-profilat hasonlítjuk össze; Közép-Európára jellemző napi ingadozású, azonos mennyiségű szennyvízzel, viszont eltérő mennyiségű csapadékvízzel.²¹



2. ábra: A három vizsgált hidraulikus terhelés időbeli lefolyása

Forrás: a szerző szerkesztése

Csapadékvíz szempontjából az első profil egy szokványos viharnek tekinthető, valós adatokból generált egyszeri (a száraz időszak maximum duplájának megfelelő) csúcs hozammal jellemezhető, a másik kettőben – elméleti, elhúzódó szélsőséges csapadékeseményeket jellemezve – ugyanez a csúcs ismétlődik ötször, különböző frekvenciával.²² A második profilban a hidraulikus csúcs naponta ismétlődik (a hétvégi terhelésre is kihatva), a harmadikban pedig egy napon belül 160 percenként, egy sokkal intenzívebb vihart leképezve.

Az illusztrált vízminőségi paraméterek és összetételi frakciók időbeli eloszlását szakirodalmi áttekintés után dolgoztuk fel és tápláltuk a szoftverbe – frakcionálás tekintetében a program a bemenő adatokat külön-külön kezeli a csapadékvízre,²³ illetve a szennyvízre vonatkozóan.²⁴ A 3. ábra szemlélteti a szervesanyag-tartalmat kémiai oxigénigényben kifejezve (KOI) és a lebegőanyag- (TSS-) koncentrációt, a 4. ábra pedig az összes nitrogén (TN) és összes foszfor (TP) koncentrációját, a csapadékesemények első 160 percére és a befolyó szennyvíz egyhetes ingadozására. Szennyvíz tekintetében a magyar viszonyokra jellemző át-

²⁰ GAZSÓ et al. 2017: 849.

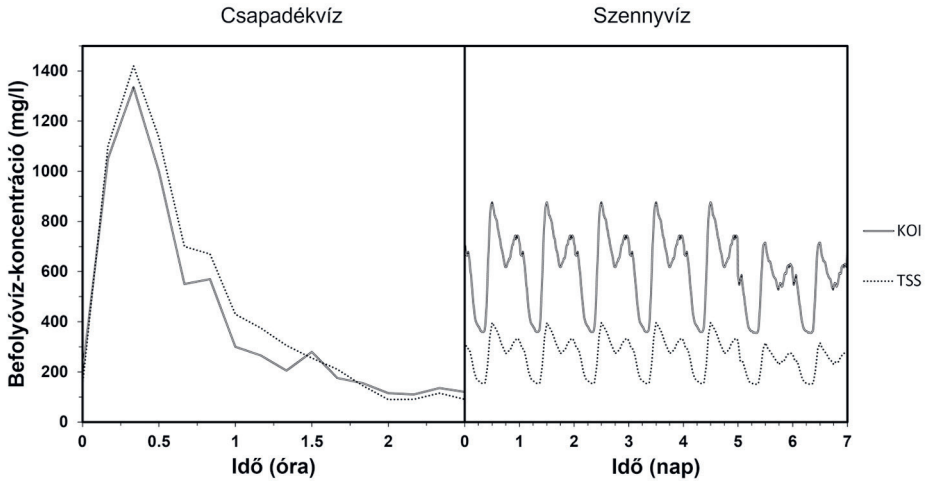
²¹ SCHUCHARDT et al. 2007: 483.

²² LI et al. 2007: 296.

²³ LI et al. 2007: 296.

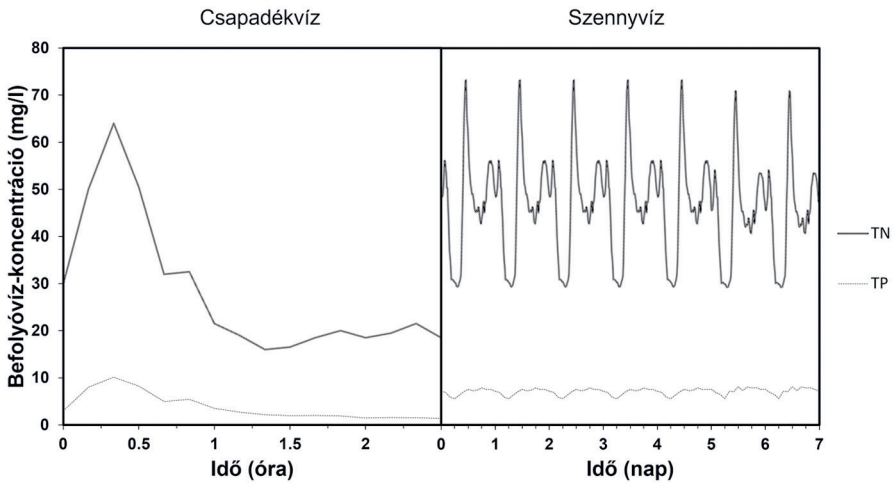
²⁴ ALEX et al. 2008: 12.

lagértékek alapján arányosított koncentrációprofilok lettek beállítva.²⁵ Fontos megjegyezni, hogy a szélsőséges esőzések scenárióiban az első utáni ismétlődő térfogatáramcsúcsokkal párhuzamosan a szennyezőanyagok koncentrációja állandósult értéken lett hagyva, abból kiindulva, hogy a csapadékvíz-lefolyásokkal kapcsolatos first flush jelenség (a koncentrációk lökészerű növekménye) az időben egységes viharok kezdeti tulajdonsága.²⁶



3. ábra: A beállított KOI- és TSS-profilok a csapadékvízben és szennyvízben

Forrás: a szerző szerkesztése



4. ábra: A beállított TP- és TN-profilok a csapadékvízben és szennyvízben

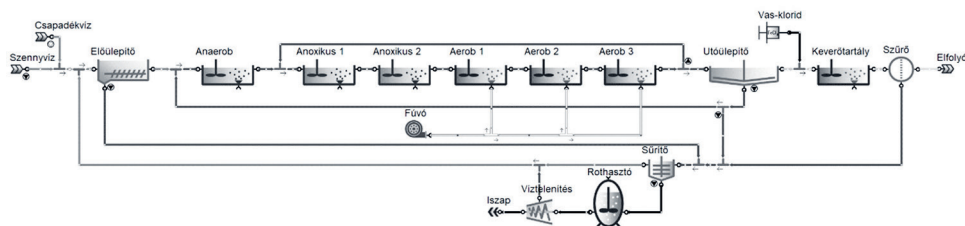
Forrás: a szerző szerkesztése

²⁵ TARDY–BAKOS–JOBÁGY 2012.

²⁶ BUDAI–BUZÁS 2007: 2.

A vizsgált telepkonfiguráció bemutatása

A modellfuttatások végcélja az üzemzavarhoz való alkalmazkodás által a napi átlagkoncentrációban megszabott, elfolyó vízzel szemben támasztott minőségi követelmények betartása a teljes szimulációs időtartamra nézve. A futtatásokat egy jellegzetes magyarországi szennyvíztisztító telep mintájára, 20 °C és 10 °C befolyó vízhőmérséklet esetére hajtottuk végre annak érdekében, hogy a kifejlesztett stratégiák a legmelegebb és leghidegebb hónapokra is helytállóak legyenek;²⁷ a tisztított vízre vonatkozó vízminőségi határértékek pedig tükrözzék az adott évszakra vonatkozó szabályozást.²⁸



5. ábra: A modellezett eleveniszapos telep folyamatábrája

Forrás: a szerző szerkesztése

A modellszintű vizsgálatok egy eleveniszapos, 400 000 lakosegyenérték kapacitású, 15 nap iszaptartózkodási idővel üzemeltetett; anaerob, anoxikus és oxikus terekkel elrendezett (A2O) telepkonfiguráció alapján készültek, amelynek technológiai sémáját az 5. ábra illusztrálja. A szennyvíz és a csapadékvíz különálló befolyó egységekből érkezik a telepre. Az előülepítőben a víz hidraulikus tartózkodási ideje (HRT) 2,9 óra, a biológiai reaktorokban 12,5 óra, az utóülepítőben 3,6 óra, anaerob rothasztásnál az iszap HRT-je 20 nap. Az aerob medencékben a modell konstans oxigénkoncentrációt tart a levegőhozam változtatásával – amely téli körülmények között a három reaktorban rendre 1,2, 1,2 és 1,5 mg/l, nyári viszonyok között pedig 0,5, 0,5 és 0,7 mg/l értékeket vesz fel. A nitrát recirkulációs térfogatáram átlagosan 1,4-szerese a nyers szennyvíz hozamának.

Az előülepítés szimulációjára három részre tagolt megközelítést alkalmaztunk, hogy a biológiai többletfosfor eltávolítása előtt figyelembe vehesse az előzetes anaerob fermentációt; utóülepítéshez pedig – elsősorban környezetbiztonsági okokból – egy egydimenziós, konvektív transzporton alapuló réteges üledési modellt választottunk, amely továbbá képes számolni a hidraulikai növekmények által előidézett iszapszint-emelkedéssel és az ebből eredő lebegőanyag-vesztéssel.²⁹ A konfigurációban a biológiai szennyvíztisztítást érintő esetleges üzemzavarok szempontjából a kémiai foszforeltávolítás lehetősége is ki van építve a szűrési művelet előtt, bevetésekor a kicsapási reakció a keverőtartályban zajlik le.

²⁷ TARDY et al. 2012.

²⁸ 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet.

²⁹ TAKÁCS–PATRY–NOLASCO 1991.

Az alkalmazott matematikai modellrendszer leírása

A szimulációs feladatokban a biokinetikai, fiziko-kémiai és egyéb anyagmérleggel kapcsolatos számítások céljából a Sumo1 elnevezésű, széleskörűen verifikált, létesítményszintű folyamatmodellt választottuk. Az ASM-típusú (*activated sludge model*) modellcsaládra épít, amelyet az IWA kutatócsoportja hozott létre 1986-ban. Az első modell az ASM1 elnevezést kapta, amely képes a bioreaktor szervesanyag- és nitrogéneltávolítását leírni, úgynevezett Petersen-mátrixban összesítve az eleveniszapos szennyvíztisztítás során lejátszódó reakciókat.³⁰ Ezenfelül a Sumo1 egy teljes üzem műveleti egységeire is ki tudja terjeszteni a folyamategyenleteket, fixfilmes eljárásokra is alkalmazhatóan. 73 állapotváltozót és 82 differenciálegyenletet tartalmaz, képes a fő növényi tápanyag-eltávolítási folyamatok leírására a szennyvíz-technológiában, beleértve a biológiai szén-, nitrogén- és foszforeltávolítást, valamint a kémiai foszforkicsapást. A nitrifikáció és denitrifikáció mögötti reakciókat egyszerűsítve, egy lépésben írja le. A szénvegyületek átalakulási mechanizmusai tartalmazzák a hidrolízist és a fermentációt. Magában foglalja a rothasztáshoz és biogáztermeléshez kötött metanogén-biomassza két fő populációjának metabolizmusát is. Arrhenius-típusú összefüggések felhasználásával számol a folyamatok hőmérséklet-érzékenységgel is, amely elengedhetetlen a különböző évszakok szerinti méretezéseknél, optimalizálási tevékenységeknél.³¹

Egyensúlyi folyamatok egyenletei által a Sumo1 modellben pH-számítás is megvalósítható, amely fontos a csapadékképzés és a CO_2 -, NH_3 -átadás pontos számszerűsítéséhez. A gáz-folyadék anyagátadási kinetika lényeges eleme a levegőigény vagy oxigénszint dinamikus előrejelzésének, illetve a gáz kibocsátások becslésének. A Henry-törvényen és Fick kétfilm-elméletén alapul, továbbá, bizonyos szennyező komponensek jelenlétének függvényében számítja az átadási hatékonyság leromlását a tiszta vízhez képest. A modell összekapcsolható a turbókompresszorok, finombuborékos levegőztető elemek és centrifugál szivattyúk hatékonyságát becsülő korrelációkkal, amelyek segítségével számszerűsíthető egy létesítmény energiafogyasztása, tekintetbe véve a berendezések iparbiztonsági korlátozásait is.³²

Eredmények, javaslattételek

Az egyhetes időtartamú modellfuttatásokat a három különböző csapadékesemény példájára, téli és nyári időszakra vonatkozó körülményekre végeztük el. A szennyvíz- és iszapkezelési eljárásoknak az egyszeri esőzésre történő – az előző fejezetben ismertetett paraméterek szerinti – méretezése után a modellkonfigurációban különböző üzemeltetési beavatkozásokat hajtottunk végre annak érdekében, hogy az elfolyó vízminőséggel szemben támasztott követelmények továbbra is teljesüljenek. A továbbiakban ismertetjük a haváriaesemények kezelésére felvetett stratégiai lépéseket.

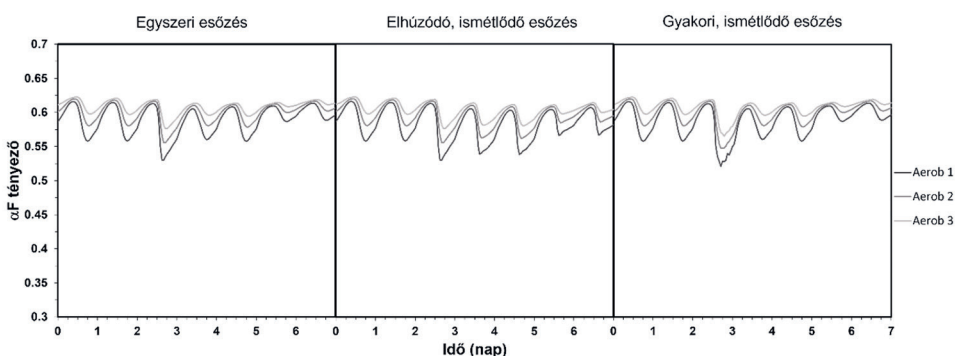
³⁰ HENZE et al. 1987.

³¹ GAZSÓ et al. 2017: 851.

³² NDEBA-NGANONGO et al. 2018.

A levegőztetés stabil üzemeltetésével kapcsolatos megállapítások

A levegőztetés művelete egyaránt fontos a nitrifikáció, a foszforeltávolítás és a szervesanyag-eltávolítás stabil oxigénellátásához és működéséhez. Az oldottoxigén-koncentrációk tartása során a terhelés növekedésével nemcsak a finombuborékos diffúzorok teljesítménye romlik, hanem a szennyvíz – 6. ábrán feltüntetett, aF tényezővel számszerűsített – átadási hatékonysága is, amelyek figyelembevétele szükséges a pontos levegőigény-becsléshez. A modell fontos tulajdonsága, hogy elkülöníti a hidraulikai és az anyagmérleg-alapú hatásokat a szennyvíz- és csapadékvíz-terhelés dinamikájában. A szennyvízkezelés mentén, bizonyos komponensek eltávolításával az oxigén beoldódási képessége reaktoronként is változik, a nagyobb szennyezőanyag-tartalommal terhelt reaktorok érzékenyebben reagálnak a körülírt hatásokra.³³



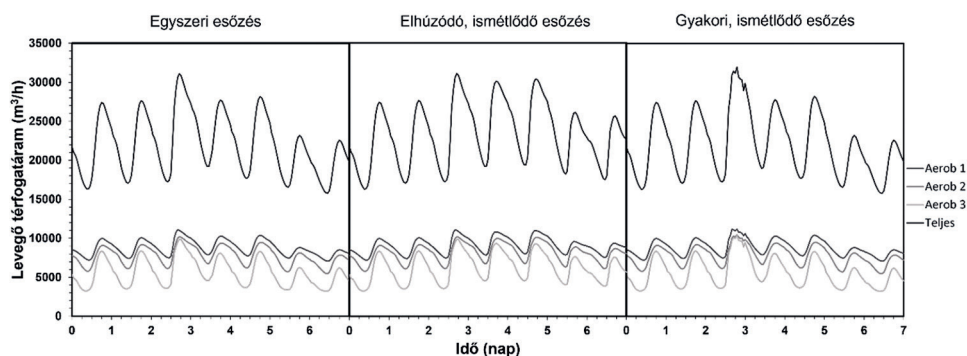
6. ábra: A csapadékesemények aF értékprofilja az aerob reaktorokban

Forrás: a szerző szerkesztése

Az aF , vagyis a szennyvíz/tiszta víz átadási arány napi ingadozása a hétköznapi és hétfégi terhelési trendekkel fordítottan arányosan alakul, egyszeri esőzés esetén a vihar idejére tapasztalható csak csökkenő aF profil; tehát a rendszer a szennyezőanyagok eltávolításával visszaáll alapállapotába, és a többi nap oxigénátadására lényegében nem hat ki az esemény. Elhúzódó, ismétlődő esőzés esetében a first flush lezajlása után, mivel csak a térfogatáram-csúcsok ismétlődnek – a csapadékvízben állandósult szennyezőanyag-koncentrációval –, így a tényező értékprofilja csak kisebb mértékben csökken a viharmentes napokhoz képest; viszont ez a térfogatáram-növekmény a hétfégi kisebb szennyvízterheléssel bíró időszakban nagyobb hatást gyakorol az aF csökkenésére. Ugyanakkor, haváriaszerű gyakori esőzés időtartama alatt szokványos esőzéshez képest tovább csökkennek az aF értékek a reaktorokban.

Az összehasonlított esőzési profilokkal párhuzamosan a levegőszükségletben bekövetkező hatást a 7. ábra tünteti fel 10 °C vízhőmérséklet esetére.

³³ USEPA 1989a: 14.



7. ábra: A csapadékesemények léghozamprofilja 10 °C-on a reaktorokban és összesítve

Forrás: a szerző szerkesztése

Az aF értékek alakulása határozottan megfigyelhető a léghozamprofilokban is: a vihar eleji lökészerű szennyezőanyag-növekmény dominál a maximális térfogatáram-érték meghatározásában. Következésképp a stabil levegőellátáshoz elegendő, ha a fűvók a telep által befogadható csapadékvízhozamból adódó óracúcsra vannak méretezve.³⁴ Ennek alapján méretezve, intenzíven ismétlődő esőzésnél a célértékhez képest csak marginálisan csökkenhet az oldottoxigén-koncentráció; biztonságosan betartva a tisztított vízre vonatkozó határértékeket ugyanis nem növekszik szignifikánsan a maximális levegőigény. Viszont, az aF tényező és az oxigénátadás száraz időjárási viszonyokhoz képesti romlását figyelmen kívül hagyva, a vihar jelentős része alatt meglehetősen romolhat a nitrifikáció oxigénellátása és határfoka, határérték-átlépéshez vezetve.³⁵ Ezt különösen fontos szem előtt tartani az elhúzódóan ismétlődő vihar esetében, ugyanis a száraz időszakhoz képesti hidraulikai csúcsok a first flush lezajlását követő napokban is növelik a levegőfogyasztást, nem megfelelő méretezés esetén tartós határérték-megszegést eredményezve.

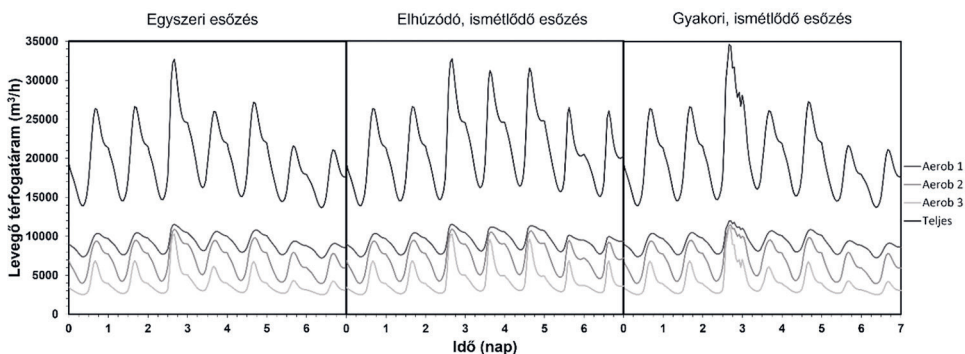
Tervezési szempontból tehát fontos a csapadékmaximum által megemelkedett levegő térfogatáram-kapacitásának biztosítása a kiválasztott fűvók működési tartományán belül, hiszen a motor túlterhelése hosszú távon iparbiztonsági szempontból veszélyes és energia-pazarlást okoz. Üzemeltetési oldalról az ábrázolt levegőhozam-tartományon belül szükséges váltakozás lefedése érdekében lényeges feladat az oldottoxigén-koncentráció szabályozásának behangolása.³⁶

Viszonyításképp a 8. ábrán láthatóak a 20 °C befolyó hőmérséklet példájára számított levegőztetési trendek.

³⁴ USEPA 1989b: 108.

³⁵ CHEN et al. 2020: 459.

³⁶ CHEN et al. 2020: 434.



8. ábra: A csapadékesemények léghozamprofilja 20 °C-on a reaktorokban és összesítve

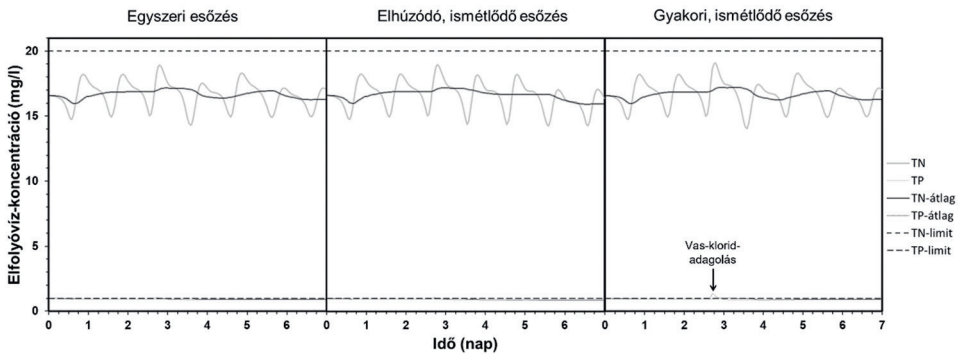
Forrás: a szerző szerkesztése

A levegőztetési rendszer méretezése szempontjából lényeges, hogy a nyári időszakban a szigorúbb, összes nitrogénre vonatkozó korlátozás (és hatékonyabb nitrifikáció) miatti magasabb oxigénszint-beállítások, illetve nagyobb hőmérsékletű vízben az oxigén rosszabb oldhatóságából kifolyólag összességében több levegőfogyasztással szükséges számolni. Ezenkívül a csapadékmennyiség növekményei élesebb csúcsokkal is járnak a levegő térfogatáram profilok tekintetében, amelyet az üzemeltetési stratégiának fontos tükröznie a folyamatirányítás hangolásában, a fúvók frekvenciaszabályozása által.

A foszforeltávolítás stabil működésével kapcsolatos megállapítások

A biológiai többletfoszfor-eltávolítás stabil üzemeltetéséhez fontos a foszforakkumuláló biomassza iszaprecirkuláció általi visszatartása, a folyamat érzékeny a hirtelenszerű hidraulikai növekményekre. A tanulmány példáiban napi egy térfogatáramcsúccsal jellemezhető csapadékvíz-mennyiség az elfolyó határérték tekintetében nem befolyásolta a biológiai foszforeltávolítás teljesítményét. Viszont a gyakori, ismétlődő esőzés esetében utóülepítéskor az iszapszint emelkedése és a biomassza kimosódása az eleveniszapos rendszerből ahhoz vezetett, hogy a biológiai kezelés önmagában 10 és 20 °C vízhőmérsékleten sem volt elegendő a vízminőségi korlátozás betartásában. Így, a határérték 0,2 mg/l értékkel történő meghaladása után fél órán keresztül Fe:P = 2:1 molarányban történő vas-klorid-adagolásra volt szükség annak érdekében, hogy a napi átlagban kifejezett szabályozás fenntartható legyen. A 9. ábra feltünteti a tisztított szennyvíz téli időszakra vonatkozó tápanyag-koncentrációit, az azokból származtatott egynapos mozgó átlagértékeket és a rájuk vonatkoztatott határértékeket, valamint a foszforeltávolítási üzemzavar elhárításának időpontját.³⁷

³⁷ 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet.



9. ábra: A csapadékesemények elfolyó TN- és TP-koncentráció profiljai 10 °C-on

Forrás: a szerző szerkesztése

Tervezési oldalról, biológiai többletfoszfor-eltávolítást alkalmazó létesítményekben mindenképp érdemes kiépíteni a kémiai foszforeltávolítás infrastruktúráját is, akár egyéb üzemeltetési problémákból eredő hatásfokromlás esetére is; praktikus ülepítés utáni szűrés előtt vagy egy második ülepítési fokozat előtt, ahol a szennyezőanyag-eltávolítás tovább javítható polimeradagolással, és kellő idő biztosított a havária kezelésére. A második fáziseltávolítási lépcsőre környezetbiztonsági okokból szintén érdemes befektetni, hiszen megakadályozza az elúszott iszap befogadóba történő kijutását.

Üzemeltetés szempontjából fontos az elfolyófoszfor-koncentráció monitorozása, hogy a kémiai foszforeltávolítás kiegészítő beavatkozása időben megkezdődhessen. Ennek hatékony megvalósításaként célszerű elhelyezni egy ortofoszfát koncentrációt online mérő szondát az utolsó aerob reaktorban, amely alapján a vegyszeradagolás mennyisége akár automatizálható is. A beavatkozás megvalósítható a biológiai reaktorok után elhelyezett utóülepítőben is, bár ez esetben feltétlenül kerülendő a fémsó túladagolása, hogy a rendszerben ne halmozódhasson fel vegyszeres iszap, amely egyéb biológiai folyamatok hatékonyságának lerontásával és iszapfelúszással járhat.³⁸

A denitrifikáció stabil működésével kapcsolatos megállapítások

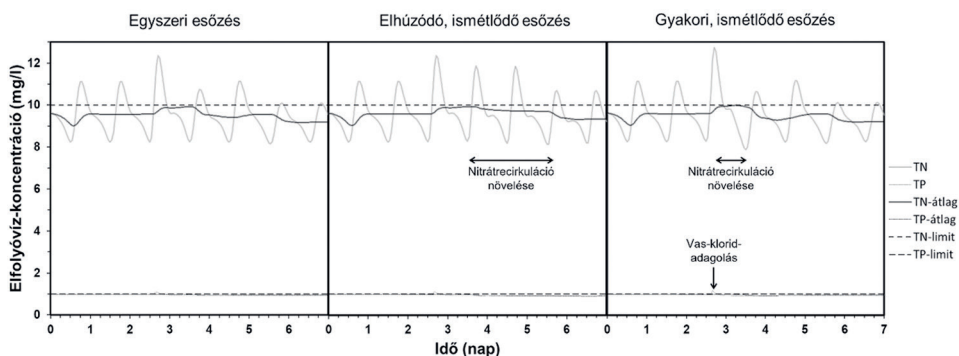
A tanulmány téli időszakában kevésbé szigorúak a nitrogéneltávolítással kapcsolatos követelmények, és így a kellően hatásos denitrifikálás miatt nincsen szükség a haváriaesemények elhárításához szükséges lépésekre. Ellenben a nyári elhúzódó viharok során a biomaszkoncentráció és az iszapkor csökkenése miatt mérvadóbb a denitrifikáció hatékonyságának leromlása. Ezáltal csak a belső recirkulációs térfogatáram növelésével sikerült tartani az elfolyó átlag TN-koncentráció határértékét a teljes szimulációs időszámban.³⁹ A nitrifikáció javítása

³⁸ HALÁSZ–FÖLDI 2007: 211.

