

KATONAI LOGISZTIKA

MILITARY LOGISTICS

31. ÉVFOLYAM

2023. 1-2. SZÁM



A MAGYAR KATONAI LOGISZTIKAI EGYESÜLET
folyóirata



ALAPÍTVÁ 2007



*The battle is won or lost
before it ever begins by the
logistician.*

*A csatát a logisztikus már
azelőtt megnyeri vagy
elveszíti, mielőtt az
elkezdődne.*

George S. Patton

KATONAI LOGISZTIKA

A MAGYAR KATONAI LOGISZTIKAI EGYESÜLET

FOLYÓIRATA

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

Elnök: Dr. Turcsányi Károly ny. ezds.

Tagok: Bakó Antal ny. ezds. Baráth István vörgy.
Dr. Báthy Sándor ny. ezds. Bencsik Gábor szds.
Dr. Bencsik István ny. altbgy. Dr. Doór Zoltán
Dr. Gáspár Tibor ny. vörgy. Dr. Gyulai Gábor ny. ezds.
Dr. Hegedűs Ernő alez. Dr. Horváth Attila ezds.
Dr. Horváth Tibor ezds. Dr. Hornyacsek Júlia alez.
Dr. Keszthelyi Gyula ny. ddtbk. Dr. Pohl Árpád ddtbk.
Schmidt Zoltán vörgy. Dr. Szenes Zoltán ny. vezds.
Tóth László ny. alez. Dr. Tóth Rudolf ny. ddtbk.
Veres István ny. ezds.

LEKTORI BIZOTTSÁG

Elnök: Dr. Tóth Rudolf ny. ddtbk.

Tagok: Dr. Báthy Sándor ny. ezds. Dr. Gáspár Tibor ny. vörgy.
Dr. Gyulai Gábor ny. ezds.

Titkár: Rai István ny. alez.

SZERKESZTŐSÉG

Cím: Magyar Katonai Logisztikai Egyesület

1087 Budapest
Kerepesi út 29/B.

Főszerkesztő: Dr. Keszthelyi Gyula ny. ddtbk.
Felelős szerkesztő: Veres István ny. ezds.
Olvasószerkesztő: Tóth László ny. alez.
Címlapterv és grafika: Bognár István
Web: Balogh János ny. ezds.
Adminisztrátor: Dr. Horváth Tibor ezds.
Felelős Kiadó: Dr. Keszthelyi Gyula ny. ddtbk,
Magyar Katonai Logisztikai Egyesület
Megjelenik: 4 szám évente
Postacím: Katonai Logisztika Szerkesztőség
1087 Budapest, Kerepesi út 29/B.
E-mail: mkle@mkle.net

e-ISSN 1789-6398

ISSN 1588-4228

Címlapfotó: Stratasy Industrial 3D Printing Solutions tulajdona,
melyet a VARINEX Zrt. közvetítésével kaptunk

A közölt cikkek a szerzők véleményét és nem feltétlenül a Szerkesztőbizottság álláspontját tükrözik!

TARTALOMJEGYZÉK

A VÉDELMI LOGISZTIKA ELMÉLETE

Budavári Krisztina

Az Amerikai Egyesült Államok védelempolitikája és hatása a védelmi iparára 5

<https://doi.org/10.30583/2023-1-2-005>

Ficsor Botond, Hegedűs Ernő

A 3D fémnyomtatás alkalmazhatóságának vizsgálata MALE-kategóriájú UAV-dízelmotor fejlesztésre 38
3D nyomtatással gazdaságosan gyártható könnyített szerkezetű alkatrészek és részegységek a repülő szakterületen

<https://doi.org/10.30583/2023-1-2-038>

Bodnár István

The effect of embedded systems on the logistic support of the military forces 73

<https://doi.org/10.30583/2023-1-2-074>

Ficzere Péter

Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata 88

<https://doi.org/10.30583/2023-1-2-089>

Zsolt Lévai

The complex requirement model for the defence preparation of the railway infrastructure 96

<https://doi.org/10.30583/2023-1-2-097>

Kun Boglárka Réka

A Magyar Honvédség hajtóanyagellátási láncja és annak kritikus pontjai 127

<https://doi.org/10.30583/2023-1-2-128>

Hegedűs Ferenc

Egy haditechnikai eszköz életciklus-költségeinek összefoglalása a LYNX KF41 példáján keresztül levezetve 161

<https://doi.org/10.30583/2023-1-2-161>

SZAKLOGISZTIKA

Végyári Zsolt

A 3D nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában 177

<https://doi.org/10.30583/2022-3-4-177>

Katona István

Az MN 101. felderítőrepülő-század életéből: áttelepülés Mezőkövesd hadműveleti repülőtérre 199

<https://doi.org/10.30583/2022-3-4-199>

SZAKTÖRTÉNET

Turcsányi Károly, Tóth Dominik

A huszita harci szekerek harci tulajdonságainak értelmezése, a szekérvár mobilitásának vizsgálata 221

<https://doi.org/10.30583/2022-3-4-221>

Farkas Zoltán

A Zách utcától a Kerepesi útig
(a logisztikai szakgyűjtemény története) 236

<https://doi.org/10.30583/2022-3-4-236>

TÁJÉKOZTATÓ – INFORMÁCIÓ

Emlékeztető

az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának ünnepi üléséről 255

Összefoglaló

az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának üléséről 257

A Magyar Katonai Logisztikai Egyesület közgyűlése 261

Újra katonai logisztikai bemutatónapot szerveztek 264

Repülőműszakiak napja, koszorúzás Kecskeméten 267

Budavári Krisztina¹

AZ AMERIKAI EGYESÜLT ÁLLAMOK VÉDELEMPOLITIKÁJA ÉS HATÁSA A VÉDELMI IPARÁRA

THE DEFENSE POLICY OF THE UNITED STATES:
IMPLICATIONS FOR ITS DEFENSE INDUSTRY

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-005](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-005)

Absztrakt

Az Amerikai Egyesült Államok stratégiai gondolkodását a jelenlegi biztonsági környezetben a nagyhatalmi verseny visszatérése határozza meg, ami jelentős hatást gyakorol a védelempolitikai célokra, és a védelmi ipari bázisára is. Az USA jelenleg egy nagyhatalmak közötti hosszú ideig tartó, magas intenzitású konfliktusra, és az össznemzeti erőt igénybe vevő integrált elrettentésre transzformálja a teljes védelmi ökoszisztémát. A védelmi ipari bázis azonban az elmúlt évtizedekben egy másik stratégiai környezethez alkalmazkodott, és jelenlegi állapotában ezekre a kihívásokra nincs felkészülve. Azonban az USA számos jelentős erőfeszítést tesz a védelmi ipari bázisa gyártási kapacitásainak és innovációs teljesítményének, rezilienciájának és biztonságának fokozása érdekében.

Kulcsszavak: védelempolitika, védelmi ipari bázis, nagyhatalmi verseny, integrált elrettentés, védelmi innováció

Abstract

In the current security environment, the strategic thinking of the United States is determined by the return of great power competition, which has a significant impact on the defense policy and the defense industrial base. The U.S. is preparing for a major conflict with peer or near-peer adversaries, also for integrated deterrence, and transforming the

¹ Ludovika-Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola; Ludovika-National University of Public Service Doctoral School of Military Sciences; e-mail: budavari.krisztina@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0002-8531-2278

entire defense ecosystem. The defense industrial base, nevertheless, has adapted to a different strategic environment for decades and is not prepared for these challenges. However, the U.S. has continued to make several significant efforts to create a robust, resilient, secure, and innovative defense industrial base.

Keywords: defense policy, defense industrial base, great power competition, integrated deterrence, defense innovation

Bevezetés

A poszthidegháborús időszakra jellemző nemzetközi kapcsolatok – amire az volt a jellemző, hogy csökkent a nyílt politikai, ideológiai és katonai versengés a nagyhatalmak között – a 2006 - 2008 közötti időszakban már megváltozni látszottak, 2014-től pedig kifejezetten növekedtek a feszültségek a nagyhatalmak között. Oroszország krími annexiója és Kína egyre versengőbb magatartása és növekvő képességei egyre inkább kikezdték a II. világháború vége után kialakult USA vezette nemzetközi rendet. Egyes elemzők szerint a poszthidegháborús korszak lezárta és a nagyhatalmi verseny kiújulása Oroszország Ukrajna elleni 2022. február 24-i inváziójával, valamint Oroszország és Kína bejelentett stratégiai partnerségével egyértelművé vált.² A nagyhatalmi verseny kiújulását az Obama-kormány 2015. júniusi Nemzeti Katonai Stratégiája már felismerte, a Trump adminisztráció 2017. decemberi Nemzeti Biztonsági Stratégiájának és 2018. januári Nemzeti Védelmi Stratégiájának pedig már központi eleme volt, amely már formálisan is megváltoztatta az Egyesült Államok stratégiai gondolkodását, és kifejezett, elsődleges fókuszba helyezte a nagyhatalmi versenyt.³ A Biden adminisztráció 2022. októberi Nemzeti Biztonsági Stratégiája pedig kimondja: „Két stratégiai kihívással kell szembenéznünk. Az első az, hogy a poszthidegháborús korszak egyértelműen véget ért, és zajlik a verseny a főbb hatalmak között, hogy alakítsák azt, ami ezután jön...”⁴ (A második kihívásként a globális kihívásokat említi.) Az Amerikai Egyesült Államok (USA) nagystratégiai gondolkodásának megváltozásával párhuzamosan a védelempolitikájában egyre nagyobb hangsúlyt kapott a védelmi ipari bázis szerepe, nemcsak mint a védelmi képességek előállításának kulcstényezője, hanem mint az USA hatalmának és globális vezető pozíciójának meghatározó eleme.

² Congressional Research Service 2022, 1.