³⁹ 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet.

egyéb alternatívaként megfontolandó, azonban ez túllegezőtetéssel járna, amely tovább rontaná a denitrifikálás teljesítményét. A 10. ábra mutatja a 20 °C vízhőmérséklet mellett időben előrejelzett tápanyag-koncentrációk értékét, mozgóátlagát, a határértékeket és a beavatkozások időintervallumát.

Gyakori és ismétlődő esőzésnél a nitráteltávolítás kellő intenzifikálása érdekében a recirkulációs vízhozamot 7%-kal szükséges növelni, a vihar végéig. Elhúzódóan ismétlődő esőzés során csak 4%-kal szükséges megemelni a nitrátrecirkuláció térfogatáramát, azonban a példában a vihar hosszabb ideig tart, így összességében ez több energia felhasználásához vezet; a hétvégi szennyvízterhelés mellett már visszaállítható a térfogatáram eredeti értéke. Fontos megjegyezni, hogy a belső recirkuláció túlzott növelése a gyorsabb áramlási sebességek miatt hidraulikai rövidzárlattal és a vízszint jelentős emelkedésével járhat, amely – a denitrifikációs kapacitás mellett – lényeges szempont a medencék méretezésénél.⁴⁰



10. ábra: A csapadékesemények elfolyó TN- és TP-koncentráció profiljai 20 °C-on

Forrás: a szerző szerkesztése

A vizsgálat eredményei alapján, berendezéskiválasztásnál lényeges szempont lehet, hogy a recirkulációs szivattyúk által biztosított maximális térfogatáram megfeleljen a szélsőséges esőzések által előidézett nitrogéneltávolítási kihívásoknak, figyelembe véve a működési határokkal kapcsolatos környezetbiztonsági megfontolásokat. Üzemeltetési oldalról, a szakemberek általi vízminőség monitorozása mellett még biztonságosabb és gazdaságosabb megközelítés a nitrátkoncentráció szabályozása folyamatirányítási stratégiával.⁴¹

⁴⁰ KARCHES 2018: 145.

⁴¹ YUAN–OEHMEN–INGILDSSEN 2002.

Összefoglalás, következtetések

A tanulmányból összességében következtetésképp levonható, hogy magyar szennyvíz-technológiai viszonylatban, a tisztítótelepeket érintő, klímaváltozásból eredő potenciális szélsőséges csapadékesemények haváriahelyezeti időben kivitelezett és helytálló beavatkozásokkal – tisztított vízzel szemben támasztott követelmények szempontjából – elháríthatóak. Levegőtetés szempontjából a legfőbb következtetés, hogy a fűvők az esős időjárásra vonatkoztatott maximális óracúcs alapján legyenek méretezve. Ez különösen fontos a potenciálisan elhúzódo, ismétlődő viharok tekintetében. A hirtelenszerű befolyó csapadékvíz térfogatáram-növekmények utőülepítésnél az iszapszint emelkedéséhez és a biomasza elűzéséhez vezethetnek, ezért környezetbiztonsági szempontból célszerű egy második fázisszétválasztási fokozat telepítése a létesítményben. A stabil foszforeltávolítás biztosítása érdekében alapvetően gyakori, ismétlődő esőzések esetében a biológiai tisztítási fokozat után szükséges lehet a biológiai többletfoszfor-eltávolítás kiegészítése ideiglenes, szakszerűen időzített kémiai foszforeltávolítással. A kellően hatékony nitrogénel távolítás érdekében fontos, hogy az ismétlődő viharok biomasza-koncentrációt csökkentő hatása miatt a belső recirkulációs szivattyúk rendelkezzenek (iparbiztonsági szempontból is) elegendő tartalék kapacitással.

Érdemes megjegyezni, hogy a tanulmány szennyvíz-technológiai kérdésekre fókuszál, ezért egy szennyvíztelepre maximálisan érdemileg befogadható csapadékmennyiségekkel számol, azonban előfordulhatnak esetek, hogy nagyobb térfogatáram esetén az üzemeltetők kénytelenek kerülőágon tisztítatlanul kibocsátani a befolyó víz egy részét. Továbbá, a vizsgálatok általánosan arra az esetre vonatkoznak, amikor a nyers befolyó vizet közvetlenül kezelik; bizonyos létesítményekben viszont az óracúcsok kiegyenlítésére léteznek külön technikák, például puffertartályokban történő előzetes tárolás, megkönnyítve a szennyvíztisztítást.

Jövőbeli tanulmányok célkitűzése a decentralizált, kisebb léptékű telepek havariaelhárítási lehetőségeinek felfedése, nagyobb fajlagos terhelésingadozással.

Irodalomjegyzék

- A Csatornázási Művek tájékoztatása a Gyáli-patak szennyezéséről. *Ittlakunk.hu*, 2020. november 24. Online: <https://23.kerulet.ittlakunk.hu/termeszeti/201124/csatornazasi-muvek-tajekoztatasa-gyali-patak-szennyezeserol>
- ALEX, Jens et al. (2008): Benchmark Simulation Model No. 1 (BSM1). In *Report by the IWA Task Group on Benchmarking of Control Strategies for WWTPs*. Lund: Lund University Department of Industrial Electrical Engineering and Automation. Online: www.iea.lth.se/publications/Reports/LTH-IEA-7229.pdf
- BÁBA Barnabás – KARCHES Tamás (2021): Operation Improvement of Sequencing FED-batch Wastewater Treatment. *Pollack Periodica*, 16(2), 61–66. Online: <https://doi.org/10.1556/606.2020.00302>
- BERGER Ádám – KÁTAI-URBÁN Lajos (2020): A veszélyes anyagok beszivárgásának betontechnológiai kockázatai, valamint a környezetre gyakorolt hatásuk. In *Iparbiztonsági és Hatósági Szakmai Nap*. Paks: Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, 28–38. Online: <https://tolna.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2020-04/70644.pdf>

- BUDAI Péter – BUZÁS Kálmán (2007): Highway Runoff Characterisation in Hungary. In *Proceedings of the 11th International Conference on Diffuse Pollution* (CD). Belo Horizonte: Federal University of Minas Gerais, PAP0076.
- CHEN, Guanghao et al. szerk. (2020): *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling and Design*. IX. kötet. Aeration and Mixing. London: IWA Publishing. Online: https://doi.org/10.2166/9781789060362_0419
- DOMJÁN Anita et al. (2019): Reakció idő számítása hidrológiai mérőhálózat alapján Pécssett. In *Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia tanulmányai*. Budapest: Dialóg Campus, 25–35. Online: https://vtk.uni-nke.hu/document/vtk-uni-nke-hu/Kézikönyv_csapadék.pdf
- FÖLDI László – HALÁSZ László (2013): *Környezetmérnökök katasztrófavédelmi feladatai*. Veszprém: Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet. Online: https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/33-Katasztrofa_v2.pdf
- FÖLDI László – HALÁSZ László (2014): *Környezetbiztonság*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/100403/562.pdf?sequence=1>
- FÖLDI László et al. szerk. (2015): *A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem. Online: <http://real.mtak.hu/31932/>
- GAZSÓ, Zita et al. (2017): Full-scale Wastewater Treatment Plant Simulation for Real-time Optimization. *Water Practice and Technology*, 12(4), 848–856. Online: <https://doi.org/10.2166/wpt.2017.091>
- HALÁSZ László – FÖLDI László (2007): *Környezetvédelem II*. Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar Vegyi- és Katasztrófavédelmi Intézet ABV Védelmi Tanszék.
- HENZE, Mogens et al. (1987): Activated Sludge Model No. 1. In *Scientific and Technical Reports No. 1*. London: International Association on Water Pollution Research and Control. Online: www.researchgate.net/publication/243624144_Activated_Sludge_Model_No_1
- KARCHES Tamás (2018): Effect of Internal Recirculation on Reactor Models in Wastewater Treatment. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 228, 145–153. Online: <https://doi.org/10.2495/WP180151>
- KARCHES Tamás et al. szerk. (2020): *Kis kapacitású szennyvíztisztító létesítmények*. Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/16097>
- KÓSA Levente – LUKENICS Jánosné – VERBA Attila (1997): *Vegyipari géptan II*. Budapest: Műegyetemi Kiadó.
- LI, Li-qing et al. (2007): First Flush of Storm Runoff Pollution from an Urban Catchment in China. *Journal of Environmental Sciences*, 19(3), 295–299. Online: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(07\)60048-5](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60048-5)
- NDEBA-NGANONGO, Lionnel A. N. et al. (2018): The Application of ADM/ASM Interface in Sumo Wide Plant Model. In *10th International Conference on Advances in Science, Engineering, Technology & Healthcare (ASETH-18)*. Cape Town: Eminent Association of Pioneers, 237–241. Online: <https://doi.org/10.17758/EARES4.EAP1118257>
- RIEGER, Leiv et al. (2012): Good Modelling Practice – Realizing the Full Benefits of Wastewater Treatment Modelling. *Water21*, 28–29. Online: www.researchgate.net/publication/231180872_Good_modelling_practice_-_Realizing_the_full_Benefits_of_wastewater_treatment_modelling
- SCHUCHARDT, A. et al. (2007): Evaluation of Oxygen Transfer Efficiency under Process Conditions Using the Dynamic Off-gas Method. *Environmental Technology*, 28(5), 479–489. Online: <https://doi.org/10.1080/09593332808618812>
- TAKÁCS Imre – PATRY, Gilles G. – NOLASCO, Daniel A. (1991): A Dynamic Model of the Clarification-thickening Process. *Water Research*, 25(10), 1263–1271. Online: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(91\)90066-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354(91)90066-Y)

- TARDY Gábor Márk – BAKOS Vince – JOBBÁGY Andrea (2012): Conditions and Technologies of Biological Wastewater Treatment in Hungary. *Water Science and Technology*, 65(9), 1676–1683. Online: <https://doi.org/10.2166/wst.2012.062>
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1974): *Emergency Planning for Municipal Wastewater Treatment Facilities*. Lynchburg, VA, EPA-430/9-74-013
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1989a): *Summary Report: Fine Pore (Fine Bubble) Aeration Systems*. Cincinnati, OH, EPA/625/8-85/010
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (1989b): *Design Manual: Fine Pore Aeration Systems*. Cincinnati, OH, EPA/625/1-89/023
- YUAN, Zhiguo – OEHMEN, Adrian – INGILDSSEN, Pernille (2002): Control of Nitrate Recirculation Flow in Predenitrification Systems. *Water Science and Technology*, 45(4–5), 29–36. Online: <https://doi.org/10.2166/wst.2002.0544>

Jogi források

- 24/2007. (VII. 3.) KvVM rendelet a Vízügyi Biztonsági Szabályzat kiadásáról
- 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól
- 541/2013. (XII. 30.) Korm. rendelet a létfontosságú vízgazdálkodási rendszerelemek és vízállásjelzők azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
2000. évi XXV. törvény a kémiai Biztonságról
2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről

Péter Pántya,¹  Lilla Horváth² 

Presentation of the Hazardous Environment in the Light of Firefighting Activity

The purpose of this article is to present the dangers facing firefighters during various interventions. It is a challenge for firefighters to deal with various hazards every day, be it firefighting, technical rescue, or even fire investigation. Intellectual readiness, professional knowledge, and a state of work are necessary to be able to handle a given situation effectively and professionally. In this article, the authors present both the hazards of firefighting work, with a brief overview of the consequences of climate change and technological development. To prepare the article, the authors processed several international and domestic literature and case studies, based on which the topic was presented extensively. At the end of the article, several accident prevention proposals and solutions related to the topic are mentioned. Based on these, the authors propose some development directions in the field of safety that may be suitable for more extensive protection against various threats.

Keywords: danger, climate change, firefighting, technical rescue, accident

Introduction

In Hungary, according to Section 23 (1) of Act XXXI of 1996 on fire protection, technical rescue and fire brigade (hereinafter: the Act), "the central management of fire protection and technical rescue and the activities of the fire brigade, except Section 24, shall be exercised by the Minister responsible for disaster protection, the head of the central disaster management body". The Director General of the National Directorate General for Disaster Management of the Ministry of the Interior (hereinafter: ND GDM) directs the activities of the professional fire brigades and controls the activities of the municipal fire brigade, the facility fire brigade

¹ Associate Professor, University of Public Service, e-mail: pantya.peter@uni-nke.hu

² PhD candidate, University of Public Service, Doctoral School of Military Engineering, e-mail: lilla.horvath@katved.gov.hu

and the voluntary fire brigade association performing firefighting and technical rescue tasks through the territorial body of the professional disaster management body.

During firefighting interventions, firefighters have to perform several different, in many cases dangerous tasks. According to Section 1 (2) of Act XCIII of 1993 on occupational safety and health, “those working in Hungary have the right to safe and healthy working conditions”. In addition, the employer is obliged to provide the stock with appropriate personal protective equipment and to review and inspect it regularly.

Climate change, which can be felt by many of us, will not make the lives of the firefighters intervening easier, as forest fires caused by drought or more frequent storm damage require more attention and preparation. However, the achievements of accelerated technical development in recent years have made everyday life easier, but they can also hold hidden dangers.

Environmental factors

Events (accidents, disasters, fires) that negatively affect people's daily lives can come from many sources. Disasters can also be grouped as follows:

- Natural disasters: rain, earthquake, ice, storm, etc.
- Artificial disasters: e.g. wars
- Sociological disasters: epidemics, explosions, nuclear activities³

Within these groups, it is mostly about recovering the damage caused by natural disasters. Frequent windstorms cut down trees, and demolish the tiles of houses, and in such cases, the help of firefighters is needed. The danger of an accident is also caused by the overhead cables on which the tree or the branch has fallen. Before starting work at the scene as a firefighter, it is essential to consult the energy supply company to disconnect the affected section to avoid electric shock. After that, the fallen tree or branch can be pruned professionally, during which it is necessary to comply with the rules of occupational safety.

Slippery surfaces caused by rain can also pose a risk, especially when working at heights. In such cases, it is important to protect against falling. Areas, where potholes and ditches due to road defects or soil conditions are filled with rainwater, are also additional risks. In such cases, an accident is more common in which the firefighter suffers an ankle injury after entering the pit during the intervention.

Due to the increase in the global average temperature, the weather in Hungary also differs from the previous, usual conditions. Drier periods have become more frequent, which has also led to an increase in the frequency and intensity of forest fires.⁴ As a result, the number and duration of interventions pose an increasing challenge to intervening firefighters, both physically and psychologically.

³ SZENDI 2011: 165.

⁴ RESTÁS 2020: 91–107.

Adequate heat protection, which is primarily provided by systematic personal protective equipment, is of paramount importance to firefighters in extinguishing fires. Additional protection includes proper distance and residence time, use of professional equipment, and communication with others at the scene.

During technical rescues, sudden events may occur that could be a source of danger to the life and physical integrity of the intervening firefighters. The special equipment they use is classified as dangerous machines such as a hydraulic rescue tool, a disc cutter, or a chainsaw, so their use requires certain professional knowledge. Accidental, incorrect movement can lead to accidents resulting in serious injury.

Regulation 34/2021 of the professional disaster management body on the provision of personal protective equipment to the personnel of the ND GDM contains the personal protective equipment required for the given jobs and tasks.

In the event of a fire or technical rescue, firefighters come into contact with the victims and face the bodies. Following a particular incident, the behaviour of the individuals involved may change relative to general behaviour, e.g. immobility, mental paralysis, aggression, etc.⁵ In such cases, firefighters must provide appropriate and professional assistance to the victims, avoiding any possible injury to themselves or others.

The sight of the dead can be psychologically stressful for some firefighters. Improper processing of these experiences in the future can lead to a condition, i.e. trauma, which has a negative effect on everyday life and causes an upset of physical and mental balance.⁶ In order to avoid this, achieving and maintaining one's mental health and well-being plays a particularly important role. Regular communication with other firefighters can help with this, since they have been and are going through similar events, so they understand the other person's problems. In addition, regular sports activities or even the clarity of different roles (leader, subordinate) within the workplace can be effective in dealing with stress.⁷

Finally, protection against biological, chemical, radiological and nuclear threats must be mentioned. In such situations, firefighters wear special protective clothing, thus ensuring isolation from the external environment. Due to the design of the gas-tight chemical protective clothing, picking up smaller objects becomes difficult. In addition, the view from the protective clothing becomes more limited, so the firefighter is under more pressure from a psychological point of view, which can affect the efficiency of performing the given activity. There is a certain amount of time available in the dress, so the stress caused by time constraints can have a negative effect on the mental state of the wearer of the dress, both in the short and long term. Finally, it is worth mentioning the process when the firefighter takes off the gas-tight chemical protective suit after the intervention. In such a case, it is necessary to remove the clothes professionally in order to avoid contamination. Mastering this process should be the subject of preliminary and repeated theoretical and practical training.⁸

⁵ RESTÁS 2016: 49–51.

⁶ KISS–SZ. MAKÓ 2015: 222.

⁷ JACOBSSON 2018.

⁸ PATITSA–CHALARIS 2016: 1761–1764.

Before starting any type of intervention and during the process, it is important that the firefighters pay attention to each other's personal protective equipment, i.e. it is necessary to check whether the other person has properly put on the protective clothing for the deployment. If communication and, as a result, harmony is established between teammates, the likelihood of accidents and injuries resulting from human inattention can be reduced.

For the sake of a brief look, it is worth mentioning the fire investigation and the dangers that occur in the process. Section 4 (f) of Act XXXI of 1996 on fire protection, technical rescue and fire brigade sets out the following: "An official activity aimed at discovering the time, place and cause of a fire to increase fire prevention knowledge and improve rescue intervention conditions."

For all this, a thorough inspection of the site is essential, during which the affected personnel must wear the specified personal protective equipment. The structural stability of a burned-out property is far from satisfactory, so it is necessary to pay more attention to the given building, as it cannot be ruled out that the fire inspector falls on e.g. a damaged beam. The risk of tripping in such cases is high, as the ruins can hide white spots that fall in the event of a step, causing injury to the ankles and feet. Finally, it is important to note that unknown gases and vapours can be released into the air in such cases, so the use of appropriate personal protective equipment and a thorough preventive assessment are important aspects before the examination (Figure 1).



Figure 1: Different dangers during interventions

Source: Drawing by Anna Veronika Grósz.

It must be emphasised that during the service, the firefighter must be in a working condition, i.e. his body must be free of alcohol and drugs that do not affect his ability to concentrate, as well as drugs, and he must be properly rested and healthy (e.g. fever-free).

Technical development

Thanks to the rapid technological development of recent years, several new devices and equipment have entered the market, which has posed a challenge to people both in terms of fire protection and firefighting. Examples are solar photovoltaic systems or the increasingly popular hybrid/electric vehicles.⁹ To ensure accident-free and efficient firefighting and technical rescue, a thorough, comprehensive study of the operating principles of these equipment (both in theory and in practice) is a necessary condition among firefighters today.

In case of solar-powered properties, special attention must be paid to firefighting if the roof structure and, if applicable, the solar system are ignited, as the owner of the property may not be connected to the mains. The following image is an excellent example of how much damage a burned solar cell can do to a building (Figure 2).



Figure 2: Roof structure damaged by solar panels

Source: FITZGERALD WEAVER 2019

Technical progress can also be seen in everyday transport, with cars and road transport vehicles being good examples, such as buses and trolleys. When extinguishing a fire caused by a breakdown or accident of a motor vehicle, especially if it can be started at an early stage, the source of the fire, i.e. the engine compartment or the battery, must be isolated. In this case, the intervention can be carried out more efficiently and the number of possible accidents can be reduced.

Finally, it is worth mentioning in general the smart devices that we all use every day. Today, most people have an Internet subscription, so we can access the wealth of information on the World Wide Web with several smart devices. Such devices include mobile phones, tablets, screens of all kind, etc. As a result of technological advances, we are increasingly relying on these devices, and even use them 24 hours a day compared to previous years.

The authors found it important to mention this description of the data because firefighters use smart devices both during the intervention and in their private lives. When working, it can be a source of danger for the user to rely too heavily on the device, taking her/his

⁹ PÁNTYA 2021: 287–296.

attention, thus ignoring his environment, which can even lead to an accident. Inside the fire stations, during rest periods, someone may use the phone while walking, moving so there is a risk of falling, stumbling and being injured. In summary, the opportunities offered by the technological advances that have largely shaped our world today will in any case have a positive effect on the effectiveness of firefighting interventions, but the risk of inattention due to convenience has increased, which is often worth noting.

Description of international cases

According to the NFPA (National Fire Protection Association, United States), in 2020, 64,875 firefighters in the United States were injured while on duty. The main causes of injuries during firefighting and technical rescue are shown in Figure 3.

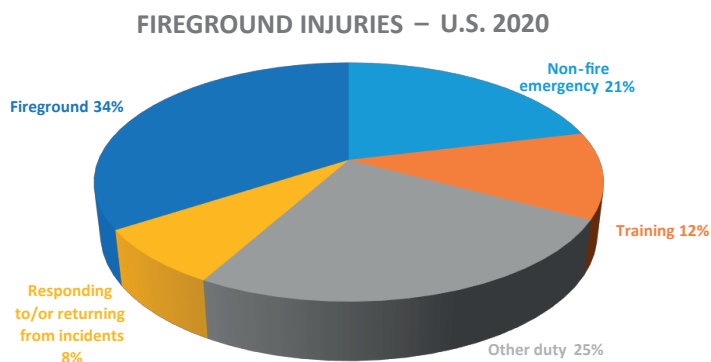


Figure 3: Causes of accidents during firefighting

Source: CAMPBELL–EVARTS 2021

Figure 3 shows that the majority of accidents occur during firefighting (34%). The non-fire emergency cases can connect to it with 21%. Most accidents are likely to occur during these cases, as there are a number of unexpected hazards that the firefighter cannot prepare for in all cases. This is followed by a series of accidents that do not fall into the categories shown on the chart. This may be the case when a firefighter stumbles at a fire station as a result of a bad move while in walking. The third most common type of accident is any type of intervention (e.g. technical rescue) where we cannot talk about extinguishing a fire. Unexpected events can also occur in such cases, such as a failure of professional firefighting equipment, which can easily lead to an accident.

In our opinion, the proportion of accidents that occurred during exercises and sports (12%) is low. By maintaining appropriate and regular theoretical and practical training, whether before a sport or a firefighter training, this ratio can be maintained or even reduced. The smallest number of accidents is responding to/or returning from incidents, which in many cases is the result of inattention.

Case report

In a U.S. city, on a Thursday morning, a neighbour noticed that the house next door was on fire, so he immediately called the firefighters. The fire department alerted two fire trucks, one of which was a ladder. After receiving several emergency calls, it was revealed that several people were stranded on the second floor, so the fire department sent a third fire truck and an emergency ambulance. Within four minutes, the first fire truck arrived, followed by the units that were later dismantled, bringing the total number of firefighters on-site to a total of 19.

Upon their arrival, the firefighters saw that several rooms were burning on the first floor. Two firefighters transmitted a hose line to the first floor living room, extinguishing the fire as they progressed. From the ladder fire truck, firefighters were looking for two people trapped on the second floor. The doors and windows in the house were open, but the strong southwest wind (24–40 km/h) quickly amplified the spread of flames.

A more intense fire due to the wind spread faster to the first floor, squeezing the occupants and two rescue personnel on the second floor, thus blocking the escape route. The two firefighters, who had previously extinguished the fire in the first floor living room, had to flee the burning house but suffered first-degree burns. To evacuate the people trapped upstairs, the outdoor units propped two fire ladders to the side of the house, to the window of one of the rooms.

However, the fire was already so widespread that the people inside could no longer approach the window in that room. Eventually, one of the firefighters trapped inside facing the flames helped one of the victims to the window, and then, he managed to reach the ladder.

A total of seven firefighters were injured in the fire. Of these, four, who were inside during the fire, suffered first-degree burns. They did not suffer any major injuries as they were professionally wearing the appropriate personal protective equipment that is required to be worn in exactly such cases. The two firefighters outside had a mild smoke poisoning as they did not wear a breathing apparatus. In addition, a civilian got smoke poisoning while fleeing the building.¹⁰

The incident described above shows the dangers firefighters face in their daily work. The example illustrates the importance of professional knowledge in this activity. As this work puts a special psychological burden on people, firefighters must acquire and then repeat the necessary knowledge from time to time during theoretical and practical training. In addition, the role of personal protective equipment in the work of firefighters was mentioned. Of course, it should not be forgotten that it is not enough just to wear personal protective equipment, but to check it regularly and, if necessary, review it to ensure that it can provide protection.

¹⁰ HAYNES–MOLIS 2016: 28–30.

Results

This article describes several hazards that firefighters are exposed to in their daily lives. The authors now describe a solution that can reduce the occurrence or extent of accidents and injuries in one of these dangerous situations.

For electric car fires, the Rosenbauer company offers a completely new solution to the problem that reaches the source of the fire in a safer and more efficient way. For electric and hybrid vehicles, this type of extinguishing system breaks through the bottom of the battery and then delivers the extinguishing agent through the gap (Figure 4). A lance is used for the breakthrough, for which the energy required is provided by a compressed air cylinder. The special feature of the system is that this solution is compatible with any type of vehicle, i.e. battery system. Of course, the most important thing to determine is whether a fire in a vehicle is caused by the battery. The extinguishing system has already been tested at several European fire brigades and in fires.¹¹

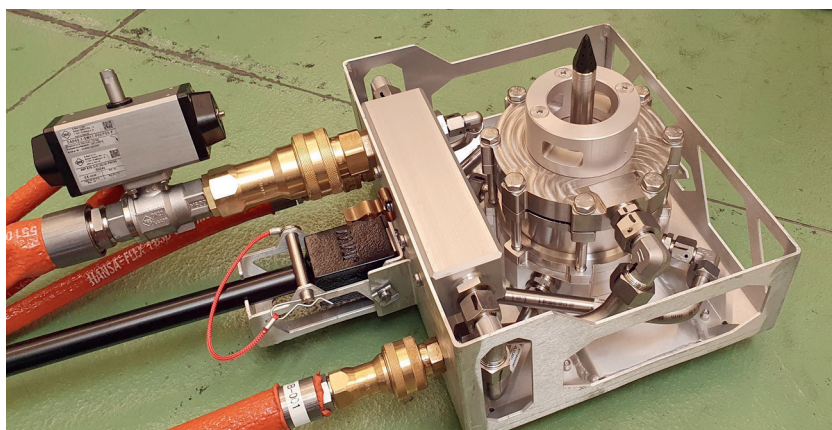


Figure 4: Rosenbauer extinguishing system

Source: Hesztia Kft. 2022: 57–58.

As a consequence of the changing environmental environment and the evolving digital world, education and training need to be constantly updated. Accordingly, it is strongly recommended to visit forums, workshops and exhibitions in the field of firefighting on these topics, so that the intervening firefighters are always able to carry out their activities with certain knowledge and training.

¹¹ Hesztia Kft. 2022: 57–58.

Conclusion

In this article, the authors present the daily hazards associated with firefighting, technical rescue and fire testing. There was also talk of climate change, which will not make it easier for firefighters to intervene shortly. The smart tools and solutions most used by the society of our time have been mentioned as they have posed and pose a different challenge to the fire brigade than in previous years. As a solution, the authors have introduced a new firefighting equipment that has been developed to extinguish electric cars, making them easier and safer to work with. The training that is important at all times has been identified as a recommendation, as it is necessary to know not only the equipment that is the subject of firefighting, but also the more modern firefighting technique itself, as the goal is always to minimise personal injury and property damage.

References

- CAMPBELL, Richard – EVARTS, Ben (2021): *United States Firefighter Injuries in 2020*. National Fire Protection Association Research. Online: www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Emergency-responders/osffinjuries.pdf
- FITZGERALD WEAVER, John (2019): There Are – Data Missing – Solar Power Fires Per Year. *Pv Magazine*, 22 August 2019. Online: <https://pv-magazine-usa.com/2019/08/22/there-are-solar-power-fires-per-year/>
- HAYNES, Hylton J. G. – MOLIS, Joseph L. (2016): *U.S. Firefighter Injuries*. National Fire Protection Association Research.
- Hesztia Kft. (2022): Elektromos autók akkumulátorainak oltása – új oltórendszer. *Védelem Katasztrófa-védelmi Szemle*, 29(2), 57–58.
- JACOBSSON, Ann (2018): *Exploring Firefighters' Health and Well-being at Work*. Dissertation for PhD, Umeå University, Sweden.
- KISS, Enikő Csilla – SZ. MAKÓ Hajnalka eds. (2015): *Gyász, krízis, trauma és a megküzdés lélektana*. Pécs: Pro Pannónia Kiadói Alapítvány.
- PÁNTYA, Péter (2021): Possibilities and Dangers for the Fire Protection in the Field of Alternative Energy Sources. *Védelem Tudomány*, 6(3), 287–296.
- PATITSA, Christina – CHALARIS, Michail (2016): Chemical Incidents Impact in the Psychological Risks of Firefighters. An Analysis of the Findings for the Stress Factors in the Personnel of Hellenic Fire Corps. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 7(9), 1761–1764.
- RESTÁS, Ágoston (2016): Pszichológia a tűz frontvonalában. *Védelem Tudomány*, 1(3), 46–56.
- RESTÁS, Ágoston (2020): *Az erdőtüzek intenzitásának változása a globális klímaváltozás hatására*. Budapest: Dialóg Campus.
- SZENDI, Rebeka (2011): A katasztrófák csoportosításának lehetőségei. *Hadtudományi Szemle*, 4(4), 163–171.

Orgoványi Péter¹ 

Közüzemi vízellátó hálózatok veszteségelemzésének hatékonyságnövelése térinformatikai módszerrel

Increasing the Efficiency of Loss Analysis of Public Water Supply Networks Using Geospatial Method

A hazai közüzemi vízellátó hálózatok romló műszaki állapotának következtében jelentős mennyiségű tisztított és fogyasztásra szánt vízmennyiség kerül a csővezetéseket körülvevő talajrétegekbe. A hazai statisztikai adatok alapján a hálózati veszteség 20–30%, de vannak olyan területek, ahol 80% körüli ez az érték. A veszteségek csökkentése gazdaságossági és környezetvédelmi szempontból egyaránt kiemelt jelentőségű. A veszteségelemzési módszertanok hatékonyságát térinformatikai adatokkal növelni tudjuk. Jelen tanulmányban a térinformatikai adatbázisok (GIS) hatékony alkalmazhatóságára mutatok be egy javaslatot, amellyel a hálózati veszteségelemzés megkönnyíthető, majd további kutatási irányokat vázolok fel.

Kulcsszavak: vízellátás, veszteség, térinformatika, WDS, DMA, szivárgás

Due to the deteriorating technical condition of public water supply networks, a significant amount of treated water is being discharged into the soil surrounding the pipelines. Based on statistical analyses, network losses are in the range of 20–30%, but there may be areas where losses of around 80% can occur. Reducing loss is a priority from both economic and environmental points

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar Vízellátási és Csatornázási Tanszék; Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: orgovanyi.peter@uni-nke.hu

of views. The effectiveness of loss analysis methodologies can be improved by using geospatial data. In this paper, I propose the effective use of geospatial databases (GIS) to improve network loss analysis and outline further research directions.

Keywords: water supply, water loss, geoinformatics, WDS, DMA, leakage

Bevezetés

Napjainkban a hazai víziközmű-hálózatok műszaki állapota folyamatosan romlik, ráadásul kimutatások alapján a változás üteme növekvő tendenciát mutat. A közülemi vízellátás a nemzeti létfontosságú kritikus infrastruktúra-rendszerekhez tartozik. A besorolás is alátámasztja, hogy a szolgáltatás színvonalának megőrzésére és tartós biztosítására kiemelt figyelmet szükséges fordítani. Közműszolgáltatás lévén, a víziközmű-szolgáltatók feladata a folyamatos, megfelelő minőségű, mennyiségű és nyomású víz biztosítása a szerződött fogyasztók számára. Hazánkban jelenleg körülbelül negyven² különböző víziközmű-szolgáltató vállalat végzi tevékenységét. A vállalatok száma azért is releváns adat, mert 2011. évben még közel négyszáz szolgáltató látta el a szolgáltatási tevékenységet.³ Korábban a szolgáltatók az adatkezelést nem egységes rendszerben végezték, emiatt az adatbázisok hiányosak, a meglévő adatok pontossága megkérdőjelezhető. Mindez jelentős feladatot jelent napjainkban is a jelenlegi szolgáltatóknak. A 324/2013. (VIII. 29.) Korm. rendelet az egységes elektronikus közműnyilvántartásról alapján a szolgáltatók 2013 óta egységes alapokon vezetik a nyilvántartást. Bevezették az E-közmű rendszert, amely elsősorban az egységes elektronikus nyilvántartás és a közművekkel kapcsolatos ügyintézés átláthatóbbá és hatékonyabbá tétele érdekében jött létre. Az egységesített és online elérhető adatbázis az egyes közművekre vonatkozólag számos adatot tartalmaz. A teljesség igénye nélkül ilyen adatok például a tulajdonos neve, üzemeltető vállalat, szakasz hossza, közeg szállításmódja, szállított közeg megnevezése stb. A tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy napjainkban is jelentős adathiányok mutatkoznak a hálózatokkal kapcsolatban, még ha ennek mértéke területenként eltérő is.

A továbbiakban a vízellátó hálózatokkal foglalkozom részleteiben, de a csatornahálózatot is szükséges megemlíteni, amikor a víziközmű-hálózatokról beszélünk. A fenntartható települési vízgazdálkodás fontos eleme a használtvizek gyűjtése és tisztítása korszerű szennyvízkezelő technológiákkal.⁴ A kisebb településeken, ahol a vízellátás már biztosítva van, viszont a csatornázás nem megoldott, decentralizált szennyvízkezelő megoldásokat alkalmaznak.⁵ Az éghajlatváltozás hatására gyakrabban kialakuló szélsőséges időjárási jelenségek, mint például a villámvizek,⁶ a csatornahálózatok tervezési módszertanának újragondolását indokolják, amelyet napjainkban már hidraulikai modellezéssel kiegészítve célszerű végezni.

² MEKH 2019.

³ KPMG 2015.

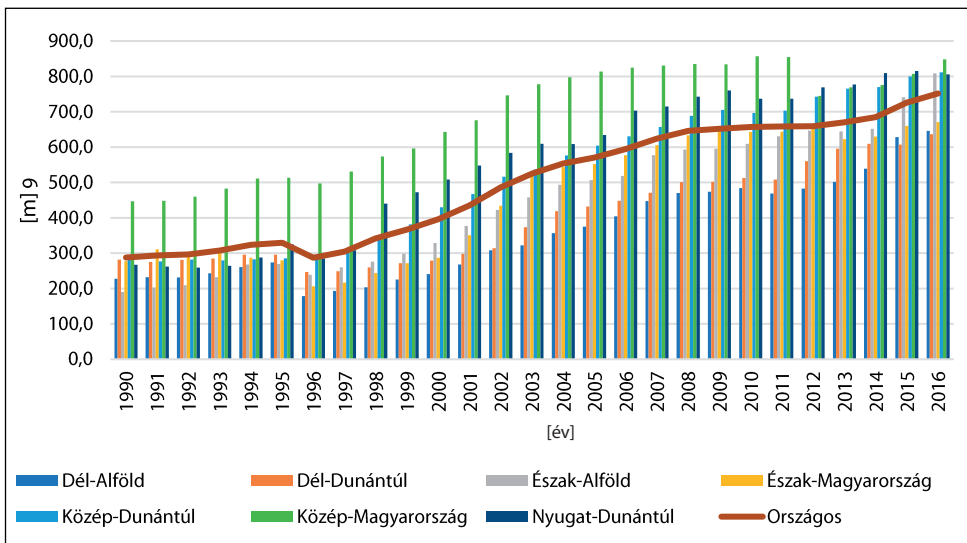
⁴ BÁBA-KARCHES 2021.

⁵ BÁBA-KARCHES 2020.

⁶ FÖLDI-BEREK-PADÁNYI 2021.

A vízellátó hálózat állapota

2017-ben a hivatalos adatok alapján a teljes vízellátó hálózati hossz 92 446 kilométer volt.⁷ Ebbe az értékbe a gerincvezetéseken kívül a bekötővezetékek is beletartoznak, mintegy 25%-kal. A hazai szabályozás alapján a víziközművek teljes egészében állami vagy önkormányzati tulajdonban vannak.⁸ A hálózat kiépítettsége 95% feletti volt már a 2011-es adatok alapján is. Ez az érték a környező országokhoz képest a legjobbnak mondható.⁹ A teljes víziközmű-szolgáltatást – a csatornaszolgáltatást is ide értve – vizsgálva szintén jó kiépítettséget tapasztalhatunk. Az 1. ábra az elsődleges közműolló¹⁰ mutatja régiónkénti felbontásban az 1990-es évektől kezdődően. Ez alapján azt is kijelenthetjük, hogy a víziközmű-szolgáltatás a teljes hazai piacot lefedi. A beruházási folyamatoknak ezt követően már a fenntartásra kell irányulniuk elsősorban.



1. ábra: Az elsődleges közműolló alakulása 1990–2016 között

Forrás: ORGOVÁNYI–DALKÓ 2019

A hálózat anyagát tekintve kétharmad rész az 1970-es években épült azbesztcement anyagú vezeték, illetve jelentős részt képeznek a maradék egyharmad részéből is a következő évtizedekben alkalmazott KM-PVC anyagú vezeték. Napjainkban a KPE-típusú vezeték alkalmazása az elterjedt. A cikk megírásakor elérhető legfrissebb adatok alapján készült csőanyagmegoszlást a 2. ábra szemlélteti. Fektetésük idején az azbesztcement vezetékeket 40 éves élettartamra

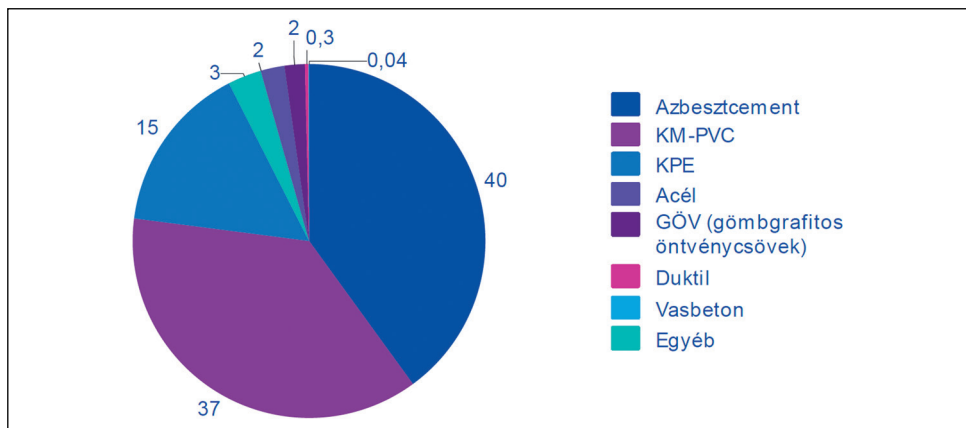
⁷ Századvég Gazdaságkutató Zrt. 2018.

⁸ 2011. évi CCIX. törvény a víziközmű-szolgáltatásról, 6 §.

⁹ KPMG 2015.

¹⁰ Az elsődleges közműolló az egy kilométer ivóvízvezeték-hálózatra jutó szennyvízcsatorna-hálózat hossza méterben.

irányozták elő. A közműhálózatokat a tervezési gyakorlat alapján 50 éves időtávra tervezzük. Belátható, hogy napjainkban már meghaladtuk ezeket a tervezett intervallumokat. Az azbeszt-cement vagy köznyelvben használatos nevén az eternit csővezeték esetében a hosszú távú vizsgálatok kimutatták, hogy 50-60 év után romlanak a szilárdsági mutatói.¹¹



2. ábra: Ivóvíz-gerincvezeték csőanyag szerinti megoszlása százalékban

Forrás: KPMG 2020 és MEKH 2019 alapján a szerző szerkesztése

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) adatai alapján a hálózat 56%-a túlnyomóan kockázatos, és 30%-a kockázatos minősítés alá tartozik. Az adatok alapján 2012-ben az egy kilométerre jutó meghibásodások száma 0,61 volt. Ez az érték 2017-ben már 1,34-re növekedett.¹² A növekedés üteme előreláthatólag folytatódni fog a következő években is. A problémára megoldást jelentene, ha a közműhálózati rekonstrukció megfelelő prioritást kapna. A víziközmű-szektor forráshiányának köszönhetően a rekonstrukciós munkálatok nem a megfelelő ütemben haladnak, így országos szinten az évenként lecserélt csőmennyiség csak 350 kilométerre tehető. Ezzel szemben 2000 kilométer vezetékcsere lenne szükséges évente (2017-es adatok alapján). Az elmúlt 20 évben az Európai Unióhoz történő csatlakozás következtében, az egységesség miatt szigorodó vízminőséggel szemben támasztott követelmények¹³ teljesítése érdekében ivóvízminőség-javító programok keretében történtek fejlesztések az ágazatban. Ezek a fejlesztések azonban csak kis mértékben érintették az ellátó hálózatot. A Nemzeti Vízstratégia részelemei között kiemelt szerepet kap a minőségi víz- és szennyvíz-szolgáltatás, amelyen belül a vízvesztések csökkentése, illetve az energiahatékonyság növelése is kiemelt cél.

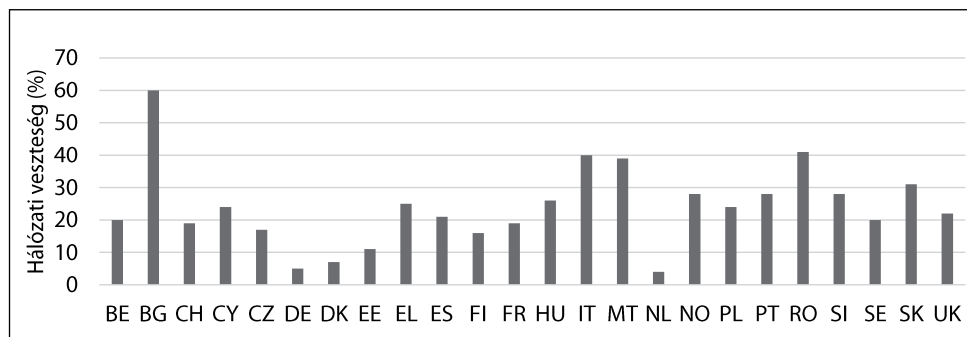
¹¹ Lásd MASZ: Azbesztcement csövek, <https://azbesztmentes.hu/>

¹² Századvég Gazdaságkutató Zrt. 2018.

¹³ 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet.

Veszteségek

A hálózati meghibásodások a veszteségek növekedésével is járnak. Egy gerincvezetéken jelentkező 1 mm átmérőjű lyukon keresztül körülbelül 500 m³, míg egy 3 mm átmérőjű lyuk esetében akár 4200 m³ vízmennyiség távozik a környező talajba éves szinten.¹⁴ Az általános nézet alapján a veszteség a termelt és értékesített víz különbsége. Legtöbbször ezekkel a százalékos értékekkel találkozunk a kimutatásokban. Hazánkban ez az érték a hivatalosan közölt adatok alapján mintegy 22%-ra tehető. Ha csak a 22%-ból indulunk ki, akkor az éves szinten 144 millió m³ vízmennyiséget jelent. Tehát ezt a mennyiséget a vízbázisból kitermelték, szükség esetén a megfelelő technológiával megtisztították. A folyamat közben és a folyamat végén a nyers-, majd a kezelt vizet szivattyúk segítségével, elektromos áram használatával mozgatták. Az energiastratégiák alapköve a jelenlegi fogyasztások csökkentése, ezzel a fenntartható fejlődés elősegítése.¹⁵ A teljes országos adatokat átlagoló, százalékos veszteség értékét figyelembe véve hazánk az EU országai között körülbelül a 15. helyen helyezkedett el 2012–2015-ben.¹⁶ A legfrissebb, 2021-ben kiadott összegzés alapján a 9. helyen van.¹⁷ Az egyes országok hivatalos százalékos veszteségadatait a 3. ábra szemlélteti. A százalékos értéken kívül, jelenleg a nemzetközi összehasonlításhoz a fajlagos veszteség-¹⁸ értéket szokták még vizsgálni. Az uniós értékeket a 4. ábra szemlélteti országonként. Hazánkban a 2017-es jelentés alapján 1500 m³/km/év körüli értéket kapunk, még az EU-átlag 2171 m³/km/év. A legújabb adatok alapján a hazai érték megközelítőleg 3000 m³/km/év, amíg az EU-átlag 2696 m³/km/év.



3. ábra: Vízellátó hálózati veszteség az Európai Unió országaiban 2019-ben százalékos értékben kifejezve
 Forrás: EurEua 2021

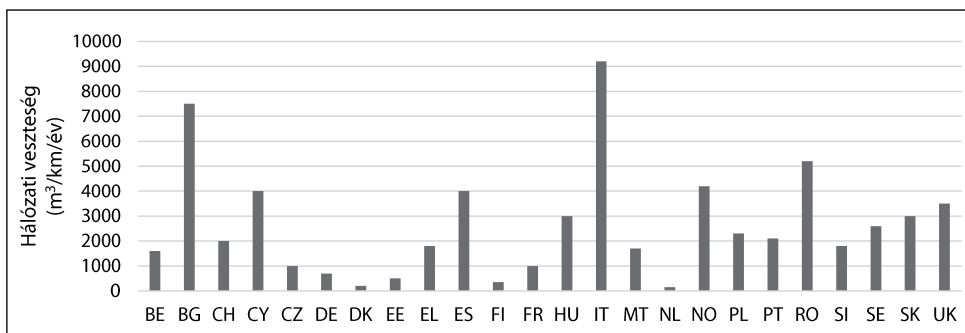
¹⁴ FÁBRİK 2017.

¹⁵ HALÁSZ–FÖLDI 2014.

¹⁶ EurEau 2017.

¹⁷ EurEau 2021.

¹⁸ Egy kilométer csőhosszra vetített veszteség értéke köbméter mértékegységben kifejezve.



4. ábra: Vízellátó hálózati veszteség az Európai Unió országaiban 2019-ben m³/km értékben kifejezve

Forrás: EurEua 2021

A veszteségeket mindenképp területileg elkülönítve érdemes vizsgálni és nem országos vagy regionális szinten, hiszen a kiugróan magas értékek így rejtve maradnak.

A veszteségek részletesebb vizsgálatához az alábbi táblázat (1. táblázat) nyújt segítséget. A rendszerbe betáplált vízmennyiségek két részre bonthatók: engedélyezett fogyasztások és veszteségek. Az engedélyezett fogyasztások kategóriájában számlázott és nem számlázott mennyiségeket különítünk el. A számlázott, mért fogyasztások alkotják az értékesített vízmennyiséget. A nem számlázott, engedélyezett fogyasztások körébe tartoznak a számlázási hibák, illetve a méretlen fogyasztások, mint például a tűzoltásra használt vízmennyiségek.

1. táblázat: A rendszerbe táplált vízmennyiség összetevői

A rendszerbe betáplált vízmennyiség	Engedélyezett fogyasztás	Számlázott engedélyezett fogyasztás	Számlázott, mért fogyasztás (beleértve a vízexportot)	Értékesített víz
			Számlázott, mért fogyasztás (beleértve a vízatadást) (számlázási hiba)	
	Vízvesztesség	Nem számlázott, engedélyezett fogyasztás	Nem számlázott, mért fogyasztás (beleértve a vízatadást) (számlázási hiba)	Nem számlázott víz NSZV
			Nem számlázott, méretlen fogyasztás (tűzoltás)	
	Valódi veszteség	Látszólagos veszteség	Nem jogosult/illegális fogyasztás (vízlopás)	
			Mérési pontatlanságok	
Hálózati szivárgások				
		Csőtörések okozta vízfolyások		
		Üzemeltetési hibákból adódó vízvesztések		

Forrás: a szerző szerkesztése IWA 2002 alapján

A veszteségek kategóriáját a nemzetközi irodalom két részre bontja, látszólagos és valós veszteségekre. A látszólagos veszteségek kategóriájába tartoznak az illegális fogyasztások, valamint a mérési pontatlanságok. A valódi veszteségek három részre bonthatók: hálózati szivárgások, csőtörések okozta vízfolyások, valamint üzemeltetési hibákból adódó vízvesztések. A Nem

Számlázott Víz (NSZV) kategóriába sorolhatók a veszteségek és a nem számlázott mennyiségek. A veszteségek mennyiségi megoszlását tekintve, az IWA¹⁹-adatok alapján 25%-át alkotják a nem látható szivárgások, amelyek annyira kis hozammal jelentkeznek, hogy akusztikus műszerekkel nem kimutathatók, más néven ezeket nevezzük háttérszivárgásnak. 30% körül alakulnak azok a nem látható szivárgások, amelyek már felderíthetők a megfelelő műszerezettség segítségével. A veszteségek legnagyobb hányadát, közel 45%-át a látható szivárgások adják. A látható szivárgások általában a többi kategóriához képest jelentősen kevesebb ideig tapasztalhatók. Ennek az az oka, hogy a nagyobb vízhozam miatt a felszínen is észlelni lehet, ami után gyors beavatkozás szükséges az üzemeltető részéről.

A nemzetközi vízvesztés-csökkentési stratégia alapján a feltárható éves valós veszteségeket (CARL)²⁰ csupán az elkerülhetetlen éves valós veszteség (UARL)²¹ mértékéig lehet csökkenteni műszaki megoldásokkal. Ennek az értéknek az elérése viszont gazdaságossági okokból nem lehet célunk, emiatt meg kell állapítani egy gazdaságos veszteségszintet. Az IWA adatai alapján a gazdaságosvesztés-szint átlagosan 20% körüli értéken várható, de ez területenként erősen eltérő lehet.

A veszteség értékének jellemzésére számos metódus létezik. Gyakorlatban használatos a fajlagos hálózati veszteség-érték, amely az egy kilométer egységre adja meg a veszteség értékét [$\text{m}^3/\text{h}/\text{km}$], valamint a fajlagos hibaszámérték is, amely egy év időegységre adja meg az egy kilométerre eső hibaszám értékét [$\text{db}/\text{km}/\text{év}$]. Nemzetközi viszonylatban pedig a nem számlázott vizek (NSZV-) mutatót is gyakran alkalmazzák, számítása a CARL/UARL összefüggéssel egyszerűen elvégezhető. A CARL számítása esetében, ha ismerjük az éves valódi veszteség értékét, és a hálózatunk a teljes vizsgált időszak alatt üzemelt, tehát nyomás alatt volt, akkor az érték módosítás nélkül alkalmazható. Az UARL esetében összetettebb a meghatározás. A számítás során a hálózat hosszát, a bekötések darabszámát és hosszát, valamint az üzemi nyomást is figyelembe veszik. Nemzetközi szinten is emiatt támogatják inkább az ILI,²² vagyis az infrastruktúra-szivárgási index alkalmazását a veszteségek leírására, mert értéke magában hordozza az adott rendszer sajátosságait is. Ezeket a sajátosságokat azonban az egyes rendszerek értékeinek összehasonlításánál is figyelembe kell venni.

Az IWA Vízvesztés Szakértői Csoportja²³ (WLSG) 2022. márciusi állásfoglalásában támogatja az ILI alkalmazását. A WLSG azért hívja fel a figyelmet az ILI alkalmazására, mert a 2020/2184 EU irányelv kapcsán az egységes értelmezés érdekében pontosítani szükséges a veszteségek vizsgálatának kérdéskörét. A tagállamoknak 2026-ig el kell végezniük a szivárgási szintek értékelését, és erről kimutatást kell készíteniük. Az irányelv megfogalmazása alapján nem kötelező az ILI alkalmazása, a szivárgás mértékének értékelése más, megfelelő módszerrel is elvégezhető. Az egyes országok beszámolóit alapján 2028-ig meghatározásra kerül az egységes szivárgási küszöbérték, amely alapján a küszöbértéknél magasabb mutatókkal

¹⁹ International Water Association, Nemzetközi Vízügyi Szövetség.

²⁰ Current annual real losses – feltárható éves valós veszteségek.

²¹ Unavoidable real losses – elkerülhetetlen éves valós veszteség.

²² Infrastructure leakage index – infrastruktúra-szivárgási index.

²³ IWA Water Loss Specialist Group, IWA Vízvesztés Szakértői Csoportja.

rendelkező területekre 2030-ig az egyes országoknak cselekvési tervet kell készíteniük a szivárgások csökkentésére.²⁴

Adaptált térinformatikai módszertan

A vízellátó hálózatok vizsgálata során a bemeneti paraméterek körébe tartozik a hálózaton jelentkező fogyasztások térbeli és időbeli megoszlása. A térbeli eloszlás vizsgálatára számos gyakorlat létezik. A vizsgálat célja és a megkívánt részletesség alapján lehet eldönteni, hogy melyik módszer alkalmazása vezet a megfelelő eredményre. Itt is, mint sok más esetben, a rendelkezésre álló adatok korlátot jelentenek a vizsgálat kimenetele szempontjából. A számtani átlag módszerétől kezdve, a vezetékhozz arányos fogyasztás eloszláson át, a körzetesítésig, a gyakorló mérnök szakember számára számos lehetőség adódik.²⁵ Egy idealizált rendszerben gondolkodva az lenne a legpontosabb, ha minden egyes, a hálózaton jelentkező fogyasztást a pontos helyén tudnánk vizsgálni. A jelenlegi adatbázisok mellett azonban ez nem, vagy csak részben lehetséges. A következőkben leírt módszertan erre nyújt egy általam kidolgozott javaslatot. A számlázási adatok alapján ismerjük az egyes fogyasztók fogyasztási értékeit, hiszen a vízmérő órák leolvasása alapján a vízdíjat is az alapján fizetik. A fogyasztók adatait tartalmazó adatbázisok azonban tartalmazzák a számlázási mennyiségeket, a fogyasztók címadatát és az egyedi azonosítójukat. Ezeket az adatbázisokat egyfajta körzetesítésre eddig is többen felhasználták, azonban a nagy elemszám miatt csak utcaszintre leszűrve, és még így is hosszadalmas adatfeldolgozást követően lehetett eredményre jutni. Az 5. ábra egy fel dolgozott számlázási adatbázist mutat térképen megjelenítve (kék jelölők) tesztadatbázison végzett vizsgálaton.



5. ábra: Fogyasztói adatok téradathoz rendelve

Forrás: a szerző szerkesztése Bing alaptérképre

²⁴ IWA Water Loss Specialist Group Position Statement, <https://iwa-network.org/news/iwa-water-loss-specialist-group-position-statement-use-of-the-infrastructure-leakage-index-in-eu-directives-and-regulations/>

²⁵ SALAMON 2017.