³ Congressional Research Service 2022, 2.

⁴ The White House 2022 b), 6.

Biztonsági környezet

*„Bölcsebb dolog elkerülni a háború kockázatait a béke megőrzése kedvéért, mint vállalni a kimerülés kockázatát a háborúban a győztes befejezés kedvéért.”
– Liddell Hart, B.H.⁵*

A globális biztonsági környezet az utóbbi évtizedben folyamatosan romlott, a 2022. évi Globális Béke Index (Global Peace Index – GPI) jelentés szerint az „utóbbi 14 évben a békétlenség szintje folyamatosan nőtt”.⁶ Oroszország Ukrajna elleni – jelenleg is zajló – agressziója pedig a folyamatot még inkább felgyorsította.⁷ A nagyhatalmi verseny visszatért, amiben az országok védelmi ipari bázisai és a védelmi technológiai fejlesztések kiemelt szerepet játszanak. A stratégiai környezet megváltozott, a verseny az USA és egyetlen stratégiai versenytársa Kína között zajlik, Oroszország pedig akut fenyegetést jelent az európai és a globális biztonságra, és az USA érdekeire. A globális védelmi kiadások és a nagyhatalmak védelmi költségvetései folyamatosan nőnek, és 2020-ban a korábbi demilitarizációs trend visszafordult.⁸ A hatalmi képességekben a kemény tényezők, kiemelten a katonai erő jelentősége növekszik. A globális védelmi kiadások 2022-ben 3,7%-kal növekedtek reálértéken, elérve a 2240 milliárd dollárt, ami a mindenkori legmagasabb érték, ami a Stockholmi Nemzetközi Békekutató Intézet (Stockholm International Peace Research Institute – SIPRI) adatbázisában valaha megjelent, és a növekedés 2015-től kezdve minden évben folyamatos volt.⁹ 2022-ben a világ öt régiójából négyben nőttek a védelmi kiadások (egyedül Afrikában nem).¹⁰ Továbbra is az USA védelmi költségvetése a legmagasabb (2022-ben 877 milliárd dollár), és továbbra is megközelíthetetlen távolságban van még a második helyezett Kína (292 milliárd dollár) számára is. 2022-ben az USA védelmi költségvetése a világ összes katonai kiadásának 39%-át tette ki.¹¹ A militarizáció szintjének növekedése mellett a nukleáris fenyegetés is visszatérni látszik. A 2021. évi kisebb mértékű csökkenés ellenére a hidegháború vége óta először növekedhet a világ nukleáris arzenálja.¹²

⁵ Liddell Hart 2002 In Kaiser 2017, 55.

⁶ Institute for Economics & Peace 2022, 2.

⁷ Budavári 2023, 36.

⁸ Institute for Economics & Peace 2021, 8.

⁹ SIPRI 2023 b), 1.

¹⁰ SIPRI 2023 b), 1.

¹¹ SIPRI 2023 b), 1.

¹² WEF 2023, 40-41.

A fegyverek 90%-át az USA és Oroszország birtokolja, és bár a leszerelések technikailag folytatódtak, a bevethető készletek darabszáma mindkét országban stabil maradt 2021-ben,¹³ 2023. februárjában pedig Oroszország felfüggesztette a részvételét a hadászati támadófegyverek korlátozásáról szóló USA-orosz Új START-szerződésben. A másik hét nukleáris fegyverekkel rendelkező ország pedig vagy fejleszt, vagy telepít új fegyverrendszereket, vagy bejelentette ilyen szándékát, Kína pedig egy ideje jelentősen fejleszti az arsenálját.¹⁴ A fegyverzetkorlátozási rezsimek elmúlt évtizedbeli erziója pedig a fenyegetést tovább növeli, és a hatékony fegyverzetkorlátozás a nagyhatalmak közötti verseny és konfliktusok növekedésével még nehezebb lesz, mint korábban, főleg, mivel több szereplő, kiemelten Kína bevonása lenne szükséges.¹⁵ A kínai-orosz stratégiai megállapodásnak pedig jelentős hatása lehet a világ legnagyobb nukleáris hatalmai közötti erőviszonyokra¹⁶ és a stratégiai egyensúlyra, ha Kína jelentősen tudja növelni az együttműködés által a nukleáris képességeit (fegyverek eladása Oroszországnak fegyver minőségű plutóniumért cserébe). A példátlan ütemű, exponenciális technológiai fejlődés továbbra is zajlik, eredményei mélyreható, széleskörű, strukturális változásokat is okoznak a védelemben, és még inkább fognak okozni a jövőben, valamint jelentős gazdasági, társadalmi és környezeti hatásokat (új kihívásokat és fenyegetéseket) is eredményeznek.¹⁷ A technológiai vezető szerepért folytatott verseny a nagyhatalmi verseny legjelentősebb színtere továbbra is, amiben az USA fölényét versenytársai és potenciális ellenfelei, elsősorban Kína, a hidegháború vége óta nem látott módon kérdőjelezi meg.¹⁸ A védelmi költségvetésekben egyre nagyobb prioritást kap a kutatás-fejlesztés,¹⁹ és az innovációkon belül egyre nagyobb szerepet kapnak a védelmi innovációk, valamint a kritikus technológiák. A kritikus technológiák kifejlesztésében továbbra is növekvő szerepe van a civil iparágaknak, különösen (de nem kizárólag) a félvezető gyártásban, a mesterséges intelligenciában, a kvantum számítástechnikában, a biotechnológiában, sőt a nukleáris fúzió területén is. Ezek a technológiák erősokszorozók a védelemben, de jelentős kockázatokat is hordoznak,²⁰ és

¹³ WEF 2023, 40-41.

¹⁴ SIPRI: Global nuclear arsenals are expected to grow as states continue to modernize – New SIPRI Yearbook out now.

¹⁵ WEF 2023, 42.

¹⁶ Marakhonov 2023

¹⁷ Budavári 2023, 37.

¹⁸ Budavári 2021, 98.

¹⁹ WEF 2023, 39-40.

²⁰ WEF 2023, 39-40.

megváltoztatják a biztonsági fenyegetések természetét. Az új technológiák a konfliktusokat kiterjeszthetik és elmosás a konvencionális hadviselés határait,²¹ a katonai és civil szférák határai is elmosódnak, és egyes technológiák távolból is fenyegetést jelenthetnek a hazai nemzeti biztonságra.²² Az új technológiák nyújtotta lehetőségekkel, a gazdasági és információs hadviselés egyre jelentősebb fenyegetést fognak jelenteni.²³ Összességében, a technológiai fejlődés napjainkra azt eredményezte, hogy a technológiai kérdések és az államok szuverenitása között közvetlen kapcsolat alakult ki, „a technológiai kérdések a továbbiakban már nem tekinthetők politikailag semlegesnek”.²⁴ A technológiai fejlődéssel szemben a globalizáció viszont lelassult. A globális összekapcsolt világ gazdaságban, ahol a tőke, technológia, egyéb erőforrások és termelési tényezők áramlása korábban jelentős fejlődést és új üzleti modelleket eredményezett – egyben jelentős aszimmetrikus függőségeket is –, az előnyöket a kockázatok és biztonsági fenyegetések (amik nemcsak gazdasági és pénzügyi területen, hanem a biztonság minden dimenziójában megjelentek) elkezdtek felülírni, ami deglobalizációs folyamatokat indított el. A globalizáció eredményei a transznacionális ellátási láncok is, amik kockázatai, fenyegetései és a fennakadások előfordulási gyakorisága is folyamatosan növekedtek, párhuzamosan a láncok komplexitásának növekedésével. A COVID-19 világjárvány miatt az ellátási lánc zavarok széles köre következett be, a munkaerőhiánytól a földrajzi fennakadásokig, majd Oroszország Ukrajna elleni agressziója újra felforgatta az ellátási láncokat, különösen a kritikus fém alapanyagok és ritkaföldfémek esetében, emellett jelentősen megnövelte az energia-hordozó árak volatilitását is.²⁵ 2022-ben a védelmi ipari vállalatok 90%-a esetében nőtt a jelentős fennakadások előfordulása az ellátási láncban.²⁶ Mindez kiterjedt következményekkel járt a teljes világ gazdaságra, és erőteljesen ráirányította a figyelmet az ellátási láncok szerepére a nemzeti biztonságban és a védelmi képességekben. A biztonsági környezet romlása a védelmi ipar számára pozitív kilátásokat jelent, a globális védelmi ipari értékesítés növekedése a 2016-ban bekövetkezett trendforduló óta is folyamatos.²⁷ Azonban a kockázatok és fenyegetések is növekedtek folyamatosan. Oroszország Ukrajna elleni háborúja pedig az egész globális védelmi iparra

²¹ WEF 2023, 40-41.

²² WEF 2023, 41-42.

²³ WEF 2023, 38-39.

²⁴ Budavári 2021, 73.

²⁵ Deloitte 2023, 3.

²⁶ Deloitte 2023, 4.