6. ábra: Fogyasztói adatok hőterképes megjelenítéssel

Forrás: a szerző szerkesztése Bing alaptérképre

A 6. ábra a bemutatóterületen található felhasználók hálózati vízfogyasztását mutatja hőterképes megjelenítésben. Az ilyen és ehhez hasonló térképi megjelenítésekkel egy adott terület fogyasztáseloszlása könnyen elemezhető. A térképi adatok alapján a zónamérések eredményeinek kiértékelésekor pontosabb adatokkal tudunk dolgozni, amivel a veszteségcsökkentés hatékonyságát is tudjuk javítani.

Az előzetes eredmények alapján a címadatbázisok feldolgozása gyors és hatékony módszernek bizonyul. 90%-os feldolgozási pontosság feletti eredményeket sikerült elérni minden esetben csupán pár óras élőmunka-befektetéssel. A téradathoz társított adatbázisok ezt követően egyszerű térinformatikai módszerek segítségével számos célra felhasználhatók.

Egy települési vízellátó hálózat esetében az aktív veszteségkeresés módszerét szokták alkalmazni olyan területeken, ahol online monitoringrendszer nincs telepítve. A módszer lényege, hogy a hálózatot mérési körzetekre bontjuk. A hálózaton a fogyasztási trendek alapján, általában a folyamatirányító rendszer által naplózott adatok vizsgálatából megállapítják a minimumfogyasztás időpontját, amely legtöbb esetben az éjszakai időpontra esik. Az egyes körzetekben lehet eltérő is ez az időpont, ezért a zónánként kialakított ideiglenes vízkormányzás segítségével, valamint a megfelelő helyen elhelyezett áramlásmérők segítségével külön is vizsgálhatók. A helyszínek és időpontok meghatározását követően a zónamérések következnek, amelyek során a területek vízforgalmát monitorozzák. A kapott értékeket összehasonlítják, mivel hasonló zónákban körülbelül azonos fogyasztási értékeket kell hogy tapasztaljanak a minimum mérések alkalmával. Amennyiben jelentős eltérések tapasztalhatók egyes zónákban, akkor a terület részletesebb vizsgálata következik. Amennyiben műszakilag indokolt, akkor kisebb zónákra lehet osztani az adott zónát. Az előzőekben bemutatott adatbázis-építés ennél a lépésnél tud segítséget nyújtani. Alkalmazásával térben vizsgálható, hogy az adott zónában milyen fogyasztók vannak jelen. Számlázott mennyiségi értékeik alapján lehet következtetni az adott időszakban lehetséges fogyasztási értékre. A manuális adatfeldolgozást ezáltal egyszerűsíthetjük és gyorsíthatjuk. Ha a lehetséges problémákat zónaszinten feltártuk, akkor

következik a hibahely pontos lehatárolása. Ezt akusztikus lehallgatással, illetve ezt követően korrelátoros lehatárolással lehet elvégezni.²⁶ Amennyiben a hibahely körülbelül ismert, akkor talajmikrofonnal történik a pontos behatárolás. Ezt követi a tényleges vezetékfeltárás és a hiba elhárítása. Ezt követően az adott szektorban minden esetben újra el kell végezni a méréseket.

Összefoglalás

A víziközmű-hálózatok hidraulikai modellezésének területén, az adatfeldolgozási módszertanok fejlesztésénél számos kiaknázatlan részterület van napjainkban is. Az említett fogyasztási adatok térbeli és időbeli pontosítása a modellek pontosságának növelése céljából kiemelt terület vizsgálataim során. A fogyasztások az 1990-es évektől kezdődően csökkenő tendenciát mutatnak országos szinten. A jelenleg üzemelő rendszereket a 30–50 évvel ezelőtti állapotokra méretezték. Az ország jelentős részére nézve a meglévő rendszerek túlméretezettek, és ez üzemeltetési gondokat eredményezhet. Vannak olyan agglomerációs területek, jellemzően Budapest környékén, ahol a rohamosan fejlődő területeken kiépített ellátóhálózatok fejlesztése elmarad a beépítettség fejlődésének ütemétől. Emiatt kapacitáshiány jelentkezik számos településen jelenleg is. Ez leginkább a nyári csúcscsökkentési időszakokban érzékelhető a vízellátó hálózatokon, de ugyanilyen problémák jelentkeznek a csatornahálózatokon és a szennyvíztisztító telepek esetében is.

A víziközmű-hálózatok elemzési hatékonyságának térinformatikai módszerekkel való fejlesztése megítéltésem szerint az egyik fő irány lehet a módszertani fejlesztések vizsgálata során.

Felhasznált irodalom

- BÁBA, Barnabás – KARCHES, Tamás (2020): Sizing of a Decentralized Wastewater Treatment Unit Supported by Biokinetic Modelling. *Pollack Periodica*, 15(1), 103–111. Online: <https://doi.org/10.1556/606.2020.15.1.10>
- BÁBA, Barnabás – KARCHES, Tamás (2021): Operation Improvement of Sequencing FED-Batch Wastewater Treatment. *Pollack Periodica*, 16(2), 61–66. Online: <https://doi.org/10.1556/606.2020.00302>
- EurEau (2017): *Europe's Water in Figures. An Overview of the European Drinking Water and Waste Water sectors*. Brussels: The European Federation of National Associations of Water Services. Online: www.eureau.org/resources/publications/1460-eureau-data-report-2017-1/file
- EurEau (2021): *Europe's Water in Figures. An Overview of the European Drinking Water and Waste Water Sectors*. Brussels: The European Federation of National Associations of Water Services. Online: www.eureau.org/resources/news/566-europe-s-water-in-figures
- FÁBRIK Tamás (2017): Az értékesítési különbözet csökkentésének módszertana. *Vízű Panoráma*, 25(4), 10–13. Online: www.maviz.org/system/files/vizmu_panorama_-_2017-4_web.pdf
- FÖLDI, László – BEREK, Tamás – PADÁNYI, József (2021): Hungary's Energy and Water Security Countermeasures as Answers to the Challenges of Global Climate Change. *AARMS*, 20(2), 87–96. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2021.2.7>
- HALÁSZ László – FÖLDI László (2014): *Környezetbiztonság*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem.

²⁶ TOLNAI 2008.

- KPMG (2015): *A magyar víziközmű ágazat bemutatása – átfogó tanulmány*. Magyar Víziközmű Szövetség (MaVíz). Online: www.maviz.org/system/files/kpmg-maviz_vizikozmu_agazati_helyzetkep_20150513.pdf
- KPMG (2020): *Helyzetfelmérés a hazai víziparról*. Magyar Víziközmű Szövetség (MaVíz). Online: www.maviz.org/system/files/maviz_vizipari_tanulmany_frissített_202011_final_public.pdf
- LAMBERT, A. O. (2002): International Report: Water Losses Management and Techniques. *Water Supply*, 2(4), 1–20. Online: <https://doi.org/10.2166/ws.2002.0115>
- MEKH (2019): *Felhasználói Elégedettségi Felmérés Víziközmű-szolgáltatás 2018*. Budapest: Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal.
- ORGOVÁNYI Péter – DALKÓ Ilona (2019): A csatornázottság hazai helyzete statisztikai adatok alapján. *Védelem Tudomány*, 4(4), 154–166. Online: <https://vedelemtudomany.hu/articles/08-orgovanyi-dalko.pdf>
- SALAMON Endre (2017): Ivóvízhálózatok hidraulikai modellezése, a modellezés határai. *Vízű Panoráma*, 25(5), 10–17. Online: www.maviz.org/system/files/vizmu_panorama_-_2017-5_web_1.pdf
- Századvég Gazdaságkutató Zrt. (2018): *A hazai víziközmű-szolgáltatás aktuális helyzete. Tények, problémák, megoldási javaslatok. Fenntartható lesz-e az ellátásbiztonság a jövőben?* Online: <https://docplayer.hu/105106238-Szazadveg-gazdasagkutato-zrt.html>
- TOLNAI Béla szerk. (2008): *Vízellátás Mátyus Sándor nyomán. A Fővárosi Vízművek Zrt. üzemeltetői ismeretanyaga*. Budapest: General Press.

Somogyi Tamás¹ 

Létesítményi infrastruktúra fizikai védelmének kialakulása és alapelvei

History and Principles of Infrastructures' Physical Security

A létesítményi infrastruktúra biztonságának esszenciális részét képezi a fizikai védelem, amelynek jelentősége napjainkban kétségtelenül növekszik. Tanulmányunkban áttekintjük a biztonság fogalmát és a fizikai védelem alapjait. Ezt követően archeológiai kutatási eredmények és vonatkozó szakirodalmi adatok alapján bemutatjuk a városfal, vagyis az első fizikai védelmi eszközök egyikének a megjelenését a legősibb települések körül. A történelmi érdekességeket is tartalmazó rész után a fizikai védelem 21. századi kérdéseit és kihívásait tárgyaljuk. Végezetül olyan megállapításokat teszünk a fizikai védelemről, amelyek egyaránt érvényesek voltak a kezdetekben és érvényesek napjainkban is. A jelenkort és a kezdeteket együtt láttató, az alapelvekre történelmi példákkal rávilágító cikkünk megerősítő és inspiráló lehet a biztonságstudomány szakemberei számára, valamint érdekességként szolgálhat a téma iránt érdeklődőknek.

Kulcsszavak: létesítményi infrastruktúra, fizikai védelem, ókor, városfal

Physical security is an essential part of infrastructures' security, and its importance is undoubtedly growing nowadays. In this article an overview of the term safety and security will be provided, and the basic principles of the physical security will be shown. Based on archaeological researches and relevant literatures, this paper introduces the town walls – one of the first protection tools – around the most ancient cities in an interesting way. Following this part, the physical protection in the 21st century will be described. Finally, principles will be presented that existed at ancient times and exist today. By showing the present and the past and highlighting the basic ideas with ancient examples, this article may be inspirational and supportive for the experts of the security and may be enjoyable for those who are interested in this field.

Keywords: infrastructure, physical security, ancient times, townwall

¹ Doktori hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, e-mail: somogyi.tamas@phd.uni-obuda.hu

Bevezetés

Életünket meghatározó módon átszövi az infrastruktúrák jelenléte és szolgáltatásai, erre pedig gyakran csak azok hiánya, kiesése esetén döbbenünk rá. Bár több meghatározás is található, általánosságban elfogadott, hogy az infrastruktúra létesítmények, intézmények, eszközök és személyek olyan összekapcsolódása, amely lehetővé teszi anyagi javak termelését és fogyasztását a gazdaság minden területén, valamint hozzájárul a hatékony működéshez és fejlődéshez.² Ahogyan a 2012. évi CLXVI. törvény 1. § j) pontja megfogalmazza, az infrastruktúra egyes elemei létfontosságúak, mivel „elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához – így különösen az egészségügyhöz, a lakosság személy- és vagyonbiztonságához, a gazdasági és szociális közszolgáltatások biztosításához, az ország honvédelméhez, – és amelynek kiesése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna”.³ Figyelembe véve az európai integrációt és a határokon átnyúló szolgáltatásokat, a Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) megkülönbözteti a nemzeti létfontosságú rendszerelemet és az európai létfontosságú rendszerelemet.⁴ Utóbbi kiesése jelentős hatással lenne legalább kettő EGT-tagállamra.

Látható tehát a létesítményi infrastruktúra biztonságának jelentősége, különösen létfontosságú szolgáltatást nyújtó infrastruktúra esetében. Bár a biztonság fogalma nehezen meghatározható és mérhető,⁵ az bizonyossággal állítható, hogy a létesítményi infrastruktúra biztonságának része például a tűzvédelem,⁶ vagy a létfontosságú infrastruktúra specialitásából következően a kiberbiztonság.⁷ Kétségtelenül kijelenthető továbbá, hogy a létesítményi infrastruktúra biztonságának része a fizikai biztonság is.⁸ Ez utóbbi jelentősége folyamatosan növekszik. Egyfelől egyre jelentősebbé válik a klímaváltozás okozta fenyegetettség,⁹ amely megköveteli a professzionális választ.¹⁰ Másfelől a társadalmi, gazdasági, politikai stabilitást és a lakosság fizikai jóllétét rombolni, megszüntetni kívánó csoportok egyre inkább veszik célba a létfontosságú szolgáltatást nyújtó infrastruktúrát¹¹ és a vallási élet nagy tömegeket vonzó ősi helyszíneit.¹² Eme csoportok közül némelyek professzionális eszközökkel bírhatnak, és akár radiológiai szennyezéssel járó támadást is képesek végrehajtani.¹³ A magas szintű fizikai védelem iránti elvárásra utal az Allianz biztosító 2022. évi nemzetközi felméréseinek eredménye is, amely szerint a tíz legnagyobb üzleti kockázat egyike az üzletmenet-folytonosság megszakadása,¹⁴ amelyet eredményezhet az elégtelen fizikai védelemből fakadó, saját hasz-

² ABONYINÉ 2007.

³ 2012. évi CLXVI. törvény.

⁴ 2008/114/EK tanácsi irányelv.

⁵ SZABÓ 2021.

⁶ BÉRCZI–SOMOGYI 2022.

⁷ NAGY–SOMOGYI 2022.

⁸ BECKVARD 2022.

⁹ NAGY 2017.

¹⁰ SOMOGYI 2022 és MUHORAY–NAGY 2010.

¹¹ BESENYŐ–FEHÉR 2020.

¹² SZABÓ 2018.

¹³ NAGY 2016.

¹⁴ Allianz 2022.

nálatban lévő vagy beszállítót érintő infrastruktúra-kiesés. Elmondható tehát, hogy napjainkban rendkívüli jelentőségű a létesítményi infrastruktúra fizikai védelme, így a vele szemben támasztott követelmény igen magas.

Az alábbiakban röviden áttekintem a fizikai védelem alapjait, majd bemutatom annak kezdeteit, a városfalat, amely a biztonságtechnika ősi eszközének tekinthető. Ezt követően kitérek a falak mai modern megjelenésére, végül napjainkban is helytálló következtetéseket vonok le e biztonságtechnikai eszközről.

Az időtlen biztonság

Érdemes megvizsgálni, hogy mit is jelent a biztonság? És létezik-e a biztonságnek olyan oldala vagy alapelve, amely időtlen, azaz amelyet megtalálhatunk minden egyes történelmi korban?

A szakirodalom a biztonságot többféleképpen is meghatározza.

1. A *Magyar Értelmező Kéziszótár* szerint „veszélyektől vagy bántódástól mentes (zavartalan) állapot”.¹⁵
2. A *Hadtudományi lexikonban* így szerepel a biztonság fogalma: „egy félelem vagy aggodalom nélküli állapotot jelent. A ~ számtalan definíciójában közös az, hogy a fenyegetettség hiányát vagy kivédésének képességét jelenti.”¹⁶
3. Egy tankönyvi meghatározás szerint „a biztonság személyek és szervezetek azon állapota, melyet a létüket, illetve rendeltetészerű működésüket veszélyeztető tényezők és az azokkal szemben alkalmazott védelmi erőforrások együtthatása határoz meg”.¹⁷
4. Ezeken felül található meghatározást kifejezetten létesítményre vonatkozóan: „az objektumok biztonsága olyan állapotot, helyzetet jelent, amelyben az ott tartózkodók életét, testi épségét, az anyagi javak létét, sértetlenségét, továbbá az objektum belső rendjét és működését sem külső, sem belső tényező nem sérti vagy veszélyezteti.”¹⁸

A fenti meghatározásokból több következtetést is levonhatunk a létesítményi infrastruktúra és a biztonság kapcsolatára vonatkozóan. Először is, a biztonság értelmezhető létesítményi infrastruktúrára is, hiszen ezt egyik meghatározás sem zárja ki, sőt, némelyik kifejezetten utal létesítményre. Másfelől az egyének, csoportok, szervezetek esetében a biztonság érdekében szükséges erőforrásként megjelenhet a létesítményi infrastruktúra, vagyis a biztonság állapota feltételezi létesítményi infrastruktúra kialakítását és fenntartását, továbbfejlesztését. Végül pedig kijelenthető, hogy a biztonság időtől független, azaz a biztonság minden korban értelmezhető. A biztonság fogalmának nincsen olyan eleme, amely kizárná a biztonság értelmezését valamely történelmi pillanatban vagy időszakban. Ez azt is jelenti, hogy a technikai fejlettségtől is független a biztonság, hiszen amennyiben időtől független, úgy az emberiség technikai fejlettségi szintjétől is független. Ugyanígy kijelenthető, hogy a biztonság tértől

¹⁵ *Magyar értelmező kéziszótár* 1985: 139.

¹⁶ *Hadtudományi lexikon* 2019: 100.

¹⁷ BEREK–BEREK–BEREK 2016: 7.

¹⁸ TÓTH–TÓTH 2014: 13.

is függetlenül létrehozható, hiszen nem korlátozódik földrajzi helyre, és nincsen semmilyen konkrét, csak bizonyos helyen rendelkezésre álló anyagi feltétele sem. Összegezve tehát, a biztonság tértől és időtől függetlenül létezhet.

A teljesség kedvéért érdemes megemlíteni, hogy a tértől és időtől függetlenül létező biztonságnak a tárgya tértől és időtől függ. Ugyanis a biztonság „konkrét értelmezését mindig valamely érték, illetve annak veszélyeztetése határozza meg”.¹⁹ Ezek szerint a biztonság állapotának a tárgya szubjektív. A társadalmakban ez a szubjektivitás az értékrendben, a társadalom szempontjából védendő értékek meghatározásában jelenik meg. Ezek védelmét ugyanis az állam látja el, illetve garantálja biztonságukat.²⁰ Ezt érezkelhetjük a vonatkozó jogszabályokban és az illetékes szervek összetett és bonyolult feladataiban, amelyek része a létfontosságú rendszerelemek védelme mellett azok azonosítása is.²¹

Összegezve tehát, a biztonság bár szubjektív, és az időben-térben változó értékekhez kapcsolódik, alapjában véve tértől és időtől függetlenül létezik és létezett, ezért vizsgálható a biztonság helyzete a történelem során.

A létesítményi infrastruktúra fizikai védelmének kezdetei

Általánosan elfogadott elmélet szerint az első civilizációk a Földközi-tenger térségének keleti részén alakultak ki, ahogyan az emberek a folyó völgyekben letelepedtek és növénytermesztéssel, állattenyésztéssel kezdtek foglalkozni a gyűjtögető-vadászó életmódot feladva. A növénytermesztés természetéből fakadóan megfelelő helyhez kötötte az embereket, akik megalapították az első településeket a folyók mentén.²² Alex Roland összefoglaló munkájú könyvében írja, hogy az ókor legfontosabb biztonsági és haditechnikai eszközének megszületése történt ekkor: a falak építése.²³ Bizonyos, hogy a megtelepedett emberek lakóépületeket, közösségi épületeket és a mezőgazdasági tevékenységhez szükséges épületeket építettek, e létesítményi infrastruktúra védelmére pedig falakat emeltek. Érdekes kérdés, amely valószínűleg megválaszolatlan marad, hogy előbb a közösségi épületeket, templomokat építették fel, és utána kezdték az infrastruktúra védelmét szolgáló falakat emelni, vagy fordítva történt?

Kr. e. 8000 körül a Jordán folyó völgyében 2–3000 ember lakta Jerikó városát, amelyet körülbelül 1,5 méter széles és 3,5–4,5 méter magas fal vett körül körülbelül 8,5 méter magas tornyokkal kiegészülve.²⁴ A völgyben ma is mezőgazdasági tevékenység folyik, így a beépítetlen területeken mai napig lehetséges a vizsgálat. Műholdfelvételekkel támogatott archeológiai kutatások igazolták, hogy a völgyben az életben maradást és a mezőgazdasági tevékenységet

¹⁹ GAZDAG–REMEK 2018: 18.

²⁰ TÓTH 2021.

²¹ NAGY–FÖLDI 2009.

²² SZALAI–SZŰCS 2014.

²³ ROLAND 2016.

²⁴ ROLAND 2016.

biztosító folyó nyomvonalának változását követte az infrastruktúra az évezredek során.²⁵ A víz és a vízhez kapcsolódó építmények, vízelvezető rendszerek létfontosságúak voltak a mezőgazdaságból élő városlakók számára, amit igazol a régészeti feltárások eredménye is, amely szerint a vizet biztosító infrastruktúrát is fal védelmezte.

Kr. e. 3000 évvel az Eufrátesz völgyében emelkedett Uruk városa. A több mint nyolcezer lakosú várost körülbelül 5 km hosszú és 7,5 méter széles fal vette körül. A városfalon kívül egy árok is körülölelte a várost, tovább fokozva a létesítményi infrastruktúra védelmét.²⁶ A fennmaradt eposz szerint Gilgames, Mezopotámia uralkodója viselte a „falak építője”, fővárosa pedig birtokolta az „erős falak városa” címet.

A mai Üzbegisztán területén található az ókori Termez városa, évszázadokon keresztül ismert volt agyagedényeiről, amelyek kereskedelmi lehetőségét az adta, hogy a város a selyemút egyik állomása volt. Kutatások azonosították a számtalan agyagműhelynek otthont adó városnegyedet, amelyet önálló városfal vett körül. Ahogyan idővel a város fejlődött és növekedett, úgy követte a bővülést a védelmet biztosító falak építése is.²⁷ Kijelenthető, hogy a növekvő város új negyedeinek létesítményeit is fallal vették körül, különösen a város jóllétéhez és stabilitásához jelentősen hozzájáruló agyagműhelyek negyedét.

Törökország északkeleti részén, a mai Ardahan régióban folytatott archeológiai kutatások feltárták több egykori település romját.²⁸ Említésre méltó annak a városfalnak a néhány méteres maradványa, amely az 5. századtól püspöki székhelyként is szolgáló várost védte. A kevés és rossz állapotú rom nem teszi lehetővé az utókor számára a teljes kép megalkotását, az mindenestre kijelenthető, hogy ezt, a vallási központul is szolgáló települést is kőfal vette körül.

Kína területén a Jangce folyó völgyében is felfedezték ősi települések nyomait. A Hubei tartományban feltárt Kr. e. 6000–5000 évvel épült települést körülbelül 370 × 300 méter fal vette körül, amely körülbelül 4-5 méter magas lehetett és 20 méter széles.²⁹ Archeológiai kutatások alapján valószínűsíthető, hogy idővel a település köré újabb fal épült, így a kettő városfallal egy belső városmag és egy külső város alakult. Továbbá egy, a külső városfalhoz kapcsolódó falat is feltártak, amely valószínűsíthetően az árvízzel szembeni védelmet szolgálta.

Fenti példák alapján kijelenthető, hogy valóban a kezdetekkor, az első települések kialakításakor megépültek a fizikai védelmet biztosító városfalak. Következésképpen, a biztonság igénye és arra válaszul a létesítményi infrastruktúra biztonságát garantáló társadalmi (állami) lépések egyidősek az emberi civilizációval. A kezdetek után érdemes kitérni röviden a fizikai védelem helyzetére mai korunkban.

²⁵ IZZO–FRADLEY–ZERBINI 2021.

²⁶ ROLAND 2016.

²⁷ FUSARO et al. 2022.

²⁸ PATACI – ORAL PATACI 2018.

²⁹ SHAN et al. 2021.

A létesítményi infrastruktúra fizikai védelmének megjelenése a 21. században

A civilizáció és a technológia fejlődése életünk minden területén érzékelhető. Vitathatatlan, hogy a fejlődés a biztonságtechnika területén is tapasztalható, hiszen léteznek modern eszközök és sztenderdek.³⁰A történelmi fejlődésből következik, hogy a biztonság tudományterületén belül leírható és tárgyalható a modern, 21. századi biztonság és kérdésköre.

A fizikai védelem napjainkban elfogadott elmélete szerint a védendő infrastruktúra körüli területeket egymásból elérhető zónákra osztjuk fel, megfelelően kontrollálva a zónák közötti mozgást.³¹A védelmi vonalak vagy gyűrűk számától függően több zóna is kialakítható, amelyek védelmi képessége eltérő lehet a zónákkal szemben támasztott elvárásoknak megfelelően. A zónák közötti átlépés feltétele az azonosítás és belépési engedély ellenőrzése. Ezenfelül a zónahatárokon lehetőség nyílik a kívülről érkezők esetében elvégezni az előzetes úgynevezett profilalkotást, ami a szándék és képesség becslését jelenti esetleges megelőző intézkedések időbeli meghozatala céljából. Természetesen a zónahatárokon kialakítható mozgást korlátozó és áthaladást késleltető rendszer, amelynek alkalmazása az esetleges támadók számára értékes idő elvesztését jelenti, a védők számára pedig időt a megfigyelésre, elemzésre és szükség esetén a beavatkozásra.

Ezenfelül a zónák lehetővé teszik a látogatók elkülönített fogadását és megfigyelését, szem előtt tartva a minimálisan szükséges jogosultság kiosztásának elvét. Továbbá a zónákra osztás lehetővé teszi az egyes területek közötti átláthatóság korlátozását is. A beláthatóság megakadályozása egyfelől ellehetetleníti a jogosulatlan információszerezést, másfelől a védelmi képességek, eszközök felmérését is. Előbbi kapcsán utalunk arra, hogy az információszerezés kérdése nemcsak a fizikai védelem területén értelmezhető, hanem az információvédelem, adatbiztonság területén is. A védelmi képességek elrejtésének fontosságára rámutat Besenyő, aki szerint egy sikeres támadás létesítményi infrastruktúra ellen megköveteli a létesítmény ismeretét.³²

A fizikai védelmet biztosító eszközök tekintetében elmondható, hogy azoknak a mai kihívásoknak meg kell felelniük. Példaként említhetők azon fizikai akadályok, amelyek feladata megállítani a mai több tonnás gépjárműveket, vagy éppen a gyalogosok haladását irányítani. E fizikai akadályokkal szemben támasztott mai elvárások szerint nemcsak feladatuknak kell megfelelni, hanem megjelenésükben is illeszkedniük kell a védendő létesítményi infrastruktúrához. Egyes védendő létesítmény vagy infrastruktúraelem megjelenésében fontos, hogy rendezettséget és igényességet mutasson, láttassa a tulajdonos erejét és hatalmát, vonzó legyen, vagy jóérzést keltsen a látogatóban. Pénzintézet létesítménye esetében sugallja az anyagi erőt és biztonságot. Természetes elvárás, hogy a fizikai védelem eszközei a környezetbe illeszkedjenek, ezért terjednek a dekoratív járműbiztonsági akadályok, amelyek például esőbeállóként, lámpaoszlopként, virágágyásként vagy szemetesként jelennek meg.³³

³⁰ TISZOLCZI 2019.

³¹ HORVÁTH 2020.

³² BESENYŐ 2017.

³³ SZABÓ–BALOGH 2022.

Megjegyezzük, hogy a fizikai védelmet biztosító eszközök között nemcsak az előbb említett rejtettet találhatunk, hanem elbonthatót és ideiglenest is. Ezzel szemben a kezdetekkor megjelenő városfal természetsszerűleg látható, fix és állandó védelmi eszköz volt.

A fizikai védelem eszközei egy részének elrejtése mellett fontos látható védelmi eszközök jelenléte is (ideértve az élőerőt és a rendfenntartó erők képviselőit), ami növeli a biztonságérzetet. A biztonságérzet jelentősége megérthető, ha a létesítményi infrastruktúra, valamint az állami hatalom jelképei ellen végrehajtott sikeres támadásokra gondolunk. Ugyanis az állam rendjének alapjai, a polgári személyek, az infrastruktúra és az állam hatalmi jelképei elleni sikeres támadások aláássák a társadalmi és politikai stabilitást.³⁴

Megállapítások a fizikai védelem elveiről és eszközeiről

Függetlenül a létesítmény funkciójától, méretétől, alapanyagától és a környezetétől, a fizikai védelem szempontjából megállapíthatók olyan alapelvek, amelyeket egyaránt felfedezhetünk az első civilizációk kialakulásakor és a 21. században. Ezek az alapelvek ezért tekinthetők öröknek is, hiszen a biztonságtechnika területén tapasztalható technikai fejlődéstől függetlenül jelen vannak a kezdetektől napjainkig. Egyrészt a városfalakat és napjaink létesítményi infrastruktúrájának fizikai védelmét, a következőket állapíthatjuk meg.

A fizikai védelem eszközei között található olyan építmény, létesítmény amely folyamatosan jelen van, és hosszú időn át ellátja feladatát. A példaként említett ősi városok falai részben több évezred után is láthatóak. Védelmi feladatukat folyamatosan ellátták a települések életében, azaz olyan biztonságtechnikai eszköz alakult ki, amely az év minden napjának minden órájában védelmet biztosított. A fizikai védelemmel és általában a biztonsággal szemben ma is elvárás a folytonosság, a 7 × 24 órás szolgáltatás.

Fizikai védelem kialakítása, felépítése feltételezi a szükséges erőforrások rendelkezésre állását. Városfalat építeni csak megfelelő tudás és anyagi erőforrás birtokában lehetséges. Az a város, amely kellő biztonságot nyújtó városfalat emelt, bizonyította gazdagságát. Egyértelművé tette a többi település és más nép számára, hogy rendelkezik olyan erőforrásokkal, amelyekkel képes védekezni. Ez az erő befelé is érezhető és látható volt, így igen valószínű, hogy növelte a városlakók, a nép biztonságérzetét, ezzel pedig nyilvánvalóan hozzájárult a társadalmi és politikai stabilitáshoz. Ez ma sem elhanyagolható kérdés, hiszen létesítményi infrastruktúra dolgozói, látogatói és szolgáltatását élvezői számára egyaránt megnyugtató érzés látni a fizikai védelem meglétét és érezni a biztonságot.

Egy városfal mint biztonságtechnikai eszköz, nemcsak a védelmi képességekre utal, hanem általában a biztonság- és haditechnika területén birtokolt szellemi és anyagi képességekre. Ebbe beleérthető a támadóerő is, vagyis a városfal erőt is sugároz. Hirdeti a város erejét. Sőt, a harcképesség mellett akár földöntúli erő is kapcsolódhat a városfalhoz. Uruk városfala után Gilgames földöntúli erővel rendelkező uralkodóként jelenik meg, akit úgyis neveznek, mint „a falak építője”. Kétségtelen, hogy a városfalhoz használt agyagtéglák előállításához szükség

³⁴ RESPERGER–KISS–SOMKUTI 2014.

volt égetőkemencékre, vagyis uralniuk kellett a tüzet. A tűz feletti uralom nemcsak technikai fejlettséget jelentett, hanem mitológiai vetülete is volt: a mezopotámiai uralkodó tűz feletti hatalmát mutatta. A tűz pusztító képességét valószínűleg mindenki ismerte, ezért aki a tüzet fel tudja használni monumentális építkezések során, az nyilvánvalóan rendkívüli erővel bír. Ahogyan már említettük, a 21. században is jelentősége van a létesítményi infrastruktúra külső megjelenésének és környezetének, amelybe beleérthető a biztonságot garantáló fizikai védelmi képesség láttatása is.

A várost, települést körülölelő városfal nyilvánvalóan felosztotta a teret. Mai kifejezéssel élve, a létesítményi infrastruktúra fizikai védelmekor láthatóan alkalmazták a zónákra osztást. Ahogyan a példák mutatják, előfordult több városfal is, amely vagy a bővülő település új negyedét védte, vagy a vízellátást biztosító infrastruktúra elemeit. A zónák közötti kontrollált átjárást a városfal kapui biztosították, hiszen a falakon méretüknél fogva az átjutás képtelenség volt.

A fentebb említett esetekben az ősi városfalak mérete manapság is lenyűgöző. A fal magassága nemcsak a zónákra osztást és a zónák közötti átjárhatatlanságot biztosította, hanem a belátást is lehetetlenné tette. A fizikai védelem része általában a beláthatóság korlátozása, ami egyaránt vonatkozik a védett infrastruktúrára, tárgyra és a védelmi képességet biztosító eszközökre, amit ellehetetlenített a kellően magas városfal. Például senki nem láthatta a városfal mögött, a városban pillanatnyilag állomásozó sereg létszámát, felszereltségét, nem mérhette fel állapotát stb. Pedig egy esetleges támadás sikerességét növeli a meghódítandó város védelmének, védelmi képességének ismerete. Ez a megállapítás egyébként az információbiztonság területéhez is kapcsolódik a fizikai biztonság területén túl.

A városfalat tornyok egészítették ki, ez egyértelműen állítható a régészeti feltárások alapján. A torony lehetővé tette a városfalon kívüli tér megfigyelését és ellenőrzését. A város védői már messziről megfigyelhették a közeledőket, vagyis a már említett profilalkotás is megjelenik a kezdetekben, amely lehetővé teszi az időben reagálást, megelőző intézkedést.

Végül megállapítható, hogy a fizikai védelem eszközei mind az ősidőkben, mind a 21. században az adott kor építészeti remekművei is lehetnek. A biztonságtechnika eszközei a biztonság érdekében születnek, mégis megjelenhetnek úgy, hogy szépek, sőt, csodálatra méltóak is egyben.

Összefoglalás

Tanulmányunkban áttekintettük a biztonság és a fizikai védelem fogalmát, és levezettük a biztonság időtlenségét. Történelmi példákkal alátámasztva bemutattuk az első civilizációk kialakulásakor megjelenő biztonságtechnikai eszközt, az évezredekken át fennálló városfalat. A kezdetek után áttértünk a jelenre: a fizikai védelem 21. századi megjelenését tárgyaltuk.

Az ősidők és a jelenkor egymás mellett láttatása lehetővé tette, hogy minden korban igaz megállapításokat tegyünk a fizikai védelemről. Kijelenthetjük, hogy ezen időtlen gondolatok nemcsak a biztonságtechnika múltjának mélyebb megértését szolgálják, hanem a jövőben felmerülő veszélyek kezelése esetén is kiindulási alapként szolgálhatnak.

Irodalomjegyzék

- ABONYINÉ PALOTÁS Jolán (2007): *Infrastruktúra*. Budapest: Dialóg Campus.
- Allianz (2022): *Allianz Risk Barometer*. Online: www.agcs.allianz.com/news-and-insights/reports/allianz-risk-barometer/download.html
- BECKVARD, Henrik P. (2022): Protecting Critical Infrastructure and Critical Information Infrastructure. *Contemporary Military Challenges*, 24(2), 15–29. Online: <https://doi.org/10.33179/BSV.99.SVI.11.CMC.24.2.1>
- BÉRCZI László – SOMOGYI Tamás (2022): Hatékony és komplex tűzvédelem létfontosságú rendszerek és létesítmények esetében. *Védelem Tudomány*, 7(3), 47–63. Online: https://vedelemtudomany.hu/?pageid=archive_articles&evfolyam=VII&szam=3&ev=2022&ho=7
- BEREK Lajos – BEREK Tamás – BEREK László (2016): *Személy- és vagyónbiztonság*. Budapest: ÓE-BGK.
- BESENYŐ János (2017): Low-Cost Attacks, Unnoticeable Plots? Overview on the Economical Character of Current Terrorism. *Strategic Impact*, 1, 83–100. Online: http://real.mtak.hu/83718/1/low_cost_attacks_unnoticeable_plots_overview_on_the_economical_character_of_current_terrorism.pdf
- BESENYŐ János – FEHÉR András (2020): Critical Infrastructure Protection (CIP) as New Soft Targets: Private Security vs. Common Security. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 10(1), 5–18. Online: [https://doi.org/10.9770/jssi.2020.10.1\(1\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2020.10.1(1))
- FUSARO, A. et al. (2022): Islamic Ancient Termez: An Active and Long-Established Ceramic Manufacturing Centre along the Silk Road. *Archaeological Research in Asia*, 31. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ara.2022.100375>
- GAZDAG Ferenc – REMEK Éva (2018): *A biztonsági tanulmányok alapjai*. Budapest: Dialóg Campus.
- Hadtudományi lexikon* (2019). Budapest: Dialóg Campus.
- HORVÁTH Tamás (2020): Design Principles of a Physical Protection System for Data Centres. *Magyar Rendészet*, 20(2), 169–181. Online: <https://doi.org/10.32577/mr.2020.2.9>
- IZZO, Pierfrancesco – FRADLEY, Michael – ZERBINI, Andrea (2021): Snapshots from the Past: Discoveries and Destruction in the Jericho Oasis. *Levant*, 53(3), 347–365. Online: <https://doi.org/10.1080/00758914.2021.2015891>
- Magyar értelmező kéziszótár* I. kötet (1985). Budapest: Akadémiai.
- MUHORAY Árpád – NAGY Rudolf (2010): A katasztrófák elleni védelem rendszere a létfontosságú infrastruktúrák biztonságáért. *Rendészeti Szemle*, 58(4), 3–18.
- NAGY Rudolf (2016): A kritikus infrastruktúrák elleni lehetséges radiológiai terrortámadások. *Magyar Rendészet*, 16(6), 145–154. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/magyrend/article/view/2216>
- NAGY Rudolf (2017): A természeti katasztrófák mint globális kihívások. *Védelem Tudomány*, 2(3), 156–170. Online: https://vedelemtudomany.hu/?pageid=archive_articles&evfolyam=I&szam=3&ev=2017&ho=10
- NAGY Rudolf – FÖLDI László (2009): A kritikus infrastruktúrák nemzeti programja. *Polgári Védelmi Szemle*, 2(1), 57–71. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/1088>
- NAGY, Rudolf – SOMOGYI, Tamás (2022): Cyber Threats and Security Challenges in the Hungarian Financial Sector. *Contemporary Military Challenges*, 24(3), 15–29. Online: <https://doi.org/10.33179/BSV.99.SVI.11.CMC.24.3.1>
- PATACI, Sami – ORAL PATACI, Özlem (2018): Some Iron Age and Medieval Sites in Göle District of Ardahan. *History, Archelogy, Ethnology*, 1, 16–30. Online: <http://sciencejournals.ge/index.php/HAE/article/view/8>
- RESPERGER István – KISS Álmos Péter – SOMKUTI Bálint (2014): Negyedik generációs hadviselés: néhány alapfogalom. *Honvédségi Szemle*, 142(1), 4–12. Online: http://real-j.mtak.hu/16402/1/Honvedsegi_Szemle_2014_1_teljes_szam.pdf
- ROLAND, Alex (2016): *War and Technology*. [h. n.]: Oxford University Press.

- SHAN, S. et al. (2021): The Emergence of Walled Towns in Prehistoric Middle Yangtze River Valley: Excavations at the Zoumaling Site. *Archeological Research in Asia*, 26. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ara.2021.100285>
- SOMOGYI Tamás (2022): Természeti veszélyek és kezelésük a létfontosságú rendszerek és létesítmények védelmében. *Védelem Tudomány*, 7(4), 139–159. Online: <https://vedelemtudomany.hu/articles/VII/4/07-somogyi.pdf>
- SZABÓ Csaba (2018): Az izraeli szent helyek védelmére vonatkozó biztonsági struktúra bemutatása a vallási közösségek és a rendőrség közötti kapcsolattartás kialakításának rendészeti koncepciója vonatkozásában. *Magyar Rendészet*, 18(5), 125–137. Online: <https://doi.org/10.32577/mr.2018.5.8>
- SZABÓ, Lajos (2021): Can We Measure the Level of the Security and Safety? *National Security Review*, 2. 92–98. Online: www.knbsz.gov.hu/hu/letoltes/szsz/2021_2_NSR.pdf
- SZABÓ, Lajos – BALOGH, Zsuzsanna (2022): Over the Hedge – Formation of the External Defense Ring of Facilities. *Military National Security Review*, 1. Online: www.knbsz.gov.hu/hu/letoltes/szsz/2022_1_NSR.pdf
- SZALAI, Miklós – SZŰCS, Endre (2014): Security in the Prehistory. *Hírvillám*, 5(1), 73–78. Online: https://comconf.hu/kiadvany/hirvillam_5evfolyam_1szam.pdf
- TISZOLCZI Balázs G. (2019): Fizikai biztonsági kontrollok tervezésének és alkalmazásának gyakorlata az ISO/IEC 27001 szabvány elvárásainak tükrében. *Magyar Rendészet*, 19(2–3), 233–249. Online: <https://doi.org/10.32577/mr.2019.2-3.12>
- TÓTH Attila – TÓTH Levente (2014): *Biztonságtechnika*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Rendészettudományi Kar.
- TÓTH Nikolett Ágnes (2021): Rendészeti funkciótörténet. *Belügyi Szemle*, 69(7), 1149–1164. Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ.2021.7.4>

Jogi források

2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről
- A Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről

Gyarmati József,¹  Hegedűs Ernő² 

Lánctalpas harcjárművek kormányzása

(Kanyarodási elv szerinti csoportosítás, ívmenet során adódó sebességviszonyok és a meghajtó kerekekre ható erők)

Steering of Tracked Combat Vehicles

(Grouping by Cornering Principle, Speed Conditions during Cornering and Forces on the Driving Wheels)

A lánctalpas harcjárművek harcászati tulajdonságait döntő mértékben befolyásolhatja a megfelelő konstrukciójú kormányzási megoldás megválasztása és alkalmazása. A tanulmány a lánctalpas harcjárművek kormányzásakor fellépő sebesség-, erő- és teljesítményviszonyokat vizsgálja.

Kulcsszavak: lánctalpas harcjármű, kormányzás, kormánygép, ívmenet, helyben fordulás, hidrosztatikus-hidrodinamikus rendszer

The choice and application of a steering solution with the right design can have a decisive influence on the combat characteristics of tracked combat vehicles. This study investigates the speed, power and performance relationships in the steering of tracked combat vehicles.

Keywords: tracked combat vehicle, steering, steering apparatus, turning, turning in place, hydrostatic-hydrodynamic system

¹ Egyetemi docens, Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai tanszék, e-mail: Gyarmati.Jozsef@uni-nke.hu

² Egyetemi docens, Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai tanszék, e-mail: Hegedus.Erno@uni-nke.hu

Bevezetés

A harckocsi, illetve tágabb értelemben a lánctalpas harcjármű három legfontosabb paramétercsoportja a tűzerőhöz, a védettséghez, illetve a mozgékonyasághoz kötődik. A mozgékonyaság fogalomkörén belül fontos szerephez jut a lánctalpas harcjármű kormányozhatósága. A lánctalpas harcjárművek kormányrendszereinek az egyenes meneten túlmenően biztosítaniuk kell a precíz és konkrét ívmenetet (kanyarodást) a jármű lassulása nélkül, illetve a sarkon fordulást és lehetőleg a helyben fordulást, továbbá a (lehetőleg minél nagyobb sebességű) hátramenet alatti kormányzást is. Emellett a korszerű harckocsiban működő kormánygépek magas fejlettségű automata sebességváltóval kell együttműködniük. A lánctalpas harcjárművek harcászati tulajdonságait döntő mértékben befolyásolhatja a megfelelő konstrukciójú kormányzási megoldás megválasztása és alkalmazása.

A lánctalpas harcjárművek, köztük a harckocsik, gyalogsági harcjárművek általában úgy *kanyarodnak* (ívmenet), hogy a lánctalpakat különböző sebességgel (meghajtólánckerékfordulatszámmal) hajtják meg, és a fordulatszám-különbség hatására a kisebb sebességgel haladó lánctalp felőli oldal irányába fordul el az eszköz. Más megfogalmazással: a láncok kétoldali sebességkülönbsége a harckocsira fordítóhatást kényszeríti a talaj ellenállásával szemben. Kanyarodáskor a lánctalp legördülő mozgása mellett hossz tengelye körüli fordulómozgást is végez. (A lánctalp szerkezete rendszerint nem engedi meg annak ívbefektetését.) *A lánctalpas eszközök kormányműveinek rendeltetése ennek alapján az, hogy a kívánt kanyarodási sugárnak megfelelően a lánctalpak sebességét különbözővé tegye.*

A lánctalpas harcjármű kormányzását olyan *szerkezeti elemek* biztosítják, mint a differenciálművek, bolygóművek, fékszerkezetek, hidraulikus hajtások, amelyeket gyűjtőneveükön kormánygépeknek nevezünk. A kormányzásban jelentős szerephez jutnak a bolygóművek, amelyeknek elemei egyes kormánygép-konstrukciónál fékezhetők, más konstrukciónál teljesítmény bevitelére alkalmasak. (A bolygóművek működéséről, lehetséges meghajtási és fékezési viszonyairól, illetve ezek harcjármű-sebességváltókban történő alkalmazásáról célszerű áttekinteni korábbi publikációnkat.)³

A *kormánygép* a kormány szerv minden lehetséges helyzetéhez kapcsolódóan biztosítja a konkrét fordulási sugarat, a harckocsi helyben (vagy sarkon) történő elfordulását, stabil vonalvezetést kanyarodáskor és egyenes irányú mozgáskor, összességében pedig biztosítja a hatékony kormányzást. Figyelembe véve azt, hogy a differenciálmű is egyfajta bolygómű, megállapítható, hogy lényegét tekintve a kormánygép két szerkezeti (gép-) csoportra bontható: egyfelől bolygómű(ve)k, másfelől a bolygómű működési viszonyait befolyásoló rendszerekre. Utóbbiak lehetnek: fékezés elvű kormányzásnál fékszalagok, féktárcsák, illetve regeneratív kormánymánál kormánytengelyek (semleges tengely), továbbá különféle hidraulikák (hidraulikus tengelykapcsolók, hidromotorok és hidraulikaszivattyúk).

A kormányzási módok, *kormánygép-konstrukciók fejlődése* a harckocsi 1916-os megjelenése óta jelentős ívet futott be. Az egyszerűbb, mechanikus, fékezésen alapuló kormányzási módoknál a fordulás megvalósítása teljesítményvesztéssel és a jármű lassulásával, míg

³ GYARMATI–HEGEDŰS–GÁVAY 2022: 113.

oldalváltó alkalmazásakor pontatlan kormányzással jár. Azonban a fejlettebb konstrukciójú kormánygépek a meghajtást biztosító teljesítményt az egyik lánctalpról a másikra képesek regeneratív elven közvetíteni a kormányzás megvalósítása során, így nem történik sebességcsökkenés. Az oldalváltós kormánymű-konstrukció esetében az ívmeneten haladó harcjármű sebességcsökkenése mellett nagyobb gyakorlatot igényel annak kezelése, vezetése, mivel a kanyarodásra csak szakaszosan képes ez a kormányzási mód, amely jelentősebb sebességű hátramenet megvalósítására sem képes.⁴ (Ezt ellensúlyozza, hogy egyszerű a szerkezeti kialakítása, ami lényegében két bolygóműcsoporttal – az oldalváltókkal – megoldja a sebességváltó, a kormánymű és az üzemi fék feladatait, mindezt tengelykapcsoló nélkül.) Az erőátviteli és a kormányberendezések terén a fejlődés útja ezért a mechanikustól a hidromechanikuson keresztül a hidrodinamikus felé mutat.⁵ A Leopard 2 harckocsi kormányműve például hidrosztatikus-hidrodinamikus rendszerű (hidrodinamikus tengelykapcsolót és dugattyús hidraulikaszivattyú-hidromotor egységet is tartalmazó rendszer).⁶ A fejlett hidrosztatikus-hidrodinamikus rendszerekkel felszerelt kormánygépek precíz és konkrét kormányzást tesznek lehetővé csekély kezelői leterheltség mellett.⁷ A fejlett kormánygépek rendszerint olyan automata sebességváltókkal vannak összeépítve és működnek együtt, amelyek nagysebességű hátramenet megvalósítására képesek, illetve – a sebességváltó bolygóművein túlmenően – tartalmaznak jelentős nyomaték módosítás megvalósítására alkalmas hidrodinamikus nyomaték-váltóelemet is. A kormánygépek konstrukciója tehát 1916-tól napjainkig jóval bonyolultabbá vált: a semleges tengely (kormánytengely) mellett megjelentek a hidrosztatikus, illetve hidrosztatikus-hidrodinamikus rendszer elemek is a kormánygépben, amely immár élesen elkülönül a sebességváltó rendszereitől. A korszerű harckocsi kormányműve olyan kormánygép, amely *gépi motoros kormánymű*. Ugyanis „a lánctalpas járművek kormányművei a rendkívül nagy fordulási teljesítmény miatt *gépi-motoros kormányművek*. Forduláskor a motort működtetni kell. Nehéz, 35–50 tonnás járművek forduláshoz gyakran a motor maximális teljesítménye szükséges”.⁸ A kormánygép működtetése tehát önálló bevitt motorteljesítményre épül. A Leopard 2 kormánygépén például jelentős teljesítményhányad halad át a sarkon fordulás megvalósításakor, még hozzá hidraulikus teljesítményátadással.⁹ A hidrosztatikus, illetve hidrosztatikus-hidrodinamikus elemekkel kiegészített önálló kormánygép bonyolult ugyan, de – az oldalváltós kormányzással ellentétben – folyamatos, precíz és konkrét kormányzást tesz lehetővé.

A *kormányozhatóság* területén jelentős különbségek adódnak az egyes lánctalpas harcjárműtípusok között, mivel egyes kormányzási módok lehetővé teszik például a helyben fordulást, míg mások csak a sarkon fordulást. (Sarkon forduláskor a harckocsi az egyik befékezve álló lánctalpa középpontját a másik lánctalpával körülfárja.)

⁴ Kiss 1998: 50–51.

⁵ TYTLER et al. 1985: 98.

⁶ Kiss 1998: 20–21.

⁷ OGORKIEWICZ 1991: 274–295.

⁸ POLINSZKY 1972: 803.

⁹ MERHOF–HACKBARTH 2015.

„Lánctalpas járművek fordulásmódjai: a) sarkonfordulás, amikor a külső oldali lánckereket a motor hajtja, a belső oldali láncot fékezik. A fordulási sugár elméletileg a lánctalpak nyomtávjának a fele. [...] b) Ívmenet, amelyben a fordulási sugár egyenlő vagy nagyobb a nyomtávnál. A kívánt fordulási sugarat a kormánymű a kétoldali lánckerék áttételének különbségével hozza létre.”¹⁰

Eltérőek az egyes kormánygép-konstrukciók által megvalósított kormányzási pontosságok is: egyes konstrukciók szakaszos fordulást tesznek lehetővé, míg más kormánygép-konstrukciók biztosítják a precíz ívmenetek megvalósítását. Két fordulósugárral rendelkezik a kettős differenciálműű kormányrendszerrel felszerelt harckocsitípus, például a Leopard 1.

A lánctalpas harcjármű kanyarodása történhet a belső lánctalp lassításával, a harcjármű fékezéssel csökkent ívmeneti sebességét eredményezve, *tengelykapcsoló-fékes kormánymű* megoldással (például T-34). Esetében a külső lánc sebessége kanyarodáskor állandó, a páncélozott harcjármű sebessége pedig a kanyarodás sugarával csökken. A fékezéssel létesített sebességkülönbség tengelykapcsoló beépítését teszi szükségessé. A másik, *differenciálműves kormánymű* megoldással sebességáthelyeződés történik a külső-belső lánctalpak között. Ezzel a páncélozott harcjármű sebessége a fordulási sugártól függetlenül állandó. Azonban a belső oldali lánchajtókerék fékezéssel történő lassítása arányában a külső lánc nagyobb sebességű, amivel a hajtónyomatéka csökken. Ezt a változatlan járműsebesség megtartása érdekében a járművezetőnek gázadással kell ellensúlyozni. Ezeket a hátrányokat küszöböli ki a kiegészítő sebességváltót tartalmazó *ívmeneti kormányszerkezet* alkalmazása. Működésével biztosított a mindenkori ívmeneti vonóerő-többlet szolgáltatása, kisebb sebesség mellett. Az ívmeneti kormányberendezés szükségessége magasabb sebességfokozatú forduláskor jelentkezik. Ívmeneti kormányval ellátott páncélozott harcjármű a hajtóműáttételének megfelelően, állandó sugáron, változatlan sebességgel tud fordulni, ekkor nincs veszteségi teljesítmény. Ezért a rendszert *regeneratívnak* nevezik. (A regeneratív kormánymű eredetileg a Churchill, majd a Tigris harckocsikon jelent meg először. Lényege, hogy az ívmenet során a belső ív láncmeghajtókerékének úgynevezett meddő teljesítményét a külső lánctalpnak adja át a kormánygép.)

A kormánygép, a *kormánymű a kormányzáson kívül más feladatok elvégzésére is* alkalmas lehet: a kormánymű – felépítésétől és működési elvétől függően – tartalmazhatja az üzemi féket, részben vagy teljes egészben átveheti a nyomatékváltó szerepét (például a T-72, T-80, T-90 harckocsi 7+1 fokozatú oldalváltója), illetve feleslegessé teheti a főtengeleykapcsoló beépítését az erőátviteli láncban. Tehát a keleti (szovjet-orosz, kínai) harckocsiknál nem alkalmaznak a Leopard 2 vagy az M1 Abrams típusoknál megszokott hidrodinamikus-bolygómvűves sebességváltót, mivel ennek feladatát a két – kormányzáshoz használt – oldalváltó végzi el. Ugyanakkor nagyobb gyakorlatot igényel az oldalváltós kormányzás kezelése és vezetése is,

¹⁰ POLINSZKY 1972: 802.

mivel a fordulási sugár instabil.¹¹ (Illetve kimarad a mintegy 2–5-szörös nyomaték módosításra alkalmas hidrodinamikus elem is, ami csökkenti a keleti típusok relatív mozgékonyágát.) Tehát a kormánygép konstrukcióját – rendszerszemléletű megközelítést alkalmazva – az automata váltóval összefüggésben célszerű vizsgálni.

A *kezelőszerveit* tekintve botkormányval, vagy kormánykarral, esetleg kormánykerékkel működtetett kormánygép a kormány szerv minden lehetséges helyzetéhez kapcsolódóan biztosítja a kormányzást. (Például a német Tigris és a magyar Toldi harckocsiban hagyományos kormánykerék volt.) A sebességváltóhoz hasonlóan a kormányzás kezelőszerveinek működtetésekor is hangsúlyos a kis működtetési erő, az ergonómia és végső soron a kezelőszemélyzet kifáradásának, túlterhelésének elkerülése. Ez nem kényelmi szempont, hanem a harc megfelelő szintű megvívásának előfeltétele. Ennek következtében a kormánygépek fejlődésének fontos eleme az olyan működtetési erőt csökkentő járműfedélzeti energiarendszerek alkalmazása, mint a pneumatika, a hidraulika (vagy az elektromechanikus mozgatók).

A *harcjármű szerkezeti tömege* jelentősen befolyásolja a megfelelő kormánygép-konstrukció megválasztását. Jelentősen eltérő konstrukciójú kormánygépeket alkalmaznak egy könnyű harckocsinál (8–16 tonna), illetve napjaink alapharckocsijainál (MBT-Main Battle Tank 50–70 tonna). Példaként: a T-34 harckocsinál a vezető a harckocsit a tengelykapcsoló-fék rendszerrel kormányozta, két botkormány, egy sebességváltó, kézi vezérlésű tengelykapcsoló és lábfelek segítségével. Ilyen megoldás alkalmazása azonban 30 tonna szerkezeti tömeg felett már nem optimális. Könnyű, légi szállítható harcjárműveknél azonban előfordulhatnak egyszerűsített, illetve a szokványostól eltérő kormányzási megoldások, amelyekből kettőt – a lánccelfordításán, illetve a csuklós járműszerkezeten alapuló kormányzást – tanulmányunk is bemutat.