²⁷ Budavári 2021, 109.

hatással van, az összes következmény még korántsem látható, de már jelentősen befolyásolja a védelmi költségvetéseket és a költségvetési prioritásokat, hosszabb távon is. A kereslet rövid idő alatt bekövetkezett jelentős növekedése pedig jelentős nyomást helyezett a piacra, nemcsak a hadviselő felek és az őket támogató országok védelmi ipari bázisaira, hanem a transznacionális ellátási láncokon keresztül a teljes globális védelmi iparra, nemcsak a haditechnikai eszközök és hadianyagok felhasználása, átadása és pótlása miatt, hanem a konfliktust szélesebb kontextusban nézve, a nagyhatalmak elrettentési és erőkitetési képességeinek fenntartása és potenciális növelése miatt is. Azonban nem minden ország lesz képes profitálni a védelmi ipari kereslet növekedéséből, a gyengébb képességű védelmi iparokkal rendelkező és relatíve alacsonyabb alkuerejű országok védelmi ipari bázisai ellátási problémákkal is szembesülhetnek, ami gyengítheti is a védelmi képességüket. A globális kihívások közül a klímaváltság egyre jelentősebb biztonsági problémát jelent. Az USA 2022. évi Nemzeti Biztonsági Stratégiájában hatvanhárom alkalommal szerepel. Hatásai a legnagyobb globális katonai jelenléttel rendelkező USA védelmi képességeire is igen jelentős kihívást jelentenek, nemcsak hazai, hanem globális szinten is, mivel földrajzilag olyan területeken várhatóak jelentős környezeti hatások, amik a globális diszlokáció tekintetében kiemelt jelentőségűek. Továbbá stratégiai szempontból, a védelemben a klímaváltozás hatásai megváltoztatják a geostratégiai, műveleti és taktikai környezetet, és jelentős hatással lehetnek a készenlétre; új geopolitikai versengésekhez fognak vezetni (például Arktisz térségben), és növekedni fog a verseny az új erőforrásokért. Egyes régiókban és globálisan is növekedhet az instabilitás és a konfliktusok száma, és megnövekedhet a külföldi és hazai humanitárius missziókra fordítandó védelmi kapacitásigény.

Összességében az új kihívások, a nagyhatalmi erőviszonyok változása, és az egyén egyre könnyebb hozzáférése a fejlett technológiákhoz, megváltoztatta a világ sérülékenységének szintjét és egy új biztonsági paradigmához vezetett, amiben nemcsak a haderők találják magukat szemben egyre nagyobb kihívással, hanem a társadalmak is.²⁸ A katonai biztonság szerepének növekedése mellett, a fenyegetések természetének változása miatt, a biztonsági szektorok közötti kapcsolatok is változnak. Az elsősorban a gazdasági biztonsági szektorhoz tartozó ipari bázis egyre szorosabban kapcsolódik a katonai biztonság fenntartásához. A nemzetközi rendszerben az együttműködés és a bizalom csökkenése, a nemzetközi szervezetek

²⁸ Budavári 2021, 76.

működési szabályaival visszaélő, kohéziót romboló és döntéshozatalt akadályozó politikák egyre nehezebbé teszik a globális biztonság fenntartását és az egyre súlyosbodó globális kihívások kezelését. Az eddig fennálló nemzetközi rend alapvető értékei kérdőjeleződnek meg, és a globális problémák megoldására létrehozott nemzetközi biztonsági szervezetek válnak működésképtelenné.²⁹ A biztonsági kihívások, kockázatok, veszélyek és fenyegetések azonban nemcsak az USA-t, hanem a stratégiai versenytárs Kínát, valamint Oroszországot és a nemzetközi rendszer összes többi szereplőjét is érintik.

Az USA védelmi ipara és kihívásai

„Nagyon jó, hogy van egy nagy víziónk, de ki-nek küldjek email-t hétfőn reggel, hogy meg-változtassam a világot?” az USA Védelmi Mi-nisztériumának egy magas rangú vezetője³⁰

A jelenlegi biztonsági környezet számottevően eltér attól, amiben az USA védelmi ipara a poszthidegháborús korszakban működött. Az elmúlt évtizedekben az USA hadereje alkalmazásában és felépítésében a regionális konfliktusokra és terrorizmus ellenes műveletekre koncentrált, a védelmi ipari bázisa pedig ehhez alkalmazkodott. A stratégiai környezet azonban jelentősen megváltozott, ami a védelmi ipari bázissal szemben támasztott rövid és hosszú távú keresletet és követelményeket is rövid idő alatt, jelentősen módosította. Közben a globalizáció, a gazdasági és technológiai fejlődés is jelentős hatáso-kat gyakorolt az iparágra. Az USA ipari gyártókapacitásai az elmúlt két évtizedben rendszerszinten lecsökkentek, az ország gazdasága gyártás és termék központú gazdaságból digitális és szolgáltatás köz-pontú gazdasággá vált.³¹ A gazdaság szerkezeti átalakulása pedig a munkaerőpiac átalakulásával, és különösen egyes, a védelmi ipar szempontjából kritikus szakmunkás képességek csökkenésével is együtt járt. Az USA gazdaságának vezető szerepe megmaradt, de már nem a gyártáson, hanem a csúcstechnológiák kifejlesztésén van a fókusz. Továbbá, a biztonsági percepciók javulása – az állam és az iparág oldaláról is – olyan üzleti modelleket eredményezett a védelmi iparban is, amikben a biztonság súlya a hatékonysággal és a gazda-sági előnyökkel szemben elkezdett csökkenni. Az ellátási láncok

²⁹ Budavári 2023, 37.

³⁰ Harding, Ghoorhoo 2023, 18.

³¹ NDIA 2023, 8.

transznacionalizálódtak és egyre komplexebbé váltak, ami növelte az átláthatóság hiányát, a kockázatokat és az iparág sérülékenységét. (Napjainkban egy átlagos amerikai repülőgép- és űripari vállalatnak körülbelül 200 első szintű beszállítója van, a második és harmadik szintekkel összesen pedig több mint 12000.³²) A láncokba egyre nagyobb számban kerültek be külföldi szereplők és egyre nagyobb részük lett kihelyezve földrajzilag az USA-n kívülre, ezzel földrajzilag, valamint gazdasági és politikai háttér tekintetében is rendkívül diverz hálózatok alakultak ki. Továbbá jelentős függőségek is, nemcsak a szövetséges és partneri országok felé, hanem versenytársak és potenciális ellenfelek, például Kína felé is. Eközben a hazai beszállítók száma csökkent, és ezzel egyidejűleg a koncentráció a hazai védelmi iparban nőtt. A hazai szereplők a képességekben egyre inkább specializálódtak, és egyes speciális képességek néhány szereplőre korlátozódtak. Jelenleg egyes kritikus védelmi képességek esetében az USA mindössze egy hazai beszállítóra tud támaszkodni, vagy nagyrésztben külföldön lévő ellátási láncokra, vagyis veszélybe került az USA azon képessége, hogy kritikus képességeket hazai bázison önállóan elő tudjon állítani.³³

Összességében, a védelmi ipari bázis hatékonysága növekedett, az iparág globális vezető pozícióját mindvégig megtartotta, de a készenlétének szempontjából kritikus tényezők, a diverzifikált és modern ipari infrastruktúra – beleértve a gyártástechnológiai innovációk, és az elégséges gyártókapacitások (ideértve a hideg kapacitásokat is) –, a tapasztalattal rendelkező speciális képzettségű munkaerő, valamint a stabil és előrejelezhető védelmi költségvetések is, negatív irányban változtak.³⁴ A készenlét csökkenését a következők is igazolják. 2021-ben 8300 új vállalat lépett be az iparágba, a kilépők száma azonban ennél magasabb volt, így az összes csökkenés 3300 vállalatot jelentett. Az utóbbi öt évben az USA védelmi ipari bázisa összesen 17045 vállalatot veszített, a KKV-k száma pedig az utóbbi tíz évben 40%-kal csökkent.³⁵ (Az USA nemzeti védelmi ipari bázisa [domestic Defense Industrial Base – DIB] 2021-ben összesen közel 60000 vállalatot foglalt magában, amelyek körülbelül 1,1 millió személyt foglalkoztattak.)³⁶ A mozgósítási kapacitások sem elégségesek, bizonyos típusú befektetések elmaradtak az infrastruktúrába, a gyártóeszközökbe és szerszámokba, valamint a hideg kapacitások

³² U.S. DoD 2022 c) 5.

³³ The White House 2017, 29-30.

³⁴ NDIA 2023, 13.

³⁵ NDIA 2023, 13.

³⁶ Congressional Research Service 2023

fenntartásába.³⁷ Az iparág konszolidációja napjainkra olyan szintet ért el, hogy egy kormányzati jelentés az iparág szerkezetét és a lecsökkent versenyt nemzeti biztonsági kockázatnak minősítette.³⁸ 1990. óta a védelmi minisztérium fővállalkozóinak száma 51-ről 5-re csökkent, és bizonyos termékek esetében a helyzet különösen kritikus, például a rakéták 90%-a egy 2022. évi jelentés szerint mindössze három forrásból származott.³⁹ A Nemzeti Védelmi Ipari Szövetség (National Defense Industry Association – NDIA) 2023-ban megjelent felmérésében a tagvállalatok 42%-a volt valamilyen védelmi ipari termék egyetlen alkalmas beszállítója.⁴⁰

Ez a fejlődés és iparági szerkezet lehetővé tette, hogy az USA a világ legfejlettebb fegyvereit fejlessze ki, és jelenleg is számos olyan fegyverrel rendelkezik, amiket a legnagyobb riválisai is csak évtizedekkel később tudnának maguktól kifejleszteni, de nem feltétlenül tudja azokat megfelelő mennyiségben legyártani, időben rendszerbeállítani és egy konfliktus esetén pótolni.⁴¹

Egy 2018. évi elemzés öt olyan makro tényezőt állapított meg az USA védelmi ipari bázisával kapcsolatban, ami a folyamatait átfogóan formálja és negatívan hat az USA katonai képességeinek előállítására és fenntartására:

- automatikus kiadáscsökkentés intézménye és költségvetési bizonytalanság;
- ipari gyártókapacitások és -képességek csökkenése;
- káros kormányzati üzletkötési és beszerzési gyakorlatok;
- versenytárs országok iparpolitikái;
- csökkenő STEM⁴² és szakmunkás képességek (1. táblázat).⁴³

³⁷ NDIA 2023, 5.

³⁸ Budavári 2023, 40.

³⁹ Lopez 2022

⁴⁰ NDIA 2023, 13.

⁴¹ Brands 2023.