Kanyarodási elv szerinti csoportosítás

A lánctalpas járművek esetében három kanyarodási modell jöhet szóba:

- a) az oldalanként több tagból álló lánccelfordítása,
- b) a láncc hajlítása és a
- c) belső és a külső íven forduló láncc sebességének változtatása.

Az a) eset csak kis tömegű járművek esetében alkalmazható. Szerkezeti kialakítás szerint két lehetséges megoldás létezik:

- a) Ackermann-kormányzás,
- b) csuklós kialakítású alváz.

Az Ackermann-kormányzásra példa a láncc tagokkal szerelt, ATV 1/a ábra. A kanyarodáskor fellépő jelentős erők miatt csak kis tömegű járműveknél használható.

¹¹ Kiss 1998: 50–51.



ATV lánctalpakkal

Tetrarch harckocsi

Häglund Bv 206

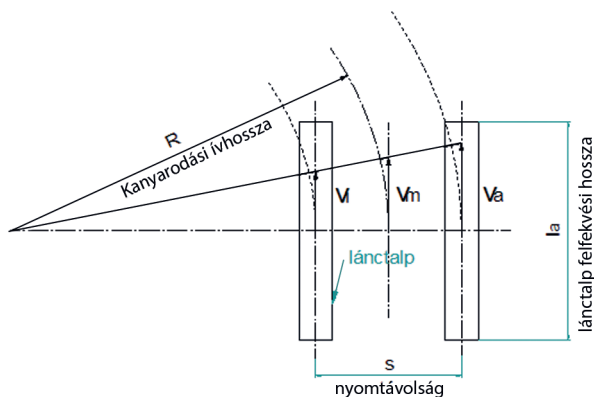
1. ábra: Lánctalpas járművek kormányzási megoldásai

Forrás: Wikimedia Commons

Nagyon speciális megoldás, amikor az első futógörgő elfordításával a lánc görbül kanyarodáskor. Példaképpen lehet említeni a brit Tetrarch harckocsit. A kormányzási megoldás csak nagy ívű kanyarodásra volt alkalmas, 1/b ábra.

Csuklós megoldás esetében az első és a hátsó lánctalpokat egy csuklón keresztül lehet elforgatni. Ezt a megoldást használja a svéd Häglund Bv 206 könnyű deszant harcjármű, amely két különálló járműből áll. Ezeket kormányhidraulika köti össze, amelyek a kormánymozgás során az ívnek megfelelően egymás felé hajlítják a két járművet (1/c ábra).

A lánc elfordításával, illetve hajlításával kormányzó lánctalpas járművek összes megoldásához tartozó tulajdonság, hogy ezek nagy tömegű harcjárművek esetében nem alkalmazhatók, ezért a harcjárművekre jellemző nagy tömeg esetében csak a két oldalon lévő lánc sebességének a változtatásával megoldott kormányzással foglalkozunk. A kormányzás vázlatát a 2. ábra mutatja.



2. ábra: Kormányzás nagy ívsugáron $R > s/2$

Forrás: a szerzők szerkesztése

Megjegyzés: s : nyomtávolság; R : kanyarodási ívsugara; l_i : a lánc felfekvési hossza; v_a : a külső íven futó lánc sebessége; v_i : a belső íven futó lánc sebessége; v_m : a jármű haladási sebessége

A kormányzás sebességviszonyai

A sebességviszonyok nagyságát a 2. ábra szerint mutatjuk be. A vizsgálat során a haladási sebesség és a görbületi sugár közötti összefüggéseket állapítjuk meg. A vizsgálathoz bevezetünk egy dimenzió nélküli viszonyszámot, a *kormányzási áttételt*, amely referenciaértékkel szolgál a sebesség mellett a teljesítményviszonyok leírása során különböző ívsugáron történő kanyarodás esetén:

$$i_L = \frac{R}{s/2} \quad (1)$$

ahol: R : kanyarodási ív sugara; s : nyomtávolság.

Az i_L értéke alapján több kanyarodási helyzet különböztethető meg. Amennyiben $i_L > 1$, akkor $R > s/2$ a lánctalpak különböző sebességgel, de azonos irányban forognak. A jármű ennek megfelelően adott ívben kanyarodik. Ha $i_L = 1$, akkor az egyik lánctalp áll, mivel a kanyarodási ív hosszúsága megegyezik a nyomtávolság felével $R = s/2$. A kanyarodás középpontja ekkor az álló lánctalp középpontjában van. A jármű ebben az esetben „sarkon” fordul. Ha tovább csökken az R ívhossz, akkor a belső íven lévő lánctalp sebessége ellentétes irányú lesz a külső íven futóéval $i_L < 1$ és $R < s/2$. A kanyarodás speciális esete, ha $R = 0$, ekkor a két lánctalp azonos sebességgel, de ellentétes irányban forog. A jármű „helyben” fordul, ennek a megvalósítására viszont nem mindegyik kormánymű alkalmas. A kanyarodási ív hossza ennek megfelelően bármekkora érték lehet. A lánctalp tagokból épül fel, figyelembe véve a lánctalp tagok közötti illesztéseket és a súrlódást, a lánctalp nem tekinthető merev testnek, egy minimálisnál kisebb görbületet nem képes felvenni, ezért létezik egy olyan R_K természetes görbületi sugár, amelynél nagyobb ívhosszon az adott lánctalpas jármű már nem képes kanyarodni. Ehhez tartozik az úgynevezett *természetes kormányzási áttétel*:

$$i_K = \frac{R_K}{s/2}, \quad (2)$$

amelynek értéke harcjármű típustól függően $400 < i_K < 500$ lehet. Összefoglalva a fentieket:

$i_K < i_L$ egyenes haladás;

$1 < i_L < i_K$ kanyarodás nagy ívsugáron eltérő nagyságú, de azonos értelmű lánctalpsebességekkel;

$i_L = 1$ kanyarodás álló lánctalp körül, sarkon fordulás;

$0 < i_L < 1$ kanyarodás kis ívben, ellentétes irányú és nagyságú lánctalpsebességekkel;

$i_L = 0$ megfordulás álló helyzetben azonos nagyságú, de ellentétes irányú lánctalpsebességekkel.

A *lánctalpviszony* a jármű a kanyarodást meghatározó két geometriai méretének, vagyis a nyomtávolság és a lánctalp felfekvési hossz hányadosából van definiálva:

$$\lambda = \frac{l_a}{s} \quad (3)$$

ahol l_a a lánctalp felfekvési hossza és s a nyomtávolság (2. ábra).

A lánctalpak sebessége nagy ívsugár tartományban $1 \leq i_L < K; s/2 \leq R < R_K$

A 2. ábra jelöléseivel a jármű haladási sebessége a lánctalpak sebességeiből számtani átlag segítségével történik.

$$v_a = v_m + \Delta v \text{ és } v_i = v_m - \Delta v,$$

amiből:

$$v_m = \frac{v_a + v_i}{2} \quad (4)$$

A 2. ábrán látható hasonló háromszögek miatt a külső íven futó lánc mozgásviszonya felírható:

$$\frac{R}{v_m} = \frac{R + s/2}{v_a}$$

Az egyenletből kifejezve v_a mennyiséget, és az ellentétes oldalon a számlálót és a nevezőt osztva R -el, a következőt kapjuk:

$$v_a = v_m \left(1 + \frac{s/2}{R} \right) = v_m \left(1 + \frac{1}{i_L} \right) \quad (5)$$

Ugyanez elvégezve a belső ívre

$$\frac{R}{v_m} = \frac{R - s/2}{v_i}$$

Az (5)-höz hasonló átalakításokkal:

$$v_i = v_m \left(1 - \frac{s/2}{R} \right) = v_m \left(1 - \frac{1}{i_L} \right) \quad (6)$$

A lánccsebességeket egymásból kivonva kapjuk:

$$v_a - v_i = v_m \left(\frac{1}{i_L} + \frac{1}{i_L} \right) = \frac{2 v_m}{i_L} \quad (7)$$

Felhasználva a (4) egyenletet és a (7) egyenletből kifejezve i_L értéket kapjuk:

$$i_L = \frac{2v_m}{v_a - v_i} = \frac{v_a + v_i}{v_a - v_i} \quad (8)$$

Mivel a fordulatszámok és a sebességek arányosak egymással, ugyanez vonatkozik a lánchajtó kerekek fordulatszámára is:

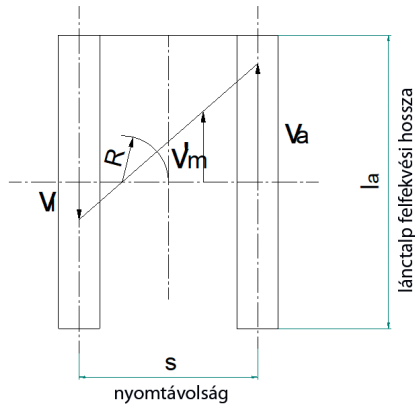
$$i_L = \frac{n_a + n_i}{n_a - n_i} \quad (9)$$

Az össze függésekből látható, hogy adott kormányzási áttételhez, valamint kanyarodási ívsugárhoz adott hajtókerék-fordulatszámok tartoznak.

A lánctalpak sebessége kis ívsugártartományban $0 \leq i_L < 1$; $0 \leq R < s/2$

Ebben az ívsugártartományban a számításokhoz célszerű felvenni egy v'_m átlagos lánccsebességet, amelyet a következőképpen kell számolni (3. ábra):

$$v'_m = \frac{v_a - v_i}{2} \quad (10)$$



3. ábra: Kormányzás kis ívsugáron

Forrás: a szerzők szerkesztése

Megjegyzés: s : nyomtávolság; R : kanyarodási ív sugara; l_a : a láncc felfekvési hossza; v_a : a külső íven futó láncc sebessége; v_i : a belső íven futó láncc sebessége; v'_m : átlagos lánccsebesség

A 3. ábrából, felhasználva a trigonometrikus összefüggéseket írható, hogy:

$$\frac{v_a - v_i}{s} = \frac{v_a}{s/2 + R} \quad (11)$$

amiből:

$$v_a - v_i = \frac{v_a}{1/2 + R/s}$$

felhasználva (10) egyenletet kapjuk:

$$v'_m = \frac{v_a}{\frac{1}{2} + \frac{R}{s}} = \frac{v_a}{1 + i_L},$$

kifejezve a jobb oldali, külső íven futó láncc sebességét:

$$v_a = v'_m (i_L + 1) \quad (12)$$

A belső íven futó és ellentétes irányban forgó lánchoz tartozó összefüggés a 3. ábra alapján a (11) egyenlethez hasonló összefüggések szerint:

$$\frac{v_a - v_i}{s} = \frac{-v_i}{s/2 - R} \cdot (13)$$

A (11) egyenlethez hasonló levezetés szerint kapjuk:

$$v_i = v'_m(i_L - 1) \quad (14).$$

A (10) és a (12) egyenletek összeadásából a kormányzási áttétel számítható [vö. (6), (7), (8)].

$$i_L = \frac{v_a + v_i}{v_a - v_i} = \frac{R}{s/2} \quad (15)$$

$$i_L = \frac{n_a + n_i}{n_a - n_i} = \frac{R}{s/2} \quad (16)$$

ahol: $v_i < 0$ és $n_i < 0$.

A láncsebességek az i_L függvényében

A külső íven futó lánc sebessége a (5) és (12) egyenletek szerint a teljes $0 \leq i_L \leq i_k$ tartományban pozitív. A belső íven futó lánc sebessége a (6) és a (14) egyenletek szerint kis ívsugártartományban negatív, vagyis a lánc ellentétes irányban forog, nagy ívsugártartományban pedig pozitív. A két lánc sebessége az $i_L = i_k$ értéknél egyenlítődik ki, a jármű ettől a ponttól egyenesen halad. Az $i_L = 0$ helyen a két lánctalp azonos sebességgel ellentétes irányban forog. Az $i_L = 1$ helyen a belső íven forduló lánc nem forog.

A kormányzás erőviszonyai

A lánkra ható erők nagy sugarú tartományban:

A lánctalpas jármű kanyarodásakor a lánkra ható tolóerőknek az alkalmazott modellünk szerint két ellenállást a gördülési és a fordulási ellenállást kell legyőznie a (16) (17) egyenletek szerint:

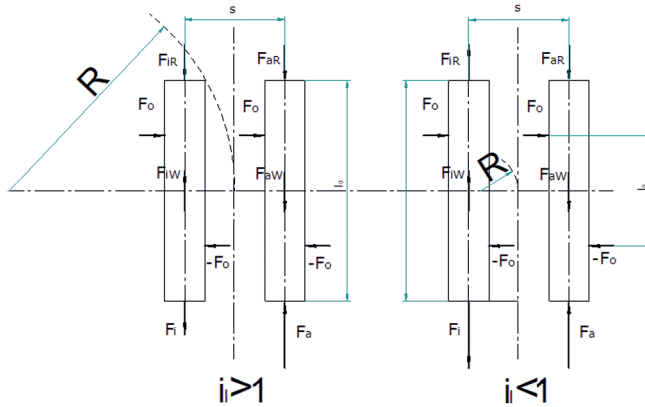
$$\mathbf{F}_a + \mathbf{F}_{aR} + \mathbf{F}_{aW} = 0, \quad (16)$$

$$\mathbf{F}_i + \mathbf{F}_{iR} + \mathbf{F}_{iW} = 0. \quad (17)$$

\mathbf{F}_R : gördülési ellenállás

\mathbf{F}_W : fordulási ellenállás

A (16) és a (17) modellje az egyszerű tárgyalás miatt elhanyagolja az emelkedési és a szél-ellenállást (légellenállást).



4. ábra: A lánctalpakra ható erők kis és nagy ívben történő kanyarodásnál

Forrás: a szerzők szerkesztése

Megjegyzés:

F_{aR}, F_{iR} a külső, illetve a belső ívben forduló lánctalpakra ható gördülési ellenállás

$F_o - F_o$ a kanyarodáskor a lánctalpakra ható fordulási ellenállás

F_{aW}, F_{iW} az $F_o, -F_o$ erőpárral azonos hatású a lánctalpakra konvertált erőpár

F_i, F_a a lánctalpakra ható tolóerők

A lánctalpakra ható erők a 4. ábra alapján az F_i, F_a tolóerők az F_{aR}, F_{iR} gördülési ellenállás és a kanyarodáskor fellépő $F_o, -F_o$ oldalirányú erő. A lántra ható erők meghatározásához az $F_o, -F_o$ erőpárral azonos hatású, de a tolóerő és a gördülési ellenállással azonos hatásvonalú F_{aW}, F_{iW} erőket határozzuk meg, ezek lesznek az úgynevezett *fordulási ellenállások*. Az F_i nagysága és iránya a továbbiakban igazolt. A oldalirányú erők a lánctalpak elfordulási irányával ellentétes irányban mint reakcióerők keletkeznek. Ennek hatásvonala merőleges a lántra, és az erőpár erőinek merőleges távolsága a lánca felfekvési hosszának fele. A erőpár szimmetrikus a lánca vízszintes szimmetriatengelyére, nagyságát az úgynevezett f_w fordulási ellenállástényező és a lánctagra eső súlyerő segítségével lehet számítani a (18) szerint.

$$F_o = f_w \frac{F_g}{4} \quad (18)$$

Az oldalirányú erőpárok nyomatéka:

$$M_k = -f_w \frac{F_g l_a}{4} \quad (19)$$

A fordulási ellenállás hatásvonala megegyezik a lánctalp és egyben a gördülési ellenállás hatásvonalával. A nagyságát úgy határozzuk meg, hogy a két lánctalpra számítjuk azt az erőpárt, amelynek a nyomatéka azonos nagyságú és irányú a $2 \times (F_o, -F_o)$ erőpárok nyomatékával.

$$F_{aW} = -F_{iW} = \frac{M_k}{s} = -f_w \frac{F_g l_a}{4 s} \quad (20)$$

A gördülési ellenállás nagysága:

$$F_{aR} = -f_R \frac{F_g}{2} \quad (21)$$

A (16) és a (17) egyenletekbe behelyettesítve a (20), (21) egyenleteket, és felhasználva a $\lambda = l_a/s$ összefüggést a lánctalpakra, a haladáshoz és a kanyarodáshoz szükséges vonóerőnek a következőket kapjuk:

$$F_a = -F_{aR} - F_{aW} = f_R \frac{F_g}{2} + f_W \frac{F_g l_a}{4s} = \frac{F_g}{2} \left(f_R + f_W \frac{\lambda}{2} \right) \quad (22)$$

$$F_i = -F_{iR} - F_{iW} = f_R \frac{F_g}{2} - f_W \frac{F_g l_a}{4s} = \frac{F_g}{2} \left(f_R - f_W \frac{\lambda}{2} \right) \quad (23)$$

A lánkra ható erők kis sugarú tartományban:

A kis ívben történő kanyarodáskor a különbséget a gördülési ellenállás iránya jelenti. A belső íven forduló lánctag ugyanis a jármű haladási irányával ellentétes irányban halad, tehát:

$$F_{aR} = -f_R \frac{F_g}{2} \quad (24)$$

$$F_{iR} = f_R \frac{F_g}{2} \quad (25)$$

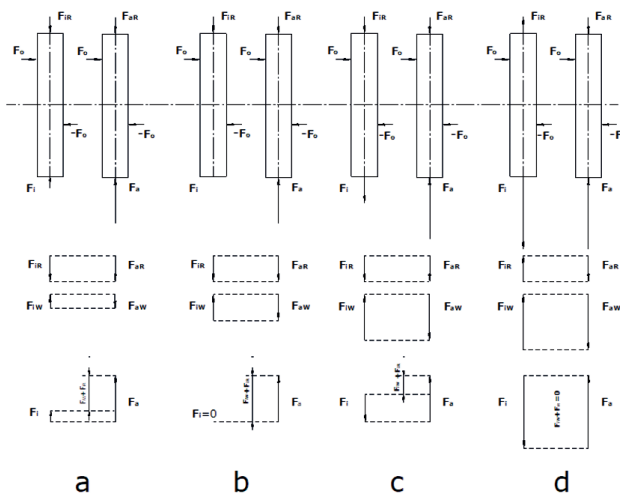
Az oldalirányú erők nagysága és iránya változatlan, ezért:

$$F_a = -F_{aR} - F_{aW} = f_R \frac{F_g}{2} + f_W \frac{F_g l_a}{4s} = \frac{F_g}{2} \left(f_R + f_W \frac{\lambda}{2} \right) \quad (26)$$

$$F_i = -F_{iR} - F_{iW} = -f_R \frac{F_g}{2} - f_W \frac{F_g l_a}{4s} = -\frac{F_g}{2} \left(f_R + f_W \frac{\lambda}{2} \right) \quad (27)$$

A lánctalpra ható erők ábrázolása:

A (22), (23), (26), (27) egyenletekben szereplő f_R gördülési ellenállási együttható függetlennek tekinthető a kanyarodási ívhosszhoz képest, evvel együtt az i_l kormányzási áttételhez is. A (1) egyenlet alapján az f_W fordulási ellenállási együttható viszont nem tekinthető függetlennek, ugyanis ez az i_l növekedésével csökkenő tendenciát mutat. A maximális értéket az $i_l = 0$ értéknél veszi fel, ahol a jármű helyben fordul, a nagysága pedig $f_W > 1$, vagyis többszöröse a gördülési ellenállás maximumának. A kanyarodási ívhossz növekedésével csökkenő tendenciát mutat. A külső íven futó lánkra ható tolóerő a teljes vizsgálati tartományban pozitív, az $i_l = i_k$ értéknél $f_W = 0$, vagyis nem kanyarodik a jármű. A belső íven futó lánkra ható tolóerő (23) egyenlet szerint $F_i = 0$ értéket vesz fel, ha $f_W \lambda = 2f_R$. A belső íven futó lánccal ekkor tolóerő nélkül fut. A járművet egyedül a külső lánctalpra ható tolóerő hajtja. Ettől balra $f_W \lambda > 2f_R$ esetében a (23) egyenlet szerint, a belső íven futó lánctalpra ható F_i tolóerő negatív, ettől jobbra pedig pozitív (azonos irányú mint a külső lánctalp tolóereje).



5. ábra: Erőhatások különböző i_L kormányzási áttételnél

Forrás: a szerzők szerkesztése

a: $i_K > i_L > i_L (f_R = f_W \lambda / 2)$

b: $i_L = i_L (f_R = f_W \lambda / 2)$

c: $i_K (f_R = f_W \lambda / 2) > i_L > 1$

d: $1 \geq i_L > 0$

Az 5. ábra a kanyarodás négy helyzetét ábrázolja. Az a) esetben a kanyarodás ívsugara az $f_W > f_W \lambda / 2$ tartományban van, ahol $i_K > i_L > \sim 200$ és $F_i > 0$ a (23) egyenlet szerint. Az F_a , F_i erők nagyságának meghatározásakor figyelembe vesszük, hogy f_W az i_L függvénye.

Az 5 a) ábrán látható, hogy a kanyarodási ellenállás abszolútértéke kisebb, mint a gördülési ellenállás, és negatív irányú nyomatékot fejt ki a járműre. A hajtáshoz szükséges tolóerővektorok mindkét lánctagon pozitív irányúak, és a belső íven futónak kisebb a nagysága. A szakasz szélső helyzete, amire külön ábra nem készült, az $i_K \leq i_L$, ahol az $F_a = F_i$ és a jármű egyenesen halad.

Az 5b) ábra azt a helyzetet mutatja, ahol a gördülési és a fordulási ellenállás nagysága azonos, értelmük a belső láncon ellentétes a külsőn pedig megegyező, vagyis $F_{aR} = F_{aW}$. Ez a kanyarodás azon speciális helyzete, ahol a belső íven forduló láncot nem hajtja tolóerő.

Az 5c) ábra az $f_R = f_W \lambda / 2$ ponttól az $i_L = 1$ pontig mutatja az erőhatásokat. A belső íven futó láncra ható tolóerő negatív értéket vesz fel. A gördülési ellenállás az előre futó láncok miatt negatív irányú. A belső ív negatív tolóereje a gördülési ellenállásnál nagyobb fordulási ellenállás miatt képződik. Ezen a szakaszon tehát a belső íven futó láncra ható erő, vagyis az a reakcióerő, ami a talajon képződik és a láncra hat, fékező jellegű lesz. A negatív irány, mint azt később látni lehet, negatív (fékező) teljesítményt is fog jelenteni.

Az 5d) ábrán a kis ívű kanyarodáskor ható külső erőket lehet tanulmányozni. Az előző szakasztól az eltérést az okozza, hogy a belső íven forduló lánc forgási iránya megváltozik, így a gördülési ellenállás iránya is. A láncre ható F_a , F_i erők erőpárt képeznek. Az F_i itt is negatív, de a lánc forgási irányával megegyező, tehát itt már nem fékerőként, hanem tolóerőként funkcionál.

A kormányzás teljesítményviszonyai

A $P = Fv$ összefüggés szerint a (5), (6), (22), (23) egyenleteket felhasználva nagy ívtartományra a következő összefüggéseket kapjuk:

$$P_a = \frac{F_G}{2} v_m \left(f_R + f_w \frac{\lambda}{2} \right) \left(1 + \frac{1}{i_L} \right), \quad (28)$$

$$P_i = \frac{F_G}{2} v_m \left(f_R - f_w \frac{\lambda}{2} \right) \left(1 - \frac{1}{i_L} \right). \quad (29)$$

Kis ívtartományra (12), (14), (26), (27) egyenleteket felhasználva a következő összefüggéseket kapjuk:

$$P_a = \frac{F_G}{2} v'_m \left(f_R + f_w \frac{\lambda}{2} \right) (1 + i_L), \quad (30)$$

$$P_i = \frac{F_G}{2} v'_m \left(f_R + f_w \frac{\lambda}{2} \right) (1 - i_L). \quad (31)$$

A lánctalpak teljesítménye két helyzetben azonos az $i_L = i_k$ és az $i_L = 0$ esetében, vagyis helyben forduláskor és egyenes haladáskor. A belső íven forduló lánc teljesítménye az $f_w \lambda = 2f_R$ helyen nulla értéket vesz fel, az $1 < i_L < i_L(f_R = f_w \lambda/2)$ tartományban viszont negatív. A tolóerő negatív értelmű, vagyis fékerő. A lánc kerületi sebessége, ezzel együtt a láncmeghajtó keréke is pozitív irányú, vagyis a jármű haladási sebességével megegyező. A láncre ható haladási sebességgel ellentétes irányú tolóerő vagyis fékerő ebben az esetben a lánctól a láncmeghajtókerék irányában hat.

A (29) egyenletet, ha megvizsgáljuk, akkor láthatjuk, hogy két helyen vesz fel nulla értéket. Az $f_R = f_w \lambda/2$, valamint az $i_L = 1$ helyen, a két érték között, mivel itt $f_R < f_w \lambda/2$, a függvény értéke negatív, vagyis a belső íven futó lánc teljesítménye negatív, ez következik a haladási iránnyal ellentétes irányú toló- (fékező) erőből. Ennek az erőnek a teljesítményét meddőteljesítménynek nevezzük. A külső íven futó lánc teljesítményének egy része arra használdók, hogy a belső íven futó és fékezett lánctalpat a haladási irányban tolja. Az úgynevezett regeneratív kormányzási megoldásoknál a belső ív láncmeghajtókerékének meddő teljesítménye a külső lánctalpra táplálható.

A jármű teljesítménye felírható a két lánctalp teljesítményösszegeként:

$$P_T = P_a + P_i \quad (32)$$

A (32) egyenletbe behelyettesítve az $i_L > 1$ esetre a (28) és a (29) egyenleteket, valamint az $i_L < 1$ esetre a (30), (31) egyenleteket a nagy és a kis ívű tartományra a következőket kapjuk:

$$F_i = -F_{iR} - F_{iW} = f_R \frac{F_g}{2} - f_W \frac{F_g l_a}{4 s} = \frac{F_g}{2} \left(f_R - f_W \frac{\lambda}{2} \right) \text{ ahol } i_L > 1 \quad (33)$$

$$P_T = F_G v'_m \left(f_R + \frac{f_W \lambda}{2 i_L} \right) \text{ ahol } i_L < 1 \quad \text{ahol } i_L < 1 \quad (34)$$

A (33) és a (34) egyenletekből következik, hogy a teljesítmény osztható a gördülési és a fordulási ellenállások szerint:

$$P_T = P_R + P_W \quad (35)$$

A (35) és (33) alapján a gördülési ellenállás teljesítménye nagy ívsugarú tartományra $i_L > 1$:

$$P_R = F_G v'_m P_{R'} \quad (36)$$

a fordulási ellenállás teljesítménye:

$$P_W = F_G v'_m f_W \frac{\lambda}{2 i_L} \quad (37).$$

Kis ívsugarú ($i_L < 1$) tartományban a (35) szerinti bontás:

$$P_R = F_G v'_m f_R \quad (38)$$

$$P_W = F_G v'_m f_W \frac{\lambda}{2 i_L} \quad (39)$$

Összegzés

Jelen tanulmány a lánctalpas harcjárművek kanyarodási elv szerinti csoportosítását, illetve az ívmenetek során adódó sebességviszonyok leírását, továbbá a meghajtókerekre ható erők meghatározását tűzte ki célul. Vizsgálta a lánctalpas eszközök kanyarodását, illetve a fordulásuk kinematikáját. Megállapítható, hogy az erőátviteli és a kormányberendezések terén a fejlődés útja a mechanikustól a hidromechanikuson keresztül a hidrodinamikus felé mutat.¹² A korszerű harckocsiban működő kormánygépnél magas fejlettségű automata sebességváltóval kell együttműködnie, ezért a kormánygép konstrukcióját – rendszerszemléletű megközelítést alkalmazva – az automata váltóval összefüggésben célszerű vizsgálni. A korszerű regeneratív elven működő, hidraulikus elemekkel kiegészített kormánygép az erőátvitelben

¹² TYTLER et al. 1985: 98.

is szerepet játszik. Összeségében belátható, hogy a megfelelő konstrukciójú kormánygép megválasztása és alkalmazása döntő mértékben befolyásolhatja a lánctalpas harcjárművek harcászati tulajdonságait. A rendszeresített keleti (szovjet-orosz) harckocsi-konstrukciók a kormánygép (és az automata sebességváltó) tekintetében konstrukciós szempontból – így harcászati tulajdonságaikat tekintve is – bizonyos mértékig elmaradtak a nyugati (például német és amerikai) típusok mögött.