⁴² Angol nyelvű rövidítés: science, technology, engineering and mathematics – STEM, magyarul: matematikai, természettudományi, műszaki és informatikai tudományterületek – MTMI

⁴³ OUSD A&S 2018, 19.

AZ USA VÉDELMI IPARI BÁZISÁT FENYEGETŐ KOCKÁZATOK FORRÁSAI

1. számú táblázat

MAKRO ERŐK	DEFINÍCIÓ
Automatikus kiadáscsökkentés intézménye és költségvetési bizonytalanság	Következetlen költségvetési előirányzatok, bizonytalanság a jövőbeli költségvetésekkel kapcsolatban, makro szintű bizonytalanság az USA kormányzati kiadásaival kapcsolatban, és az automatikus kiadáscsökkentés intézménye piaci bizonytalanságot okoz
Ipari gyártókapacitások és -képességek csökkenése	Az ipari és védelmi ipari bázist is átfogóan érintő csökkenés negatív hatással van a beszállítók életképességére, az összkapacitásra és a hazai forrásból elérhető képességekre
Káros kormányzati üzletkötési és beszerzési gyakorlatok	A védelmi minisztériummal és más kormányzervekkel való együttműködés kihívásai, a szerződéskötésekre vonatkozó szabályozások, politikai szempontok, belépési korlátok, minősítések megszerzésével kapcsolatos kihívások és a programmódosítások káros hatásokat gyakorolnak a beszállítókra
Versenytárs országok iparpolitikái	A versenytárs országok ipar- és kereskedelempolitikái, különösen Kína agresszív magatartása közvetve és közvetlenül is rontják az USA Nemzeti Biztonsági Innovációs Bázisának (National Security Innovation Base) gazdasági életképességét, képességeit és kapacitásait
Csökkenő STEM és szakmunkás képességek	Az USA humánerőforrás bázisában kialakult képességrések, különösen a STEM és szakmunkás képességek területén, csökkentik a hazai innovációs, gyártási és fenntartási képességeket

Forrás: Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment – Office of the Deputy Assistant Secretary of Defense for Industrial Policy (OUSD A&S) 2018. Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States. Report to President Donald J. Trump by the Interagency Task Force in Fulfillment of Executive Order 13806. Washington: Department of Defense. 19-20.

Ezek a makró erők a forrásai a védelmi ipart fenyegető rendszerszintű kockázatoknak (tíz kockázati kategória) (2. táblázat), emiatt a kihívások kezelését a makro erők szintjén kell kezdeni, annak érdekében, hogy az USA katonai fölényének további erodálódása elkerülhető legyen.⁴⁴ A feltárt tíz kockázati kategória számos negatív hatást eredményez, kiemelten, csökkent befektetések mind a tőkejavakba, mind kutatás-fejlesztésbe, modernizáció és technológiai innovációk szintjének egyidejű csökkenése, beszállítók megszűnése, szűk keresztmetszetek az ellátási

⁴⁴ OUSD A&S 2018, 19.

láncok minden szintjén, alacsonyabb minőség és növekvő árak a verseny csökkenése miatt. A vállalatok szintjén a legjelentősebb negatív következmények a költséghatékonyság csökkenése, elhalasztott fenntartási feladatok, csökkenő megbízhatóság, növekvő kivettség a hamisított és kompromittált alkatrészek és részegységek tekintetében. A negatív hatások a teljes ellátási láncban megjelennek, és jelentős réseket okozhatnak a védelmi ipari bázisban, az ellátásbiztonság csökkenésétől kezdve akár egyes képességek és kapacitások teljes eltűnéséig a hazai piacról, ami végső esetben a hazai védelmi képességek csökkenését, az USA versenyelőnyének és katonai fölényének elvesztését eredményezheti.⁴⁵

AZ USA VÉDELMI IPARI BÁZISÁT FENYEGETŐ KOCKÁZATOK

2. számú táblázat

KOCKÁZAT KATEGÓRIA	DEFINÍCIÓ
Egy lehetséges beszállító (Sole source)	Egy beszállító létezik, aki képes nyújtani az igényelt képességet
Egy minősített beszállító (Single source)	A lehetséges beszállítók közül csak egy rendelkezik a szükséges minősítésekkel
Sérülékeny beszállító	A beszállító pénzügyileg sérülékeny / nehéz helyzetben van
Sérülékeny piac	Strukturális kihívások az adott piacon; piac potenciális megszűnése fenyeget
Korlátozott kapacitású piac	A kapacitás nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségben vagy megfelelő időben, más vevők kereslete miatt
Külföldi függőség	A hazai ipar nem állítja elő a terméket, vagy nem megfelelő mennyiségben állítja elő
Gyártók számának csökkenése és anyaghiány	Termékek és anyagok elavulása, a releváns beszállítók számának csökkenése miatt
Hazai humánerőforrás képességrések	A szükséges képességekkel rendelkező hazai munkatárs vagy nem áll rendelkezésre vagy nem tudja az iparág megtartani
Leépült hazai infrastruktúra	Gyártáshoz, összeszereléshez és fenntartáshoz szükséges speciális állóeszközök felhalmozásának csökkenése
Termékbiztonság	Hiányos kiber és fizikai védelem, ami az integritás, bizalom és a versenyelőny erodálásához vezet

Forrás: Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment – Office of the Deputy Assistant Secretary of Defense for Industrial Policy (OUSD A&S) 2018. Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States. Report to President Donald J. Trump by the Interagency Task Force in Fulfillment of Executive Order 13806. Washington: Department of Defense. 45-46.

⁴⁵ OUSD A&S 2018, 45-46.

Összességében az elemzés legfontosabb megállapításai, hogy a makro erők a védelmi ellátási láncok alacsonyabb szintjein hatnak erősebben; nem várt mértékű függőség mutatható ki a külföldi beszállítóktól, ezen belül a versenytárs országoktól is; a munkaerővel kapcsolatos kihívások minden szektort átfogóan érintenek; továbbá egyes szektorok továbbra is folytatják a kritikus képességeik kihelyezését külföldre a versenyképes árak fenntartása és a külföldi piacokhoz való hozzáférés miatt.⁴⁶

Az iparág is hasonlóan érzékeli a problémákat, mint amit a fenti elemzés mutat. A Nemzeti Védelmi Ipari Szövetség (NDIA) 2023-ban közzétett felmérése alapján az iparág szereplői a következőket tartották a legjelentősebb kihívásoknak: infláció hatásai; bonyolult közbeszerzési folyamatok és szabályozások; költségvetési stabilitás hiánya és nem elegendő forrás; munkaerőhiány és munkaerő megtartási problémák.⁴⁷ Az NDIA 2022-ban közzétett egy másik felmérése kimutatta továbbá, hogy az iparbiztonság a teljes iparágat érintő növekvő kihívás, mivel a vállalatok egyre gyakrabban szembesülnek ipari kémkedés célú támadásokkal és adatlopási kísérletekkel állami és nem állami szereplők irányából. A Deloitte 2022. évi felmérése alapján pedig, az infláció, a képzett munkaerő hiánya és az ellátási láncok zavarai jelenleg a legnagyobb kihívások a vállalatok szerint.⁴⁸ A folyamatos képzett munkaerőhiány fokozza a versenyt a munkavállalókért az iparágban és az azon kívüli vállalatokkal is, ami az utóbbi két évben alacsonyabb kibocsátáshoz és késésekhez vezetett az új szerződések megkötésében.⁴⁹

Az USA védelmi ipara azonban a több évtizedes előzmények és a meglévő jelentős kihívások ellenére is, jelenleg is a világ legnagyobb teljesítményű nemzeti védelmi ipara és a legfejlettebb képességekkel rendelkezik. A globális védelmi ipari bázisa (global Defense Industrial Base – global DIB), vagy formális megnevezése szerint Nemzeti Technológiai és Ipari Bázis (National Technology and Industrial Base – NTIB), ami az USA hazai védelmi ipari bázisát egyesíti az Egyesült Királyság, Kanada, Ausztrália és Új-Zéland technológiai, innovációs és ipari bázisaival,⁵⁰ pedig egyedülálló képességeket jelent Kínával és Oroszországgal szemben is. A legnagyobb védelmi ipari vállalatok földrajzi megoszlása és teljesítménye, valamint a globális

⁴⁶ OUSD A&S 2018, 3.

⁴⁷ NDIA 2022, 6.

⁴⁸ Deloitte 2023, 3.

⁴⁹ U.S. DoD 2022 c), 6.

⁵⁰ Congressional Research Service 2023

fegyverkereskedelem statisztikái alapján jellemezhető az egyes országok védelmi iparának nagysága és globális pozíciója. Ez alapján az USA védelmi iparának globális vezető szerepe továbbra is stabilan fennáll. A Defense News 2022. évi TOP 100 rangsorolása szerint a világ száz legnagyobb védelmi ipari vállalata közül negyvenöt USA tulajdonú, és a rangsorban az első öt vállalat mindegyike amerikai. Az előző évhez képest megtartották a vezető helyüket, ugyanabban a sorrendben: 1. Lockheed Martin, 2. Raytheon Technologies, 3. Boeing, 4. Northrop Grumman, 5. General Dynamics.⁵¹ A SIPRI 2021. évi TOP 100 rangsorolása szerint szintén ugyanez az öt vállalat foglalja el az első öt helyet, ugyanabban a sorrendben, és szintén megtartották a pozíciójukat nemcsak az előző évhez képest,⁵² hanem 2018 óta.⁵³ A SIPRI rangsor alapján továbbá a régiók között Észak-Amerika (USA és Kanada együtt) vezet, 300 milliárd USD összesített árbevétellel (csak a TOP 100 listán szereplő vállalatok) 2021-ben. A TOP 100 vállalat árbevételeinek országonkénti összesítése alapján az összes értékesítésből az USA vállalatok részesedése 51%, a kínai vállalatoké 18%, az orosz vállalatoké 3%.⁵⁴ A SIPRI nemzetközi fegyverkereskedelemről szóló 2022. évi jelentése szerint a világ 25 legnagyobb fegyverexportőrének listáján a 2018–22 időszakban: 1. USA, 2. Oroszország, 4. Kína. Részesedésük a teljes globális exportból a 2018-22 időszakban: USA 40%, Oroszország 16%, Kína 5,2%. Ez az előző (2013-17) időszakhoz képest az USA esetében 14%-os növekedést, Oroszország esetében 31%-os csökkenést, Kína esetében 23%-os csökkenést jelent.⁵⁵ (A világ 25 legnagyobb fegyverexportőrének teljesítménye a globális fegyverexport 98%-át tette ki a 2018-22 időszakban.)⁵⁶

Az USA védelmi ipari bázisát jelenleg strukturális kihívások terhelik. Ezek kockázatot jelentenek abban a tekintetben, hogy mennyire tudja az USA technológiai versenyelőnyének és katonai fölényének megtartását támogatni, illetve egy nagyhatalmak közötti konfliktus esetén adott idő alatt a szükséges szintre növelni a kapacitásait, és a konfliktus alatt végig, és azt követően a haderő képességeinek helyreállítását biztosítani. Ezzel együtt azonban az USA rendelkezik a világ legnagyobb nemzeti védelmi iparával és a legkiterjedtebb formális és informális globális kapcsolatrendszerrel védelmi a területen (szövetségek és partnerségek), ami az egyik legnagyobb aszimmetrikus előnye, és

⁵¹ Defense News 2022

⁵² SIPRI 2022, 9.

⁵³ SIPRI 2022, 3.

⁵⁴ SIPRI 2022, 3.

⁵⁵ SIPRI 2023 a), 2.

⁵⁶ SIPRI 2023 a), 2.

amiben az iparilag legfejlettebb nyugati államok is részesek. A védelmi ipari bázis fejlődésének támogatása és kihívásainak kezelése pedig évek óta, és jelenleg is a védelempolitika egyik központi kérdése. „Az erős ipari gyártó bázis, a szilárd védelmi ipari bázis és a reziliens ellátási láncok támogatása nemzeti prioritás.”⁵⁷

Az Amerikai Egyesült Államok védelempolitikája

„A reziliens védelmi ipari bázis az USA hatalmának kritikus eleme.”⁵⁸

Az USA védelempolitikájának központjában a nagyhatalmi verseny áll

Az USA védelempolitikájának értékelése szempontjából lényeges, hogy a kihívások ellenére, az USA még mindig a világ vezető nagyhatalma, a világ legnagyobb katonai erejével, a legnagyobb védelmi költségvetéssel, és a legnagyobb, legfejlettebb képességű védelmi iparral rendelkezik. Az USA 2022. évi Nemzeti Biztonsági Stratégiáját (National Security Strategy – NSS) idézve: „A gazdaságunk, a népességünk, az innovációs eredményeink és a katonai erőnk nő”.⁵⁹

A 2022. évi NSS-ben tükröződik a nagyhatalmi verseny felfogás a stratégiai gondolkodásban. A stratégia szerint a világ „törésponthoz” érkezett, és egy „meghatározó évtized” kezdődik az USA jövője szempontjából.⁶⁰ Az ország „egy olyan stratégiai versengés közepében van, amiben a nemzetközi rend jövője formálódik.”⁶¹ A stratégia szerint „a verseny a demokráciák és az autokráciák között folyik”.⁶² A legnagyobb stratégiai kihívást azok az autoriter rezsimek jelentik, amelyek az elnyomó kormányzást a revizionista külpolitikával kombinálják, ami kihívást jelent a nemzetközi békére és stabilitásra.⁶³ Oroszország és Kína különböző kihívásokat jelentenek, Kína az egyetlen olyan stratégiai versenytárs, akinek megvan a szándéka, hogy formálja a nemzetközi rendet, és a célja eléréséhez szükséges gazdasági, diplomáciai, katonai és technológiai ereje növekszik, Oroszország pedig „akut

⁵⁷ The White House 2017, 29-30.

⁵⁸ U.S. DoD 2022 a), 23.

⁵⁹ The White House 2022 b), 7.

⁶⁰ The White House 2022 b), 2.

⁶¹ The White House 2022 b), 2.

⁶² The White House 2022 b), 8.

⁶³ The White House 2022 b), 8.

fenyegetést” jelent a nemzetközi rendszerre.⁶⁴ Ebben a környezetben a stratégia három fő pillérre alapozza a célok elérését, ahol az USA fölényrel rendelkezik: a *meglévő előnyeire, szövetségi rendszerére és partnereire, és a haderő modernizációjára*. A stratégia szinte minden részében érint olyan területeket, amik a védelmi ipari bázis szempontjából relevánsak, bár kifejezetten csak egy helyen említi, a „Haderőnk erősítése és modernizációja” részben. Azonban a modern ipari és innovációs stratégia, az erős ipari és innovációs bázis, a befektetés az emberi erőforrásokba, a STEM oktatás fejlesztése, a technológiai fejlesztésekbe való befektetés, a kibertér biztonságának megteremtése, a kereskedelmi szabályozások, az infrastrukturális befektetések, a szövetséges technológiai-ipari bázis, a nemzetközi technológiai ökoszisztéma, célzott befektetések, ellátási láncok biztonsága, félvezető gyártás felélesztése, a kritikus ásványi anyagokkal kapcsolatos célok, és további számos téma szervesen kapcsolódik a védelmi ipari bázis-hoz. A védelmi ipari kereslet megváltozását jelzik (többek között) a következő témák: új műveleti koncepciók, képességek magas technológiájú konvencionális hadviseléshez, a versenyelőny megtartása a konvencionális fegyverek terén, innováció és fegyverek fejlesztési és rendszerbeállítási idejének felgyorsítása, a különböző kritikus technológiákkal kapcsolatos célok stb. Mindezek a témák alapvetően tudják és fogják befolyásolni a védelmi ipari bázis működését és teljesítményét. A további stratégiai dokumentumok, amik egyre részletesebb képet adnak a védelempolitikai célkitűzésekről és azok tervezett megvalósításáról, alátámasztják, hogy az USA védelempolitikai céljaiban nagy mértékben alapoz a védelmi ipari bázisára. Ehhez pedig egy számos tekintetben új környezetet alakít ki az iparág és a bázis többi szereplője számára.

A 2022. évi Nemzeti Védelmi Stratégia (National Defense Strategy – NDS), ami tartalmazza a Nukleáris Helyzetértékelést és a Rakétavédelmi Helyzetértékelést is⁶⁵, szintén tükrözi a nagyhatalmi verseny megközelítést, és a védelmi ipari bázis szerepe itt még hangsúlyosabban megjelenik, ebben az értelemben a 2018. évi NDS folytatása. Azonban Kínát, a szürke-zónás fenyegetéseket és az elrettentést másképp közelíti meg. Kínát egyértelműen az első számú stratégiai kihívásként azonosítja, Oroszország pedig az egyértelmű második helyre kerül, míg a korábbi stratégia egy szintre helyezte őket.⁶⁶ A számos

⁶⁴ The White House 2022 b), 8.

⁶⁵ National Defense Strategy of the United States of America Including the 2022 Nuclear Posture Review and the 2022 Missile Defense Review

⁶⁶ Scowcroft Strategy SCORECARD

fenyegetés között Kína a „növekvő kihívás”, Oroszország „akut fenyegetés”, Észak-Korea, Irán és az erőszakos extrémista szervezetek pedig „folyamatos fenyegetések” az USA nemzeti biztonságára.⁶⁷ A biztonsági stratégiával (NSS) összhangban (amiben az elkövetkező „meghatározó évtized” a nemzetközi rend jövőjét meghatározó világnézetek versengéséről szól), az NDS világossá teszi, hogy az USA globális politikáját az USA vezette demokratikus értékeket valló szövetség, és a Kína, Oroszország és más autoriter ellenfelek között zajló versengés határozza meg.⁶⁸ *A stratégia a nagyhatalmi versenyt olyan eszkalálódó folyamatnak írja le, ami az összemzeti erő tényezőinek teljes spektrumában zajlik: „Egy folyamatos és egyre növekvő versenyben vagyunk, amiben a potenciális fenyegetések a diplomáciai, információs, katonai és gazdasági szférákban egyaránt megjelenhetnek.”* Az NDS négy védelempolitikai prioritást határoz meg: *szülőföld védelme; stratégiai támadások elrettentése az USA-val, szövetségeseivel és partnereivel szemben; agresszió elrettentése és felkészülés konfliktus megvívására (elsődleges prioritás Kína az indiai-csendes-óceáni régióban, a másodlagos prioritás Oroszország Európában); reziliens összhaderőnemi haderő és védelmi ökoszisztéma kiépítése.*⁶⁹ A célok elérését egy három pilléres megközelítésre alapozza: *integrált elrettentés, hadjáratok, és tartós fölény felépítése.*⁷⁰ Az *integrált elrettentés* a védelmi minisztérium stratégiájának központi eleme.⁷¹ Az *integrált elrettentés* egy összkormányzati és koalíciós megközelítés, ami azt jelenti, hogy a védelmi minisztérium és a haderő együttműködik az összemzeti erő egyéb – diplomáciai, információs, gazdasági, pénzügyi, hírszerzési és elhárítási, rendészeti – alrendszerével, a civil szektorral, valamint szövetségeseivel és partnereivel, amivel egyértelmű jelzést küld az ellenfélnek az USA szándékaival és képességeivel kapcsolatban.⁷² A stratégia szövege szerint az *integrált elrettentés* a „képességek egy olyan kombinációja, aminek a célja az ellenség meggyőzése, hogy az ellenséges tevékenységének ára nagyobb lesz, mint az előnyei”.⁷³ A stratégia háromféle elrettentést határoz meg: *elrettentés területmegtagadással, elrettentés rezilienciával, és „elrettentés a költségek megfizettetésnek terhével, közvetlen vagy kollektív*

⁶⁷ U.S. DoD 2022 b) 2.