Irodalomjegyzék

- GYARMATI József – HEGEDŰS Ernő – GÁVAY György (2022): Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek, Wilson váltó. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 113–126. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.7>
- KISS László (1998): *Lánctalpas eszközök kormányzása*. Budapest: Bolyai János Katonai Műszaki Főiskola.
- MERHOF, E. – HACKBARTH, M. (2015): *Fahrmechanik der Kettenfahrzeuge*. [h. n.]: [k. n.]. Online: <https://athene-forschung.unibw.de/doc/111331/111331.pdf>
- OGORKIEWICZ, Richard M. (1991): *Technology of Tanks*. II. kötet. Coulsdon, United Kingdom: Jane's Information Group Publication.
- POLINSZKY Károly (1972): *Műszaki Lexikon*. G–M. Budapest: Akadémiai.
- TYTLER, I. F. B. et al. (1985): *Vehicles and Bridging*. Shrivenham, U.K.: Royal Military College of Science, Brassey's Defence Publishers Ltd.

Rákosi Sára,¹ Sebők István,² Szalai Tamás,³ Vég Róbert László⁴

A 3D-nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai

Safety and Environmental Aspects of 3D Printing

A 3D-nyomtatás mint hirtelen fellendült iparág ma már nemcsak vállalatok számára készít termékeket, hanem otthoni felhasználásra is azon személyek számára, akik hobbi szinten érdeklődnek a technológia iránt. Ezért is kiemelten fontos, hogy tisztában legyünk azzal, mire képesek ezek az eszközök. Ismernünk kell az eszközök működési elvét, valamint azt, hogy milyen, esetleg környezetünkre és egészségünkre is káros, anyagokat bocsát ki.

Kulcsszavak: 3D-nyomtató, 3D-nyomtatás, környezetvédelem, biztonságtechnika

3D printing as a suddenly booming industry is now not only producing for companies, but also for home application for people who show interest in this field of technology as a hobby. That is why it is extremely important to be aware of what these tools are capable of. We need to know the operating principle of the devices, as well as what substances they emit, which may be harmful to our environment and health.

Keywords: 3D printer, 3D printing, environment protection, safety technology

¹ Hallgató főtörzsőrmeister, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: sara.rakosi@gmail.com

² Tanársegéd, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: sebok.istvan@uni-nke.hu

³ Szakoktató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: szalai.tamas@uni-nke.hu

⁴ Egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: vegh.robert@uni-nke.hu

Bevezetés

Ma a folyamatos technológiai fejlődéssel lépést tartani nehéz feladat. Feltűnnek újabb és újabb anyagok és eszközök, amelyek nagyban hozzájárulnak a gyorsabb és nagyobb léptékű termeléshez, valamint több esetben jobb minőséget is eredményeznek.

Az iparosodás kezdete óta számos körülmény megváltozott a gyártási folyamatok során. Kezdetben csak a mennyiségi termelést vették figyelembe, később kezdett fontossá válni, hogy ne csak mennyiségileg, de minőségileg is jobban teljesítsenek a gyárak, ugyanis minél magasabb minőségű volt a termék, annál magasabbak voltak az eladási mutatók.⁵ A technológiai fejlődés mellett ügyelnünk kell, hogy környezetünket és egészségünket megőrizzük, ugyanis az újabb és újabb technológiai vívmányok mindig rejtenek magukban megoldandó problémát is. Ezek az új eszközök kihívásokat tartogatnak a kutatók és a fejlesztők számára, amelyeket számos tesztelés és fejlesztési kísérlet árán sikerül kiküszöbölni.

Jelen korra a tudomány és a technológia eljutott arra a szintre, hogy számítógépek és szoftverek segítségével tervezni tudunk, a tervezetteket pedig le is tudjuk gyártani. Egyes munkafolyamatok nem igényelnek emberi beavatkozást, ugyanakkor az eszközöknek számos előírásnak és szabványnak kell megfelelniük, hogy biztonságosan használhatók legyenek. Munkavégzés során előfordulnak eltérő súlyosságú balesetek, ezek elkerülése érdekében elengedhetetlen, hogy szabályokhoz kössük az eszközök használatát, így minimalizálni tudjuk az esetlegesen keletkező sérüléseket.

A gyorsuló ütemben fejlődő technológiai háttérnek köszönhetően ma már letisztult módszerek és eljárások állnak akár a professzionális ipari felhasználók, akár a kutatás, fejlesztés, innováció területén érdekelt cégek, illetve szakemberek rendelkezésére. A háromdimenziós nyomtatás gyors megoldást kínál számos szakterületen, a prototípusgyártás mellett többek között az alkatrész-utánpótlási problémákra, de a felhasználási lehetőségek között találkozhatunk számos katonai aspektussal is.⁶

A hadi alkalmazás esetében kiemelhető a katonai robbantástechnika mint lehetséges felhasználó. A kis szériaszámban vagy egyedi méretekben készített töltetek alkatrészeinek gyártásához ideális megoldást kínál a 3D-nyomatás. A kumulatív töltetházak esetében például jelenleg is folynak gyakorlati alapokon nyugvó vizsgálatok a témában.⁷

A háromdimenziós nyomtatás létrejötté sok tudományág számára kívánt kedvező megoldást az alkatrész- és modellgyártás terén, ugyanis egyfajta 3D-nyomatató segítségével számos modellt készíthetünk, sokrétű felhasználásra.

A 20. század végéig két egyszerű eljárásra korlátozódott az ipari termelés, egyrészt az öntésre, másrészt megmunkálásra. Az eljárásnak komoly jelentősége van a hadiiparban és a felsőoktatásban is.⁸ Ezen eljárásokat összefoglaló néven elvevési gyártásnak nevezik,

⁵ SZABÓ 2017.

⁶ GÁL-NÉMETH 2019.

⁷ EMBER-ÁDÁM 2022.

⁸ GYARMATI et al. 2018; GYARMATI et al. 2016.

vagyis a formázás során az alapanyagot alakítva (abból elvéve) marás, formába öntés útján kapjuk meg a kívánt végső állapotú munkadarabot.⁹

A 3D-nyomtatás elmélete és gyakorlata

3D-nyomtatás során digitális modellekből állítunk elő háromdimenziós tárgyakat. Jelenleg leggyakoribb felhasználása az otthoni hobbi szintű modellkészítés mellett a gyors prototípuskészítés.¹⁰ A 3D-nyomtatást további elnevezésekkel is illetik, mint az additív gyártás, desktop termelés, digitálistermék-előállítás. Mivel a 3D-nyomtatás a terméket úgymond nulláról állítja elő, vagyis anyag hozzáadásával, a legpontosabb lényegi elnevezés az additív gyártás.¹¹ Kompozitanyagokat nap mint nap használunk, tudományterületeket ível át és köt össze. Jelenleg a 3D-fémnyomtatókat a fogászatban is előszeretettel használják, a technológiák folyamatos fejlődésének köszönhetően az orvostudomány többi ága is használhatja a későbbiekben.

Gyors prototípusgyártás története

A gyors prototípusgyártás (RPT¹²) egy tetszőlegesen választott háromdimenziós fizikai test numerikus leírásából történő előállítását jelenti. Az előállítás teljesen automatizált, az elkészült modell nagy rugalmasságú, sokféle igénybevételnek ellenálló lesz. A modelleket általában tervezőprogramokkal készítik el, például CAD, Fusion 360.

A 3D-nyomtatás ötlete egészen 1945-ig nyúlik vissza, amikor a sci-fi író, Murray Leinster először írta le meglepő pontossággal a technológiát *Things Pass By* című novellájában. Elképzelt egy gépet, amely a rajzait egy mozgó kar segítségével újraalkothatja olvasztott műanyagból.¹³ Időbe telt, amíg ezek az ötletek túlléptek a fikción, de 1971-ben áttérés történt, amikor Johannes F. Gottwald szabadalmat nyújtott be egy folyékony fémextruderre. Úgy képzelte el, hogy ez az extruder olyan, mint egy irodai nyomtató, csak fémmel nyomtat 3D-s tárgyakat, nem pedig tintával. Sajnos nem sikerült elkészítenie a gépet, mielőtt lejárt volna a szabadalma.¹⁴ Az 1980-as években a 3D-nyomtatási ötletek valósággá váltak.¹⁵ Az évtizedben az első kiemelkedő szabadalmat Dr. Hideo Kodama japán feltaláló nyújtotta be 1981-ben. A találmányát „gyors prototípuskészítő eszközként” nevezte meg. Az ő szabadalma volt az első, amely lézersugaras kikeményítési eljárást tárgyal.¹⁶ Charles „Chuck” Hull 1984-ben szabadalmat nyújtott be egy sztereolitográfiai rendszerre, UV-lámpa segítségével rétegről rétegre kikeményítette a fényérzékeny gyantát, így állította elő az egyedi alkatrészeket.

⁹ SINGH 2006: 4.

¹⁰ *Guide to Rapid Prototyping for Product Development.*

¹¹ KRASSENSTEIN 2015.

¹² RPT: rapid prototyping technology – gyors prototípusgyártás.

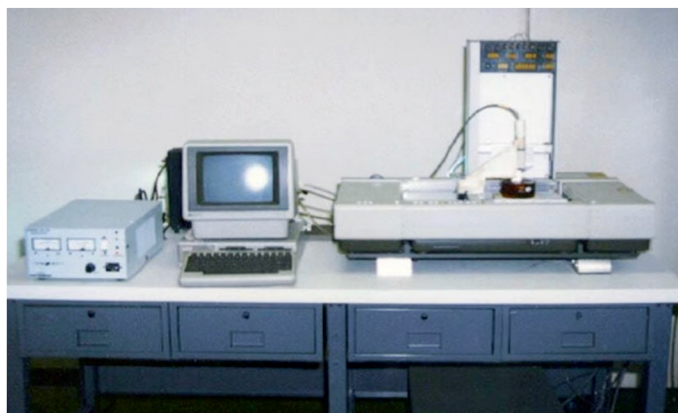
¹³ LEINSTER 1945.

¹⁴ Lásd: <https://englisch-albanisch.englischdeutsch.at/uebersetzer/20724-1970s-in-1971-johannes-f-gottwald-patented-the-liquid-metal-recorder-u-s-patent-3596285a-a-continuou>

¹⁵ HORVÁTH–KURUCZ 2017.

¹⁶ *When Was 3D Printing Invented? The History of 3D Printing.* 2020.

1986-ban hagyták jóvá a szabadalmát, és megalapította saját cégét, amely a 3D Systems nevet viselte.¹⁷ Mindössze két évvel a cég indítása után, 1988-ban kiadták az úttörő, első kereskedelmi forgalomban kapható 3D-nyomatót – az SLA-1-et (1. ábra). Hull fejlesztette ki az STL-fájlformátumot a modellek könnyű elkészítése érdekében, valamint azt a digitális szeletelési eljárást, amelyet a mai napig használunk 3D-nyomatás során.



1. ábra: SLA-1, az első 3D-nyomató

Forrás: www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/basics-of-3d-printing/the-history-of-3d-printing/

Az SLA-1 volt az első olyan 3D-nyomatógép, amely kereskedelmi forgalomba került, ugyanakkor az FDM- (*fused deposition modeling*) és az SLS- (*selective laser sintering*) eljárások nem sokkal később szintén piacra törtek. A szelektív lézeres szinterézést egy texasi egyetemi kutató, Carl Deckard találta fel.¹⁸ A kezdetleges nyomatóval csak alapvető műanyagdarabokat tudott készíteni, az ötlet viszont már akkor is az volt, ami alapján később az SLS-nyomatás készült. 1988-ban érkezett még egy szabadalmi ötlet a Stratasys társalapítójától, Scott Crumptól. Egy olvasztott lerakódású modellezőgépet akart készíteni, ugyanakkor a Startasys a piac élére tört az akkor modernnek számító FDM-nyomatóival.¹⁹

1993-ban az MTA professzora először alkalmazta a 3D-nyomatást mint fogalmat lexikonokban, ekkortól kezdve az iparág már ezt a nevet viselte. A Zcorp nevű vállalat 2000-ben bevezette az első több színnel nyomtatni képes 3D-nyomatót, amely nem vált szabvánnyá, ugyanakkor közkedvelt volt. 2004-ben elindult a RepRap mozgalom azzal a céllal, hogy 3D-nyomatók segítségével állítsanak elő még több 3D-nyomatót.²⁰ 2006-ban mutatták be az Objekt által az első kereskedelmi forgalomban árusított asztali 3D-nyomatót, amely lehetővé tette az otthoni modellezést mint hobbit. A 2000-es években lejártak azok a szabadalmak, amelyek az első 3D-nyomatógépek gyártását engedélyezték, ezt követően hatalmas piaci versengés indult be a különböző technológiák és gépek előállítására. 2014-ben

¹⁷ Lásd: www.3dsystems.com/our-story

¹⁸ HOPKINSON–HAGUE–DICKENS 2006: 64.

¹⁹ HOPKINSON–HAGUE–DICKENS 2006: 75.

²⁰ HOPKINSON–HAGUE–DICKENS 2006: 78.

lezárult az utolsó szabadalom is, azt követően szabad felhasználásúvá váltak az eszközök, a 3D-nyomatás három fő formája szabadabbá vált kísérletezésre.²¹

SLA²²-eljárás

Az SLA a kádas polimerizációs nyomatás egyik formája. A kádas polimerizációhoz folyékony fotopolimer gyantából készült kádat használnak, amelyből rétegről rétegre építik fel a modellt. Szükség esetén ultrabolya fényt alkalmaznak a gyanta kikeményítésére, egy platform minden új réteg kikeményítése után lefelé mozgatja a készülő modellt.²³ A gyantának az egyik legfontosabb tulajdonsága az, hogy ultrabolya fényre érzékeny. Ennek a tulajdonságnak köszönhetően a 3D-nyomatók speciális lézert alkalmaznak, amelyen a modellek formázása közben külön keményíthetők ki az adott területek. Ez a technológia nemcsak a gyantahasználatban különbözik az ismert FDM-módszertől, hanem a felbontásban is. Míg az FDM-eljárás során a rétegek több száz mikron vastagok, addig az SLA-technológiával készített modellek átlagosan 50 mikron vastagságú rétegekből épülnek fel.

Az SLA- (2. ábra) nyomatók általában egy gyantatartályból, egy építőlemezből, egy lézerből és két galvanométerből épülnek fel. A galvanométerek olyan tükörrel ellátott szerzők, amelyek a tükrök segítségével a lézert pontosan és precízen irányítják. A szilárd testek lézerhullámhossza 405 nm tartományban van. Ez a 405 nm-es fény, ha rávilágít a gyantára, megkeményíti azt. Kétféleképpen építhetik fel a modell rétegeit: alulról felfelé vagy fentről lefelé. Az alulról felfelé irányuló építési technikában az építőlemez leengedik a gyantatartályba, addig ott tartják, amíg egy vékony gyantaréteg marad csak közöttük és egy átlátszó film vagy membrán a tartály alján. A lézert a fejek pontosan rányomják a film másik oldalára, megadott minta alapján pedig kikeményítik a gyantát. Ezt követően az építőlemez felemelik, ezzel leválasztják a már megkeményedett réteget a fóliáról, majd megadott értékkel lejjebb engedik, így a következő réteg lejjebb fog készülni. Ezt a folyamatot akár több százszor ismételve elkészül a modellünk.

Az iparban használt nyomatók esetén gyakoribb a fentről lefele történő modellezés, ez esetben az építőlemez a tartály aljából emelik fel a tetejére, a lézert ráhúzzák a folyékony gyantarétegre, majd kikeményítik a felső néhány mikrométert az építőlemezen. Ezt követően az építőlemez lejjebb engedik a kádban, egészen addig ismételve ezeket a lépéseket, amíg el nem készül a tervezett alkatrész.²⁴

Léteznek olyan technológiák, amelyek hasonlóak az SLA-technológiához, de találhatóak benne eltérések. A DLP-²⁵ eljárás abban tér el az SLA-tól, hogy nem lézert használ, hanem egy nagy felbontású kivetítőt és digitális mikrotükört. Ugyanaz a hatása, mint a lézernak, azzal a különbséggel, hogy egyszerre több réteg kikeményíthető, a nyomatás ideje lerövidíthető.

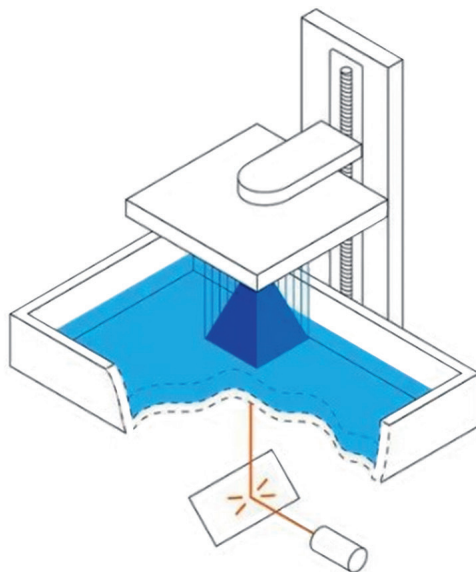
²¹ HAINES 2022.

²² SLA: sztereolitográfia.

²³ All3DP 2019.

²⁴ GRAMES 2019.

²⁵ DLP: digital light processing.



2. ábra: Az SLA-nyomatás vázlatja

Forrás: <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

FDM²⁶-eljárás

Az FDM-eljárás egy anyagextrudálási módszer az additív gyártástechnológiák közül, ahol az anyagokat egy fúvókán keresztül extrudálják és összeillesztik, hogy így hozzanak létre 3D-objektumokat. A standard FDM-eljárás eltér a többi anyagextrudálási eljárástól, hőre lágyuló műanyagokat alkalmaznak alapanyagként filamentek vagy pelletek formájában. A filamentet egy felfűtött fúvókán nyomja át a nyomtató, így az megolvad, majd ezeket kétdimenziós rétegekben lefekteti az építési felületre. Míg meleg, a rétegek összeolvadnak, így létrehozva a háromdimenziós réteget. Az FDM a 3D-nyomatás legegyszerűbb technológiája, felhasználóbarát és széles körben elterjedt. Otthoni felhasználásra sokkal egyszerűbb ez a módszer, mint a gyantás 3D-nyomatási módszerek, és olcsóbbak, mint a por alapú eljárások.

Az FDM-technológia előnyei között ugyanakkor célszerű megemlíteni a kedvező nyomtatási sebességet is, amely az alapanyagtól, mérettől és kitöltési geometriától függően változhat néhányszor 10 perc és néhány nap között.²⁷

²⁶ FDM: fused deposition modeling.

²⁷ NÉMETH-SZABÓ-BALOG 2020.

Az FDM-eljárás viszonylag egyszerű. Fő funkcióit két rendszer látja el, az egyik rendszer felel az extrudálásért,²⁸ valamint az anyag lerakásáért, a másik rendszer pedig a nyomtatófej mozgásáért felel. Az eljáráshoz használt hőre lágyuló műanyagok filamentorsókban kaphatóak. A nyomató „hideg vége” felel azért, hogy az anyag a nyomtatóba be legyen táplálva az orsóról. Itt szabályozzák a sebességet is, amivel a nyomtató lerakja az anyagot. A nyomtató „forró vége” pedig azért felel, hogy az anyagot megfelelő szintre melegítse fel, hogy azt a fúvókákon keresztül lehessen extrudálni. Ez a rendszer tartalmaz fűtőpatronokat, hűtőbordákat és fúvókákat. A két fő rendszernek, azaz a hideg és forró végnek szinergikusan²⁹ kell működni ahhoz, hogy a megfelelő mennyiségű anyagot megfelelő hőmérsékleten és fizikai állapotban lehessen rétegezni.

Az extrudálási folyamat szempontjából kétféleképpen lehet beállítani a nyomtatót. A hideg és a forró vég elhelyezhető egymás mellett, így közvetlen lesz az extrudálás, a másik megoldás pedig amikor a hideg véget a nyomtató keretéhez rögzítik. Ebben az esetben szükség van egy összekötő csőre, amely segítségével az izzószálakat átvezetik a forró végbe. A forró végek több kialakításban kaphatóak, az egyik az All-Metal, amely magasabb hőmérséklet elérését teszi lehetővé a fúvókákban. A másik kialakítás a PTFE³⁰-bevonatú forró vég, amelyben rövidebb csövet használnak, ezzel csökkentve az izzószál súrlódását – ugyanakkor ez a típus korlátozza a hőmérsékletet maximum 240 °C-ra.³¹

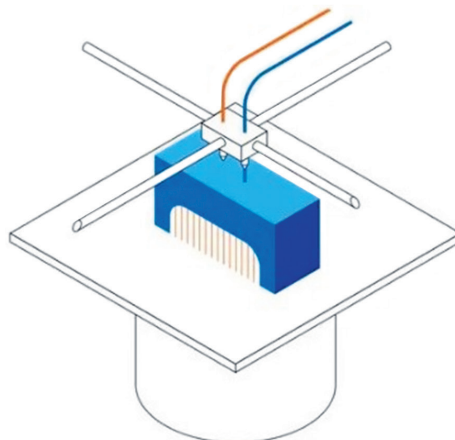
A legjelentősebb eltérés az FDM-eljárás és a többi 3D-nyomatási eljárás között a tervezésben, valamint a mozgásrendszerben található. Az FDM 3D-nyomtatók mozgásrendszere felelős azért, hogy a melegvégszerelvényt a háromdimenziós térben mozgassa az olvadt anyag megfelelő lerakásához. Többféleképpen is megvalósítható a forró vég mozgatása, ugyanakkor ehhez ismernünk kell a különböző beállításokhoz szükséges koordináta-rendszereket. 3D-nyomtatók esetén a leggyakrabban a derékszögű koordináta-rendszereket alkalmazzák, ahol az x, y és z lineáris tengelyek adják meg a pontos pozíciót. Azonban van az FDM-nyomtatóknak egy kis csoportja, amely poláris koordináta-rendszert alkalmaz. A poláris koordináta-rendszer lineáris, és szögértéket is alkalmaznak, ezzel előállítva a fizikai pozíciót. A derékszögű koordináta-rendszert alkalmazó gépek további csoportokra oszthatók. A Delta 3D-nyomtatók függőleges síneket és három, egymástól függetlenül vezérelt kart alkalmaznak, amelyek a forró véghez vannak rögzítve, amelyek együtt mozognak, így megfelelően pozicionálják a forró véget. A SCARA nyomtatók a derékszögű gépek másik kategóriája, amelyek vízszintesen mozgatott karokat használnak a síkmozgások elvégzéséhez. Nemrégiben egy új típusú FDM-nyomtató jelent meg, a szalagos 3D-nyomtatók. Az építő platform folyamatosan mozgásban van, működési elve olyan, mint a futószalagé, ez lehetővé teszi hosszú alkatrészek előállítását.

²⁸ Extrudálás: Képlékeny anyagok sajtolása felmelegített formanyíláson keresztül. Az anyag felveszi a formanyílás alakját és így hűl ki.

²⁹ Szinergia: együttműködő.

³⁰ PTFE: politetrafluoretilén, ismertebb nevén teflon.

³¹ CAROLO 2022.



3. ábra: SLA-nyomatás vázlat

Forrás: <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

SLS³²- és SLM³³-eljárások

Az SLS a szelektív lézeres szinterezés rövidítése, a 3D-nyomatás leggyakrabban használt technológiája ipari környezetben. Az SLS-gépekben a finom polimerporból szinterelve és helyileg összeolvasztva rétegekből jön létre az alkatrész.³⁴ Az SLS-nyomatókban található lézerek teljesítményei eltérőek, ez határozza meg, milyen anyagokat képes kinyomtatni a gép. A nyomatókban alkalmazott anyagokat por állagúként helyezik a nyomatóba, ezeket egy görgős eszköz segítségével rétegezik egymásra. Ezzel a módszerrel nincs szükség támasztékokra a nyomtatott modellhez, így sokkal bonyolultabb felépítésű alkatrészeket és modelleket készíthetünk, vékony falú tárgyak és bonyolult geometriák is előállíthatók. A legtöbb ma kereskedelmi forgalomban elérhető SLS-nyomató rendkívül fejlett technológiailag a 3D-nyomatók között, ezért drága.³⁵

Az SLM-technológiát fémötvözetek 3D-nyomatásához fejlesztették ki. Az SLM 3D-nyomatók nagy energiájú lézerekkel teljes mértékben megolvasztják a fémport, ezáltal hozva létre az alkatrész rétegeit, ezért magasabb hőmérsékletet kell elérnie, amely hosszabb lehűtési időt igényel. Az SLM nyomtatott fém alkatrészekre nagy precizitás jellemző, ideális vékony falú alkatrészek és bonyolult geometriák előállítására, amelyek hagyományos forgácsolós technológiákkal nem, vagy csak nehezen lennének előállíthatók. A nyomatás pontossága függ a lézerek sugár szélességétől, valamint az alkatrész rétegvastagságától. Az el-

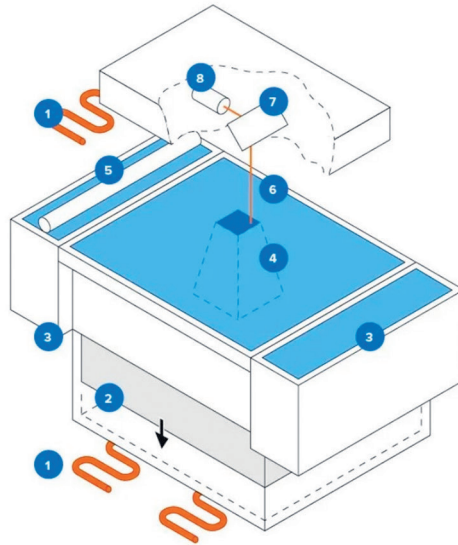
³² SLS: selective laser sintering – szelektív lézeres szinterezés.

³³ SLM: selective laser melting – szelektív lézeres olvasztás.