⁶⁸ STIMSON 2022

⁶⁹ Congressional Research Service 2022, 6.

⁷⁰ Atlantic Council experts: Can the US keep pace with increasing global threats? Our experts decode the National Defense Strategy.

⁷¹ Atlantic Council experts: Can the US keep pace with increasing global threats? Our experts decode the National Defense Strategy.

⁷² STIMSON 2022

⁷³ The White House 2022 b), 22.

beavatkozással” (ide tartozik a nukleáris elrettentés, és számos egyéb eszköz alkalmazása, konvencionális nagy hatótávolságú tűzrendszerek, kibertámadások, irreguláris hadviselés, szankciók, export korlátozások, stb.)⁷⁴ A nukleáris elrettentés az egyik legfontosabb prioritás, ami alapvető az intergált elrettentés koncepcióban.⁷⁵ Az aktuális biztonsági környezetben, amikor az USA versenytársai és ellenfelei nemcsak modernizálják és fejlesztik a nukleáris erőiket, hanem a stratégiai megközelítésük is változik ebben a tekintetben, egyre nagyobb a tétje egy krízisnek vagy katonai konfrontációnak. Ezért az NDS szerint az USA-nak minden olyan konvencionális fenyegetést képesnek kell lennie elrettenteni, amivel kapcsolatban megvan az esélye, hogy az eszkaláció bármilyen szintű nukleáris fegyver alkalmazásához vezet.⁷⁶ A stratégia a gyors technológiai fejlődést, és az új technológiákat nemcsak lehetőségként és eszközként, hanem kihívásként is azonosítja, amennyiben kihívást jelentenek a nemzetközi stabilitásra, és komplikálják az eszkalációs dinamikákat.⁷⁷ A szövetségesekkel és partnerekkel való szoros együttműködés a stratégia alapköve. Kiemeli, hogy a kölcsönösen előnyös szövetségek és partnerségek az USA legnagyobb globális stratégiai előnye.⁷⁸ A NATO szerepét külön kiemeli az USA nemzeti biztonságában, valamint az Oroszország által jelentett fenyegetés kezelésében, és a nukleáris elrettentésben, valamint kinyilvánítja, hogy az USA elkötelezettsége „sziklaszilárd” a NATO tekintetében.⁷⁹ A stratégia harmadik pillére – tartós fölény felépítése – kapcsolódik a legközvetlenebbül a védelmi ipari bázis témaköréhez. A jövő összhaderőnemi haderejének felépítése széleskörű és mély változásokat tesz szükségessé a védelmi képességek előállításában és menedzselésében. Emellett, a versenytársak folyamatos kockázatot jelentenek az USA védelmi ökoszisztémájára – a minisztériumra, a védelmi ipari bázisra, és az innovációkat előállító civil és akadémiai szektorra. Ezért egy szilárd bázis felépítése a cél, ami támogatja az USA katonai fölényét a jövőben. Ennek megvalósítására – a védelmi minisztérium együttműködve a többi minisztériummal, a szövetségi ügynökségekkel, a kongresszussal, a civil szektorral, a szövetségesekkel és partnerekkel – egy öt elemből álló akciótervet határoz meg: a *jövő hadereje bázisának transzformációja; befektetés a megfelelő technológiákba; a védelmi ökoszisztéma adaptációja és erősítése; reziliencia és*

⁷⁴ U.S. DoD 2022 b), 8-9.

⁷⁵ Congressional Research Service 2022, 10.

⁷⁶ Congressional Research Service 2022, 11-12.

⁷⁷ Atlantic Council experts: Can the US keep pace with increasing global threats? Our experts decode the National Defense Strategy.

⁷⁸ STIMSON 2022

⁷⁹ U.S. DoD 2022 b), 15.

*alkalmazkodóképesség növelése; a szükséges munkaerő fejlesztése.*⁸⁰ A jövő hadereje bázisának transzformációja a védelmi minisztérium haderőtervezési és haderőfejlesztési, valamint menedzsment és beszerzési folyamatainak jelentős átalakítását jelenti, amiben kiemelt a védelmi ipari bázissal való együttműködés, annak érdekében, hogy jobban tudjanak rá támaszkodni a modernizációs folyamatokban. A befektetés a megfelelő technológiákba az innovációs ökoszisztéma támogatását jelenti hazai szinten, valamint kiterjesztett együttműködésben szövetséges és partneri szinten, továbbá a legfontosabb fejlett technológiákba való befektetéseket, a kutatás-fejlesztés ösztönzését és támogatását, és intézményi reformokat is, annak érdekében, hogy az új technológiák hatékony alkalmazását biztosítsák. A védelmi ökoszisztéma adaptációja és erősítése a védelmi ipari bázis erősítését jelenti, azzal a céllal, hogy minden olyan technológiát és képességet képes legyen előállítani és a fenntartását biztosítani, amire a hazai, szövetséges és partneri haderőknek szüksége van a versenyelőnyük fenntartásához. Ennek keretében kutatóintézetek, kutatás-fejlesztési központok, KKV-k és innovatív technológiai cégek támogatása. A minisztérium továbbá sürgős intézkedéseket tesz a fejlett gyártókapacitások hatásosabb támogatására, annak érdekében, hogy javítsa azokat a képességeket, amik egy nagy konfliktus esetén az összhaderőnemi haderő helyreállításához szükségesek; ehhez együttműködik a kongresszussal azokon a reformokon, amik ezek megvalósításához szükségesek, és együttműködik a civil szektorral bizonyos prioritási területeken, különösen a kereskedelmi úrszektorral, hogy ösztönözze új képességek kifejlesztését. Prioritásként kezeli a védelmi ipari bázis, valamint a logisztikai és globális ellátási láncok megerősítését és védelmét a külső fenyegetésekkel szemben. A reziliencia és alkalmazkodóképesség növelése elsősorban a klímaváltozás hatásaira vonatkozóan a teljes védelmi ökoszisztéma alkalmazkodóképességének és rugalmas reagálóképességének megteremtését és a tervezési folyamatok átalakítását jelenti ennek érdekében, valamint az energiafelhasználás csökkentését (mint prioritás), és ahol lehetséges, valamint logisztikai szempontból célszerű, tiszta energiák felhasználását. A szükséges munkaerő fejlesztése részről megállapítható, hogy nagy hangsúly van a teljes védelmi ökoszisztémában a személyi állomány minőségén, ami a stratégia sikeres megvalósításának kulcstényezője. A minisztérium számos célt és tervezett intézkedést határoz meg a megfelelő munkaerő megtalálása, megtartása és folyamatos fejlesztése érdekében, hogy a személyi állomány meg tudja felelni az aktuális és

⁸⁰ U.S. DoD 2022 b), 19-21.

jövőbeli kihívásoknak.⁸¹ Az egyik legjelentősebb szemléletbeli változás a 2022. évi NDS-ben a szülőföldet érintő fenyegetések (elsősorban Kína és Oroszország felől) fókuszba kerülése,⁸² valamint a biztonság katonai dimenzióján kívüli többi dimenzió fenyegetéseinek hangsúlyosabbá válása. Ebben a szemléletben, amennyiben háborúra kerül sor, a védelmi minisztérium a „támogatott”, az összes többi minisztérium pedig „támogatja” a védelmi minisztériumot és a védelmi ipari bázist.⁸³

A biztonsági környezetben bekövetkezett fejlemények következtében az USA nagystratégiáját jelenleg tehát a nagyhatalmi verseny viszszerterése határozza meg, ami a védelempolitika legfőbb kérdései tekintetében is változásokat eredményezett. Egy kongresszusi jelentés alapján az USA aktuális fő védelempolitikai fókuszai a következők, és „az ezekre a kérdésekre adott válaszoknak jelentős befolyása lesz az USA védelmi képességeire, a védelmi költségvetésre és a védelmi ipari bázisra egyaránt”⁸⁴:

- nagystratégia és geopolitika került a biztonság- és védelempolitika középpontjába;
- haderőtervezési sztenderdek, egyidejű vagy átfedő konfliktusok és egyéb katonai reagálást igénylő események száma és típusai, amelyeket a haderőnek képesnek kell lennie egyidejűleg leküzdeni;
- szervezeti változások a védelmi minisztériumon belül;
- nukleáris fegyverek, nukleáris elrettentés és nukleáris fegyverzet-ellenőrzés;
- USA haderő globális diszlokációja;
- USA és szövetséges katonai képességek az indiai-csendes-óceáni térségben;
- USA és NATO katonai képességek Európában;
- új műveleti koncepciók;
- képességek magas technológiájú konvencionális hadviselés végrehajtására;

⁸¹ U.S. DoD 2022 b), 19-21.

⁸² Atlantic Council experts: Eight things you need to know about the new US National Defense Strategy.

⁸³ Atlantic Council experts: Eight things you need to know about the new US National Defense Strategy.

⁸⁴ Congressional Research Service 2022, 2.

- USA fölényének fenntartása a konvencionális fegyvertechnológiákban;
- USA fegyverrendszerek innovációja, a fejlesztés és rendszerbeállítás felgyorsítása;
- mobilizációs képességek egy hosszú ideig tartó, nagy kiterjedésű konfliktus esetén;
- ellátási láncok biztonsága, az USA védelmi rendszereiben a nem hazai gyártású alkatrészekről, részegységektől, anyagoktól és szoftverektől való függőség minimalizálása;
- hibrid hadviselés és szürke-zónás (konfliktus szintje alatti) taktikák elhárításának képességei.”⁸⁵

A védelmi költségvetés alakulása

Az utóbbi évtizedek jelentős változása a védelmi költségvetések tekintetében, hogy az Obama-kormány két ciklusának végére jellemző 600 milliárd dollár körüli sávból nagyjából 100 milliárd dollár emelkedés történt 2019-re⁸⁶, aminek célja a képességek teljes körű modernizációja volt mind az öt műveleti térhez kapcsolódóan. A költségvetés azóta is növekszik, a jelenlegi cél az USA katonai fölényének és globális vezető pozíciójának megtartása. A védelmi ipari bázis és a védelmi innovációk pedig a védelempolitikai célokkal összhangban egyre hangsúlyosabbak a költségvetésben is. A 2020. évi költségvetés az elmúlt húsz év legnagyobb ráfordítását tartalmazta hajóépítés célra, és az elmúlt hetven év legnagyobb ráfordítását kutatás-fejlesztési célokra, és a fókusz a csúcstechnológiákon volt, amik a magas technológiájú hadviseléshez szükségesek.⁸⁷ 2022-ben a védelmi költségvetés 0,7%-kal nőtt, 877 milliárd dollárra, ami az USA legmagasabb éves védelmi költségvetése 1981 óta. (A nominális növekedés 8,8% lett volna, amit a 8,1%-os inflációs ráta csökkentett le 0,7%-os reál növekedésre.) Ez magában foglalja a 2022. évben Ukrajnának nyújtott 19,9 milliárd dollár becsült értékű támogatásokat is, ami a költségvetés 2,3%-ának felel meg. A haderő fejlesztése és modernizációja (fegyverzetbeszerzés, védelmi kutatás-fejlesztés) 2022-ben 264 milliárd dollárt, a költségvetés 30%-át tette ki, a költségvetés fennmaradó részének legnagyobb hányadát pedig a működési és fenntartási költségek (34%), és a személyi kiadások (19%) tették ki.⁸⁸ A 2023-as költségvetési évre szóló védelmi költségvetési törvény (National Defense Authorization

⁸⁵ Congressional Research Service 2022, 2.

⁸⁶ IISS 2022, 28.

⁸⁷ Budavári 2021, 100.

⁸⁸ SIPRI 2023 b), 3-4.

Act – NDAA) pedig ismét magasabb összeget tartalmazott, mint a kormány előterjesztés⁸⁹, ami eredetileg 773 milliárd dollárról szólt, 801 milliárd dollárt tervezett a 2024-es évre, és 834 milliárd dollár elérését 2028-ra. A 2023. évi elfogadott költségvetés végül 847,3 milliárd dollár volt, beleértve az energiaügyi minisztérium nukleáris arzenál fenntartásához kapcsolódó kiadásait is.⁹⁰ A 2024. évre szóló előterjesztés 842 milliárd dollár költségvetést irányoz elő a védelmi minisztérium számára, ami 26 milliárd dollárral több, mint a 2023. évi, és 100 milliárd dollárral több, mint a 2022. évi elfogadott költségvetés volt.⁹¹ Ez azt jelenti, hogy a tervezett éves nominális növekedés a 2024-2028 időszakra vonatkozóan 2,1%-ra nőtt, és 297 milliárd dollárral több forrást jelent erre az időszakra, mint a 2023. évi tervezet volt.⁹² Ez az előterjesztés a „mindenkori legnagyobb befektetés a beszerzések és kutatás-fejlesztés területén, valamint a készenlét fokozása területén”.⁹³ Az előterjesztés nagy hangsúlyt fektet a régóta halasztott modernizációs programokra, és továbbra is teljes mértékben finanszírozza a nukleáris triád minden lábának fejlesztését. Továbbá támogatja azt a stratégiai célt, hogy biztosítsa az USA hosszú távú fölényét, amit a kritikus feltörekvő technológiákra, az ellátási láncok rezilienciájának növelésére és a humánerőforrás fejlesztésekre kért finanszírozás szintje is alátámaszt. Az előterjesztés jelentősen megnövekedő keresletet jelez a védelmi ipari bázis számára, valamint a korábbi évekhez képest kiszámíthatóságot is hoz azáltal, hogy részletes költségvetési előrejelzéseket tartalmaz a következő öt évre is. Lényeges lesz, hogy az elfogadott költségvetés a várható infláció szintje felett növekedjen, illetve, hogy a törvényhozók megfelelő rugalmasságot is biztosítsanak a minisztérium számára. A védelmi miniszter szerint ez az előterjesztés a mindenkor leginkább stratégiavezérelt költségvetés,⁹⁴ valamint „évtizedek óta a legnagyobb transzformáció a beszerzési politikában”.⁹⁵ Az előterjesztés tartalma alapján a 2024. évi védelmi költségvetésnek kritikus szerepe lehet a haderő transzformációjának sikerességében, évtizedekre meghatározhatja az USA haderejének készenléti képességeit és igen jelentős jelzés lehet Kína, Oroszország és más potenciális agresszorok számára.⁹⁶

⁸⁹ Clark 2023, 3.

⁹⁰ Clark 2023, 3.

⁹¹ U.S. DoD: Department of Defense Releases the President's Fiscal Year 2024 Defense Budget.

⁹² McDougall 2023

⁹³ U.S. DoD: Department of Defense Releases the President's Fiscal Year 2024 Defense Budget.

⁹⁴ Starling, Jestrab, Siegel 2023

⁹⁵ Congressional Research Service 2022, 29.

⁹⁶ Clark 2023, 4.

Az USA védelmi ipari bázisával kapcsolatos politikája és programjai

Az USA a jelenlegi nagyhatalmi versenyben két stratégiai előnyére alapoz, az egyik a páratlan szövetségi rendszere és partnerei, a másik stratégiai előnye pedig a védelmi ipari bázisa.⁹⁷ Az aktuális védelempolitikai felfogásban a reziliens védelmi ipari bázis az USA hatalmának kritikus eleme. Ezért az USA célja egy „*robosztus, reziliens, biztonságos és innovatív védelmi ipari bázis*” létrehozása.⁹⁸ Az ezzel kapcsolatos programok pedig több éve folyamatban vannak.⁹⁹ Az első stratégiai jelentőségű program az Obama-kormány idején a Third Offset (Defense Innovation Initiative – DII) program volt (2014-2018). Az USA célja az volt a programmal, hogy képes legyen egy védelmi innovációs szintugrással a katonai képességei stratégiai szintű megváltoztatására, és ezzel fenntartsa technológiai vezető szerepét és globális hegemóniáját.¹⁰⁰ A DII sikeres volt, amit a 2018. évi NDS is hangsúlyozott, és kimutatható eredményeket ért el a technológiai fejlődés és a szervezeti modernizációk terén.¹⁰¹ A Trump adminisztráció időszakában a védelmi ipari bázis szerepének hangsúlyossága tovább növekedett. Ebben az időszakban készült el (a korábbi fejezetben ismertetett) átfogó, széleskörű felmérés és az ahhoz kapcsolódó akcióterv a védelmi ipari bázishoz kapcsolódóan, valamint a jelentés megjelenése idején 2018-ban, már számos intézkedés is folyamatban volt, többek között a következő témákban: a védelmi minisztérium rövid távú költségvetési stabilitásának növelése; vizsgálatok és ellenintézkedések a Kínához köthető tudományos és technológia eredmények illegális megszerzésével kapcsolatban; fegyverexport politikák és szabályozások átalakítása; beszerzési folyamatok intézményi rendszerének átalakítása; a Védelmi Beszerzési Egyetem (Defense Acquisition University – DAU) programjainak átstrukturálása; a védelmi ipari bázis folyamatos monitorozására új intézményrendszer kialakítása; fejlett gyártástechnológiákkal kapcsolatos stratégia kidolgozása; program a mikroelektronikai innovációk hazai kapacitásának növelésére és az új technológiák gyorsabb adaptációjára; védelmi minisztériumi munkacsoport a technológiai fölény fenntartása témában; a Nemzeti Iparbiztonság Programban (National Industrial Security Program) új módszerek kialakítása a kritikus technológiákkal és legfontosabb képességekkel szembeni fenyegetések felmérésére és elhárítására.¹⁰² Ezekon felül a

⁹⁷ Benecki 2023

⁹⁸ OSD A&S Industrial Policy 2021, 9.

⁹⁹ OSD A&S Industrial Policy 2021, 9.

¹⁰⁰ Budavári 2021, 100.

¹⁰¹ Gentile et al. 2021, iii.

¹⁰² OUSD A&S 2018, 4-5.

jelentés a jövőre vonatkozóan a további javaslatokat tette: új ipari stratégia a nemzeti biztonsági célok támogatására; közvetlen állami befektetések növelése a védelmi ipari bázis alacsonyabb beszállítói szintjein; beszerzési források tekintetében a versenytársaktól és politikailag instabil országoktól való függőség megszüntetése (akkor is, ha az termékek újratervezését jelenti); szövetségesekkel és partnerekkel való szélesebb körű együttműködés és a Nemzeti Technológiai és Ipari Bázishoz (NTIB) hasonló további együttműködések kialakítása; az organikus (állami tulajdonban lévő) védelmi ipari bázis modernizációja; szakképzett munkaerő hiányának kezeléséhez kapcsolódó programok STEM és szakmunkás képzés területén; a személyeket érintő nemzetbiztonsági ellenőrzések eljárásainak hatékonyabbá tétele; erőfeszítések növelése a jövő kihívásaiban kulcsszerepet játszó fejlett technológiák azonosításában; (és további javaslatok egy titkosított akcióterveben, többek között egy átfogó tanulmány, ami meghatározza a védelmi ipari bázissal szembeni azon követelményeket, amik biztosítják, hogy a haderő-modernizációs célokat maximálisan tudja támogatni).¹⁰³ Az aktuális programok és intézkedések nagyban építenek ezekre a sikeres előzményekre.