³⁴ Guide to 3D printing, Lásd: <https://formlabs.com/3d-printers/>

³⁵ Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing, Lásd: <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

készült alkatrész utómunkálási igénye nagy, és szükséges hőkezelné is. Az SLM-nyomatáshoz használt fémpor drága, valamint a használata veszélyes.³⁶



4. ábra: SLS-nyomatás vázlat

Forrás: <https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

Megjegyzés: 1 – fűtőkészülékek, 2 – építőkamra, 3 – porszállító rendszer, 4 – nyomtatott elem, 5 – újrafestő, 6 – lézersugár, 7 – X-Y letapogató rendszer, 8 – lézer

A 3D-nyomatás környezetvédelmi vonatkozásai

A hatalmas technológiai fejlődés mellett kiemelkedően fontos a környezetvédelmi aspektusokat is figyelembe venni. A legtöbb gyártástechnológiai folyamat valamilyen mellékterméssel jár, amely nem újrahasznosítható, bizonyosak pedig emellett károsak akár a környezetre, akár az emberi egészségre is. Ezzel szemben a 3D-nyomatási technológiák nagy része kevés, vagy semennyi károsanyag-kibocsátással sem jár.

A 3D-nyomatási technológiák legnagyobb környezetvédelmi „előnye” működésükben rejlik. A gyártástechnológiai módszerek legtöbb esetben szilárd anyaggal dolgoznak, például fémmel vagy műanyaggal, ezt különböző munkafolyamatoknak vetik alá, és leválasztják a felesleges anyagot. Az így termelődött hulladékot hulladéklerakókban helyezik el, ezzel növelve a környezetszennyezés veszélyét akár a talajon, akár a természetes vizeken keresztül.

Az asztali háromdimenziós nyomtatók egyre népszerűbbek. A kereskedelemben kapható, fogyasztói piacra tervezett asztali 3D-nyomtatók többsége FDM-technológiával működik,

³⁶ A 3D fémnyomatás módszerei. Lásd: www.freedee.hu/a-3d-femnyomatatas-modszerei/; Hogyan határozza meg a 3D nyomtatás tűrései a nyomatok méretét és méretbeli pontosságát? Lásd: <http://m.hu.insta3dp.com/info/how-3d-printing-tolerances-determine-the-size-44742520.html>

azaz olvadtpolimer-leválasztással. Az otthon használatos 3D-nyomatókban sokféle izzószálat alkalmaznak. Ezek közé tartozik az akrilnitril-butadién-sztirol (ABS), a politejsav (PLA), a polivinil-alkohol (PVA), a polikarbonát (PC), a nagy teljesítményű és sűrűségű polietilén (HDPE), a nagy ütésálló polisztirol (HIPS), nejlón és sok más polimer, fém, kerámia és egyéb anyagok. A jelenleg legelterjedtebb két anyag az ABS és a PLA, ugyanakkor az előbb felsorolt anyagok közül több is egyre nagyobb népszerűségnek örvend.

A hőre lágyuló anyagok termikus feldolgozása során a részecskék és gázok kibocsátása elkerülhetetlen. 3D-nyomatók üzem közben 1 és 100 nanométer közötti részecskéket bocsátanak ki, amelyeket ultrafinom részecskének nevezünk.

Egy publikált kutatás keretében azt vizsgálták, hogy az otthon alkalmazható asztali 3D-nyomatók az alkalmazott anyag függvényében mennyi káros anyagot bocsátanak ki üzem közben. A károsanyag-kibocsátás mennyisége függ az anyag típusától, valamint az alkalmazott filament vastagságától. A kísérletben egy FDM-technológiájú 3D-nyomatót üzemeltettek egy kis kamrában, egyszer ABS-filamentet alkalmazva, utána pedig PLA-filamentet. A méréseket 3,6 m³-es rozsdamentes acél kamrában végezték, amely egy rozsdamentes acél keverőventilátorral volt ellátva. Mindkét esetben egy kamrán kívüli számítógéphez volt csatlakoztatva a nyomtató. A nyomtatások megkezdése előtt mindkét alkalommal szűrt levegőt juttattak a kamrába állandó sebességgel legalább nyolc órán keresztül, hogy elérjék a kísérlet eredményességéhez szükséges levegőtisztaságot és nyomást. Nyomtatás előtt a nyomtatóágyakat izopropil-alkohollal kezelték, vagy pedig a gyártó által előírt kis mennyiségű ragasztót vittek fel a nyomtatóágyra. Ezután a kamrát lezárták és megkezdték a nyomtatást. Egy 10 × 10 × 1 cm-es kis méretű tárgy készült mindkét esetben, amelyet a National Institute of Standards and Technology (NIST) tervei alapján gyártottak.³⁷ A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a hőre lágyuló műanyagok hőbomlásából származó emisszióknak való folytonos közvetlen kitettség hatással van mind az állatokra, mind pedig az emberekre.

A kísérlet során megmérték az illékony szerves vegyületek (VOC³⁸) kibocsátásának mértékét, számos aldehid, ftalát, benzol, toluol, etilbenzol és m-, p-xilol esetében. A mérési eredmények azt mutatták, hogy az ABS-filamenteket használó nyomtatók részecskékibocsátása sokkal magasabb, mint a PLA-filamentet alkalmazó nyomtatóké.

1971 óta évente megrendezik Svájc Davos városában a Genfben megalapított Világgazdasági Fórum csúcstalálkozóját, amelyen a világ legnagyobb politikai vezetői, elismert tudósok, közgazdászok és üzletemberek is részt vesznek. A 2019-es csúcstalálkozó egyik legfontosabb érintett témája az ipar környezetre gyakorolt hatása volt.

Annak érdekében, hogy a fenntartható termelés és a további technológiai fejlesztések kisebb környezetszennyezéssel járjanak, a fogyasztói társadalomban szükség van szemléletváltásra. Ahhoz, hogy a 3D-nyomatás környezetbarát módon elérhető legyen közösségi felhasználásra, szükség van bizonyos lépésekre. Szükség van egy egységes, mindenki számára elérhető és felhasználható adatbázisra, amelyben az összes eddig tervezett digitális alkatrész

³⁷ AZIMI et al. 2016: 2.

³⁸ VOC: volatile organic compounds. Szerves vegyületek, amelyek nagy nyomással és alacsony vízdoldhatósággal rendelkeznek, azaz illékonyak és nem oldódnak fel vízben. Gáz-halmazállapotban fordulnak elő, így szennyezve a levegőt.

és minta megtalálható, ugyanis ez csökkenti a tervezéssel töltött időt, ami kevesebb károsanyag-kibocsátást eredményez.

A hagyományos gyártástechnológiák napjainkban is számos területen előfordulnak, főleg a gépiparban és a gépjárműgyártásban, ugyanakkor számos területen egyre nagyobb népszerűségnek örvend a háromdimenziós nyomtatás és kezdi felváltani a hagyományos technológiákat.

A hagyományos gyártástechnológiák több munkafolyamatot öleltek fel, összefoglaló néven „elvésekes gyártásnak”, azaz *subtractive manufacturing*nek nevezik, ugyanis a gyártási folyamat összes fázisa során keletkezik hulladék anyag, amelyet nem használunk fel, és újrafelhasználása sem lehetséges. Ezzel szemben a 3D-nyomatás során minimális a hulladék anyagok keletkezése, valamint ezek nagy része újra felhasználható, ezzel is költséghatékonyabbá és környezetkímélőbbé téve az eljárást. Az egyre fejlődő technológia lehetővé teszi, hogy egyfajta nyomtatóval több anyagot is felhasználhassunk, ezzel a termékek előállítása is sokrétűbbé válik. Világszerte számos olyan nagyvállalat van, amelyek a hagyományos gyártástechnológiákról kezdenek áttérni a 3D-nyomatásra. 3D-nyomatással mindössze pár óra alatt kész modellt állítható elő, amely készen áll a tesztesésre, ennek köszönhetően sokkal gyorsabban, sokkal nagyobb mennyiségű alkatrészt képesek eladásra gyártani rövid időn belül.

A 3D-nyomatás biztonságtechnikai (munkavédelmi) vonatkozásai

Az utóbbi 10 évben jelentősen megnőtt a nyomtatás során alkalmazható alapanyagok száma, így a hagyományos műanyagok mellett megjelent a porcelán, acél, üveg és a fa is. Az asztali 3D-nyomtatók alkalmazása során kockázatot jelenthet a nyomtató nagy mennyiségű ultrafinom szemcsék (100 nm-nél kisebb részecskék), illetve egyes veszélyes illékony szerves vegyületek (VOC-k) kibocsátása.³⁹

Az ipari és az otthoni nyomtatás során alkalmazott alapanyagok eltérnek egymástól. Az otthon biológiai úton lebomló PLA mellett leggyakrabban használt alapanyag az olajalapú, ezért használat közben inkább toxikus (a kibocsátott anyagnak tüdőkárosító hatásuk van) ABS.⁴⁰ A PLA használata esetén a szellőztetés ajánlott, az ABS esetén pedig szükséges.⁴¹ Ipari használat esetén leggyakrabban poliamidot (például nejlont) használnak folyékony vagy por formában, ami olajalapú, melegítése során mérgező füstgáz szabadul fel, ezért a szellőztetés szükséges. Egyes nyomtatók köré burkolatot építenek, amely megakadályozza a mérges gázok munkahelyi környezetbe jutását.

A sztereolitográfiában és a nyomtatott tárgyak felületkezelésére műanyag vegyszereket (például epoxi gyantákat) használnak, amelyek allergiás kontakt bőrgyulladást okozhatnak. Az alkalmazott (nem hőkezelt) műanyag vegyszerek megérintése tilos, valamint meg kell előzni a felületek és ruházat szennyeződését is. Az utólagos feldolgozáshoz és felületkezeléshez használt más vegyszerek szintén veszélyesebbek lehetnek, ezért azokat óvatosan kell kezelni.

³⁹ AZIMI 2016: 2.

⁴⁰ GILPIN 2014.

⁴¹ PLA Filament Types: The Best Special Blends, lásd: <https://all3dp.com/1/pla-filament-3d-printing/>

A por alakú poliamidot esetenként alumíniummal keverik (alumid), kevésbé toxikus, de a használata biztonsági és egészségmegővő intézkedéseket igényel. Az iparban gyakran alkalmaznak a poliszulfont (PSU) és a polifenil-szulfont (PPSU), amelyek a szellőztetés és kezelés szempontjából egyaránt biztonsági intézkedéseket igénylő szintetikus műanyagok.⁴²

Fémek használata esetén kiemelten fontosak a szellőztetéssel kapcsolatos intézkedések, mivel a fémeket olajalapú szintetikumokkal kombinálják. A nyomatás során a magas hőmérsékletek szintén biztonsági és kezelési intézkedéseket igényelnek. Figyelembe kell venni, hogy a fémnyomatás során alkalmazott anyagok rákkeltőek lehetnek, valamint hogy emiatt a porok kezelése során légzésvédelmet kell alkalmazni.⁴³

A por formában levő anyagok nyomatása esetén fontos a porok terjedésének megelőzése füstgáz- és porszivás alkalmazásával. A fémporok öngyulladásának veszélye is fennáll, amelyet figyelembe kell venni robbanásveszélyes térben alkalmazandó különleges minősítésű eszközök használatával.

A 3D-nyomatás egészségügyi vonatkozásai

3D-nyomatás egészségügyi kockázataival kapcsolatos kutatások és vizsgálatok jelenleg is folyamatosan zajlanak, és fejlesztés alatt állnak a 3D nyomatóeszközök közelmúltbeli gyors elterjedése miatt. 2017-ben az Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség tanulmányt adott ki a 3D-nyomatás folyamatairól és anyagairól, a technológia lehetséges következményeiről a munkahelyi biztonságra és egészségvédelemre, valamint a lehetséges veszélyek ellenőrzésének módjairól.

Az additív gyártástechnológiák elterjedése óta folyamatosan bővül azoknak a szakterületeknek a köre, amelyek használják a 3D nyomatóeszközöket. A gépjárműipar, a repülőgépipar, a fogászat és fogtechnika rendkívül széles skálán alkalmazza a gyártástechnológiában alkalmazott eszközöket. A technológiák folyamatos fejlődése egyre több lehetőséget biztosít más iparágak és szakterületek számára is, hogy fejlesszék saját szakterületüket, valamint kihasználják a 3D-technológiák által biztosított előnyöket.

Fogászati felhasználás esetén a páciens fogsoráról egy digitális lenyomatot készítenek 3D-szkennerrel. A szkennerhez csatlakoztatott számítógépen azonnal megjelenik a fogsor teljes 3D-s modellje, CAD tervezőprogram segítségével elkészíthető a páciens fogsorához tökéletesen illeszkedő fogpótlás. A tervezést követően 3D-nyomató segítségével elkészítik a személyre szabott modellt. A fogászati nyomatók pontosabbak más műszaki területeken üzemelő nyomatókhoz képest, akár 16 mikrométeres rétegeket is képesek nyomtatni, ami rendkívül pontos, bonyolult és egyedi formák gyártását is lehetővé teszi. A fogtechnikában a 3D nyomatási technológiák fém nyomatási ágát alkalmazzák. A legismertebb eljárás a *laser metal fusion* (LMF, lézeres fémfúzió), amelyet *selective laser melting* (SLM, szelektív lézeres olvasztás) és *powder bed fusion* (PBD, porágyús fúzió) néven is neveznek. Ezen eljárás során

⁴² Lásd: www.ensingerplastics.com/hu-hu/felkesz-muanyag/nagyteljesitmenyu-muanyagok/psu

⁴³ European Agency for Safety and Health at Work 2019.

a nyomtató lézer segítségével fémporból, rétegről rétegre állítja elő a modellt. Rendkívül pontos munkadarab készíthető ezzel az eljárással, a fogászati implantátumok elkészítéséhez alkalmazzák. A 3D-nyomtató csak annyi fémport dolgoz fel, amennyire valóban szüksége van a modell elkészítéséhez, a felhasználók anyagot és pénzt takaríthatnak meg. Az előállítás közben feleslegként levált port a nyomtatási folyamat után újból fel lehet használni.

A 3D-nyomatást nem csak a fogászatban alkalmazzák, megjelent az orvostudományok egyéb területein is. Emberi szervek modellezésére is alkalmazható egy-egy műtét előtt, így a sebész pontosan fel tud készülni az adott műtetre, ez elősegíti a megfelelő bemetszési pont és a megfelelő eljárás megválasztásában, valamint bizonyos mértékig lehetőség van a műtét megtervezésére.

A röntgen a mai napig alkalmazott módszer a csontozat megvizsgálására, ugyanakkor a röntgen csak kétdimenziós képet tud alkotni, csak a sugárzás vetületi pontjából vizsgálható a csontozat. Ilyen kétdimenziós képalkotási módszerekkel, ha több irányból vizsgáljuk az adott szervet vagy csontot, akkor a számítógépes tervezőprogram segítségével megalkothatjuk a háromdimenziós modellt. A betegekről CT- vagy MR-technológiával készült felvételeket felhasználva a 3D-nyomtatókkal tökéletes, akár életnagyságú és élethű modelleket is alkothatnak, amely lehetővé teszi a műtetre való alapos felkészülést, jelentősen növelve az orvos magabiztosságát, és csökkentve a váratlan helyzetek kialakulásának valószínűségét. Az orvostudományban használt DICOM-⁴⁴ fájlok konvertálhatóak STL-fájlokká, így 3D-nyomtatóval elkészíthető a kívánt modell.⁴⁵

Az FDM-technológia lehetővé teszi, hogy pontosan illeszkedő pótlást (csontpótlást) készítsenek a páciensnek személyre szabottan. Probléma, hogy a 3D-nyomtatók nem biokompatibilis anyagokkal dolgoznak, hanem biológiailag lebomló műanyagokkal, így a modell emberi szervezetbe történő beültetésre nem alkalmas. Ugyanakkor az elkészült modell szolgálhat mintának további munkafolyamathoz, például a modellt szilikonnal bevonva öntőformát hozhatunk létre, amelybe ha csontcementet helyezünk, akkor beültetésre alkalmas csontpótlást készíthetünk. 3D-fémnyomtatók bizonyos fajtái orvosi titánnal is képesek nyomtatni, amely hatékonyabb és sterilebb, mint a forgácsolási módszereken alapuló eljárások. Sokkal pontosabb pótlások készíthetőek 3D-fémnyomatással, amelyek könnyebben beépülnek a páciens csontszövetébe, ezzel csökkentve a kilökődés és a fertőzés veszélyét. A speciálisan készített titán csontpótlásokat bevonják egy biokerámia réteggel, így egy beültethető és anatómiailag megfelelő implantátumot készíthetünk 3D-nyomtatással teljes egészében.

3D-nyomatáshoz orvostudományi felhasználásra alkalmas anyagokat is előállítanak, amelyek gyártásánál figyelembe kell venni, hogy biokompatibilisek legyenek, vagyis, hogy az emberi szervezettel érintkezve ne okozzanak a gazdatestnek reakciót. Az orvostechnikai eszközök és anyagok tervezésénél és gyártásánál alkalmazni kell az ISO 13485 szabványt.

⁴⁴ DICOM: Digital Imaging and Communication in Medicine. Orvosi információk, mint például az ultrahang, CT- és MR-felvételek, valamint a páciens információi egy fájlban tárolhatók. A formátum biztosítja, hogy az összes adat és kép egy fájlban maradjon.

⁴⁵ Hogyan készül 3D nyomtatható modell CT- és MRI-felvételekből? – desktop 3D nyomtatók az egészségügyi 3D nyomtatás szolgálatában, lásd: <https://bit.ly/40jckPe>

A 3D-nyomatató iparág számos előnnyel rendelkezik, ugyanakkor egészségügyi veszélyeket is rejt magában. A 3D-nyomatáshoz alkalmazott anyag fajtájától eltekintve minden típusú 3D-nyomatató bocsát ki gázokat és finom porokat. Ezek belelegezve bekerülnek az emberi tüdőbe, ahol a mindössze néhány mikronnyi szemcsék lerakódnak. Ezek a tüdő teljes területén képesek lerakódni, különféle gyulladásokat okozva. Nagy dózisban ezek az anyagok mérgezési tüneteket okoznak az érintett személyeknél.

A legkárosabbak a műanyagokból származó anyagok, ugyanis háztartásban ritkán található 3D-fémnyomatató, háztartásokban inkább a 3D műanyag nyomatatókat alkalmazzák. Az egyik ilyen káros anyag az ABS, azaz akrilnitril-butadién-sztirol. Az ABS ütésálló, nagy keménységgel és szilárdsággal rendelkező, vegyszerálló, hőre lágyuló műanyag. Három fő alkotóelemből áll, az akrilnitrilnek köszönhetően az anyag rendkívül nagy keménységgel rendelkezik, a sztirol biztosítja a feldolgozhatóságot, a butadiénnek köszönhetően pedig alacsony hőmérsékleten keményedik az anyag. Felhasználása sokrétű, mindennapi használatú háztartási cikkekben is fellelhető. A mobiltelefonok külső burkolata, biztonsági sisakok és gyermekjátékok alapanyaga.

A másik káros anyag a politejsav néven ismert PLA. Biológiai úton lebomló, hőre lágyuló műanyag. Magas keményítőtartalmú gabonafélékből állítják elő, mint például a kukorica, a rizs vagy a búza. E növények tejsavas erjesztésével és polikondenzációval nyerhető ki a politejsav. Leggyakoribb felhasználási területe az egyszer használatos műanyagok előállítása, vagy hétköznapi használatra gyártott egyszerűbb háztartási kellékek, például tálca, virágcserep.

Számos fejlesztés köthető a politejsavhoz, kísérletek folynak a politejsav szálanyag-kénti gyártására, ugyanis ezek széles körben felhasználhatók lennének a textil- és ruházati, valamint egészségügyi anyagok gyártásánál, ugyanakkor biológiailag lebomló hulladékot eredményeznének.

3D-nyomatatók beltéri használata csak megfelelő szűrőberendezések mellett javasolt.⁴⁶ A károsanyag-kibocsátás így sem kerülhető el teljes mértékben, ugyanakkor csökkenthető a mennyisége. A 3D-nyomatatók által kibocsátott káros anyagokkal történő nagymértékű és gyakori érintkezés eredményeképpen felléphetnek tüdő-, vér- és idegrendszeri betegségek, súlyosabb esetben vagy a kialakult betegségek kezelésének hiányában halálhoz is vezethet.

Összefoglalás

A környezetszennyezés napjainkra hatalmas mértéket öltött, amelynek visszafordítása nehéz és költséges folyamatok árán lehetséges. Minden alkalommal, amikor megjelenik egy új technológiai eszköz, a kutatások hosszú sorára van szükség azért, hogy felismerjük a technológiához köthető hibákat. A 3D nyomtatási technológia alkalmazásának széles a skálája, megjelent az otthoni hobbi szintű felhasználásban és az ipari technológiában is. A 3D-nyomatás után érdeklődik a hadiipar, emellett alkalmazása szerephez juthat a katonai felsőoktatásban is.⁴⁷ A 3D-nyomatatók otthoni felhasználása számos egészségügyi veszélyforrást rejt magában, mivel

⁴⁶ DUNN et al. 2018.

⁴⁷ GYARMATI–HEGEDŰS–GÁVAY 2022 és VÉGVÁRI–ZENTAY–HEGEDŰS 2022.

nem megfelelő körülmények között történő használata az egészségre káros hatással lehet. Az alkalmazott anyagok köre lehetővé teszi, hogy számos feladatnak és igénybevételnek megfelelő termékeket állítsunk elő, ugyanakkor legtöbbjük káros a környezetre. A 3D-technológia szélesebb körű alkalmazásával, és terjedésével egyre jobban jelentkezik az igény a környezet-szennyezési és egészségre káros hatások feltérképezésére.

A TKP2021-NVA-16 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- All3DP (2019): *Resin 3D Printing. The Ultimate Guide*. Online: <https://all3dp.com/2/stereolithography-3d-printing-simply-explained/>
- AZIMI, Parham et al. (2016): Emissions of Ultrafine Particles and Volatile Organic Compounds from Commercially Available Desktop Three-Dimensional Printers with Multiple Filaments. *Environmental Science & Technology*, 50(3), 1260–1268. Online: <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04983>
- CAROLO, Lucas (2022): *What is FDM 3D Printing? – Simply Explained*. 2022. június 8. Online: <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/>
- DUNN, Kevin L. et al. (2018): Characterizing 3D Printing Emissions and Controls in an Office Environment. *Centers for Disease Control and Prevention*, 2018. augusztus 16. Online: <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2018/08/16/3d-printing/>
- EMBER István – ÁBÁM Balázs (2022): Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. *Hadmérnök*, 17(3), 35–44. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.3.2>
- European Agency for Safety and Health at Work (2019): *3D Printing and Additive Manufacturing – The Implications for OSH*. Online: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/3d-printing-and-additive-manufacturing-implications-osh>
- GÁL Bence – NÉMETH András (2019): Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére. *Hadmérnök*, 14(1), 231–249. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.1.19>
- GILPIN, Lyndsey (2014): The Dark Side of 3D Printing: 10 Things to Watch. *TechRepublic*, 2014. március 5. Online: www.techrepublic.com/article/the-dark-side-of-3d-printing-10-things-to-watch/
- GRAMES, Emmett (2019): SLA vs SLS: The Differences – Simply Explained. *All3DP*, 2019. május 1. Online: <https://all3dp.com/2/sla-vs-sls-3d-printing-technology-shootout/>
- Guide to Rapid Prototyping for Product Development*. Online: <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-rapid-prototyping/>
- GYARMATI József et al. (2016): Védelmi célú kutatások a Hadtudományi és Honvédtisztisképző Kar Haditechnikai Tanszékén, együttműködésben a HM Védelemgazdasági Hivatallal. *Hadtudomány*, 26(3–4), 89–99. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2016.26.3-4.89>
- GYARMATI József et al. (2018): A katonai felsőoktatás részvételének lehetőségei a kutatás-fejlesztési folyamatokban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28(1), 193–208. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1755/1061>
- GYARMATI József – HEGEDŰS Ernő – GÁVAY György (2022): Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson váltó: Harckocsi-sebességváltó modellt kialakítása 3D nyomtatással oktatási célból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 113–126. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.7>

- HAINES, Justin (2022): History of 3D printing: When was 3D printing invented? 2022. április 29. Online: <https://all3dp.com/2/history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/>
- HOPKINSON, Neil – HAGUE, Richard – DICKENS, Philip M. (2006): *Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age*. [H. n.]: John Wiley & Sons. Online: <https://doi.org/10.1002/0470033991>
- HORVÁTH Ádám – KURUCZ Attila (2017): A 3D nyomtatás története és jövőbeli kérdései. In REISINGER Adrienn – KECSKÉS Petra (szerk.): „Ifjúság – jövőképek”: Kautz Gyula Emlékkonferencia 2016. június 15. elektronikus formában megjelenő kötete. Győr: Széchenyi István Egyetem. Online: https://kgk.sze.hu/images/dokumentumok/kautzkiadvany2016/HorvathA_KuruczA.pdf
- KRASSENSTEIN, Brian: *What is 3D Printing & How Do 3D Printers Work? – A Guide*. 2015. július 18. Online: <https://3dprint.com/82272/what-3d-printing-works/>
- LEINSTER, Murray (1945): *Things Pass By*. [h. n.]: [k. n.]. Online: <http://technovelgy.com/ct/content.asp?Bnum=2445>
- NÉMETH, András – SZABÓ, András – BALOG, Ferenc (2020): 3D Virtualisation and Visualisation Technologies for Archiving the Results. In HAUSNER, Gábor – NÉMETH, András (szerk.): *Zrínyi-Újvár: A Seventeenth-Century Border Defence System on the Edge of the Ottoman Empire*. Budapest: Ludovika, 225–268.
- SINGH, Rajender (2006): *Introduction To Basic Manufacturing Processes And Workshop Technology*. New Delhi: New Age International. Online: <https://blogpuneet.files.wordpress.com/2013/07/introduction-to-basic-manufacturing-processes-and-workshop-technology.pdf>
- SZABÓ Gábor (2017): Industry 4.0. Egy forradalom küszöbén. Online: <https://pte3d.hu/hirek/index.php?s=2018-01-10-industry-4-0-egy-forradalom-kszbn>
- VÉGVÁRI Zsolt – ZENTAY Péter – HEGEDŰS Ernő (2022): A 3D nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei I. rész. *Haditechnika*, 6, 56–60.
- When Was 3D Printing Invented? The History of 3D Printing*. 2020. május 15. Online: www.bcn3d.com/the-history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/

Tartalom

BALLA TIBOR, PADÁNYI JÓZSEF: Műszaki kiválóságok: kutnai és eörvistyei Zelenka Zoltán	5
TÓTH FERENC, KOVÁCS ZOLTÁN: A repülő daru árvízvédekezésben	15
BAKOS TAMÁS, KAPUSZTA BÁLINT GÁBOR: A Magyar Honvédség új hídvető képessége – Leopard 2 Leguan	41
SOMOGYI TAMÁS, NAGY RUDOLF: Az európai uniós pénzüntézetek létesítménybiztonsági gyakorlatának vizsgálata egy tűzvédelmi felmérés tükrében	53
BENCSIK DÁNIEL: Modellszintű stratégiák szélsőséges időjárás által előidézett káresemények elhárítására szennyvíztisztító telepeken	67
PÉTER PÁNTYA, LILLA HORVÁTH: Presentation of the Hazardous Environment in the Light of Firefighting Activity	85
ORGOVÁNYI PÉTER: Közüzemi vízellátó hálózatok veszteségelemzésének hatékonyságnövelése térinformatikai módszerrel	95
SOMOGYI TAMÁS: Létesítményi infrastruktúra fizikai védelmének kialakulása és alapelvei	107
GYARMATI JÓZSEF, HEGEDŰS ERNŐ: Lánctalpas harcjárművek kormányzása	117
RÁKOSI SÁRA, SEBŐK ISTVÁN, SZALAI TAMÁS, VÉG RÓBERT LÁSZLÓ: A 3D-nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai	133