A védelmi ipari bázishoz kapcsolódó aktuális politikai programok és intézkedések négy fő téma köré csoportosíthatók: ipari gyártóbázis megerősítése; védelmi ipari szektorban a verseny növelése; védelem szempontjából kritikus ellátási láncok biztonságának és rezilienciájának növelése; kritikus technológiák és védelmük. Az *ipari gyártóbázis megerősítésével* kapcsolatos politikák a Biden-kormány iparpolitikájában és az évente kiadásra kerülő Ipari Képességek Jelentésben (Industrial Capabilities Report to Congress – ICR) folyamatosan nyomkövethetők. Az aktuális iparpolitika öt pillérre épít: ellátási láncok rezilienciája, célzott állami befektetések, közbeszerzés, klíma reziliencia és egyenlőség. Stratégiai szempontból a lényege, hogy a korábban a hatékonyságot a biztonsági szempontokkal szemben preferáló üzleti modellek megváltoztatását igyekszik ösztönözni és számos eszközzel támogatni, a politikai, és hangsúlyosan a védelempolitikai és nemzeti biztonsági célok hatékony elérése érdekében. A gyakorlati cél az ipari gyártókapacitások növelése, a technológiai színvonal és a készenléti képességek növelése mellett. A legutolsó Ipari Képességek Jelentés szerint a következő négy részből álló program lesz megvalósítva a következő védelmi ipari stratégia keretében:

¹⁰³ OUSD A&S 2018, 4-5.

1. Külföldi védelmi ipari gyártás és ellátási láncok visszatelepítése az USA és megbízható szövetségesei területére, kezdve a mikroelektronikával és a hajóépítési képességek helyreállításával.
2. Modern gyártási és mérnöki mukaerőbázis és kutatás-fejlesztési bázis kiépítése.
3. A védelmi beszerzési módszerek modernizálásának folytatása.
4. Civil innovációk és az állami források és igények összehangolása.¹⁰⁴

A *verseny növelése a védelmi iparban* a védelmi minisztérium egyik legfontosabb prioritása. A verseny kritikus a gazdasági, és a nemzeti biztonság szempontjából; ösztönzi a technológiai innovációkat, csökkenti az árakat és növeli a minőséget. A minisztérium célja, hogy növelje a versenyt, növelje a hazai kapacitásokat, elsősorban a KKV-k nagyobb részvételével, és megszüntesse a képesség- és kapacitásrészeket a hazai védelmi ipari és technológiai bázisban. A minisztérium ehhez öt prioritási szektort határozott meg: mikroelektronika; rakéták és lőszer; nagy kapacitású akkumulátorok; öntészet és kovácsolás; kritikus ásványok és anyagok. A célok megvalósítása a következő területekre fókuszál: felvásárlások és összeolvadások erőteljesebb szabályozása; ipari jogokkal kapcsolatos korlátozó üzletkötési gyakorlatok kezelése; új belépők számának növelése; szektor specifikus ellátási lánc reziliencia-programok megvalósítása.¹⁰⁵

Az *ellátási láncok rezilienciája* a védelempolitikában évtizedek óta nem látott módon központba került az utóbbi években.¹⁰⁶ 2022-ben kidolgozásra került egy akcióterv (Securing Defense Critical Supply Chains Action Plan), amiben a prioritási területek nagyban hasonlók a verseny növelésének prioritási területeivel. Ezek a fókusz területek a kinetikus képességek (elsősorban rakéta technológiák, beleértve a hiperszonikus fegyvereket, és az irányított energia fegyverek); energia-tárolás és akkumulátorok (nagy kapacitású akkumulátorok, különösen a lítium akkumulátorok); öntészet és kovácsolás (fémek, kompozitok és szerszámok); mikroelektronika.¹⁰⁷ A minisztérium átfogó intézkedési tervcsomagot dolgozott ki az ellátási láncok rezilienciájának növelésére, aminek végső stratégiai célja a védelmi ipari bázis megújítása és az innovációban világelső pozíciójának megtartása. Ennek

¹⁰⁴ OSD A&S Industrial Policy 2021, 8-9.

¹⁰⁵ OUSD A&S 2022, 1-2.

¹⁰⁶ U.S. DoD 2022 c) 6.

¹⁰⁷ U.S. DoD 2022 c) 2.

keretében növelni fogja a hazai gyártási kapacitásokat; a szövetségeivel és partnereivel közös megállapodásokat és politikákat dolgoz ki; folyamatosan vizsgálja a külföldi tulajdont, ellenőrzést és befolyást a védelmi ipari vállalatoknál, ezekkel szemben védi a piacokat és elhárítja az ezekhez kapcsolódó fenyegetéseket; növeli az ellátási láncok átláthatóságát újabb adatgyűjtési módszerek alkalmazásával; aggregálja és a védelmi ipar számára a legkorábbi lehetséges fázisban jelzi a védelmi minisztérium várható igényeit; közös szttenderdeket dolgoz ki, és ahol lehetséges a specifikus katonai igényeket limitálja; modernizálja a beszerzési metódusait, a védelmi ipari kapacitások növekedését ösztönző szempontok fókuszba helyezésével.¹⁰⁸

A *kritikus technológiákkal* kapcsolatos védelempolitikai célokat a 2023. évi Nemzeti Védelmi Tudományos és Technológiai Stratégiában (2023 National Defense Science and Technology Strategy) dolgozták ki. A stratégia célja az USA versenyelőnyének növelése; nemzeti biztonságának és nemzetközi befolyásának növelése. Ennek érdekében a fő célok a meglévő és új technológiákkal kapcsolatos folyamatos informáltság elérése, ehhez új rendszerek, folyamatok és intézmények létrehozása; a kritikus technológiák minél gyorsabb és hatékonyabb adaptációja és rendszerbeállítása a megfelelő időben és mennyiségben; valamint a kritikus technológiák védelme.¹⁰⁹ Az USA megközelítésében legfontosabb kritikus technológiák listáját a stratégia és a folyamatosan frissített kritikus és feltörekvő technológiák lista (Critical and Emerging Technologies – CET List) tartalmazza.¹¹⁰ Az NDS szerint az új technológiák nemcsak lehetőségeket jelentenek a védelemben, hanem újabb biztonsági fenyegetéseket is keletkeztetnek. Emellett az USA vezető szerepe a feltörekvő technológiák területén egyre növekvő kihívásokkal szembesül a stratégiai versenytársak részéről, akik ismerik ezen technológiák gazdasági és katonai előnyeit, és átfogó nemzeti stratégiákat fogadtak el az ezeken a területeken való vezető szerep elérése érdekében (elsősorban Kína). Az USA Hírszerző Közösségének (US Intelligence Community – IC) 2021. évi fenyegetés-értékelése szerint, a jövőben az új technológiai fejlesztések egyre több országból és egyre váratlanabban fognak megjelenni, ami jelentősen komplikálni fogja a versenyt. Noha az ilyen technológiák demokratizálódása hasznos lehet, azonban ez gazdasági, társadalmi és katonai szempontból is destabilizáló lehet. Ezért bizonyos technológiák fejlődésére az USA külön figyelmet fordít, a technológiák pályájának

¹⁰⁸ U.S. DoD 2022 c) 3.

¹⁰⁹ U.S. DoD 2023, 2-3.

¹¹⁰ The White House 2022 a), 1-2.

előrejelzése és a biztonságra gyakorolt következményeik megértésére érdekében.¹¹¹ Az USA Nemzeti Elhárítási és Biztonsági Központja (National Counterintelligence and Security Center – NCSC) nemrég közétette azoknak a technológiáknak a listáját, amiket az USA gazdasági biztonsága és nemzetbiztonsága szempontjából a legnagyobb hatásúaknak tart. A jelentés szerint „ezek a technológiák fogják meghatározni, hogy az USA marad-e a világ vezető szuperhatalma, vagy a stratégiai versenytársai az elkövetkező években megelőzik”. Ezek a technológiai szektorok elsősorban (de nem kizárólag) a mesterséges intelligencia, bioökonómia, autonóm rendszerek, kvantumtechnológia, félvezetők.¹¹²

Összefoglalás

A globális biztonsági környezet az elmúlt évtizedben folyamatosan romlott, ami napjainkra azt eredményezte, hogy a védelmi kiadások hosszabb ideje globálisan növekednek, a militarizáció szintje nő, a hatalmi képességekben a katonai erő jelentősége nő, és a nukleáris fenyegetés szintje is növekedhet. A technológiai fejlődés eredményei folyamatosan formálják a környezetet, azonban a pozitív hatások mellett újabb kockázatokat és fenyegetéseket is keletkeztetnek. Az új technológiák, különösen a kritikus technológiák, hatással vannak a hadviselés módjára, a védelmi képességek előállítására, megváltoztatják a fenyegetések természetét, növelik a haderők és a társadalmak sérülékenységét. A technológiai vezető szerep és a védelmi technológiai fejlesztések – mint a gazdasági vezető szerep és a katonai fölény megszerzésének vagy megtartásának eszközei –, kulcstényezővé váltak a nagyhatalmak közötti erőviszonyokban. Oroszország Ukrajna elleni agressziójával és a kínai-orosz stratégiai megállapodással pedig a nagyhatalmi verseny visszatérése egyértelművé vált. A jelenlegi biztonsági környezetben az USA stratégiai gondolkodását és védelempolitikáját a nagyhatalmi verseny határozza meg. Az USA egyetlen stratégiai versenytársának Kínát tartja, Oroszország, mint akut fenyegetés az egyértelmű második helyre került. A védelempolitikai célokkal együtt a védelmi ipari bázissal szemben támasztott igények és kereslet is jelentősen megváltoztak. Az USA stratégiai szinten egy (vagy több) hasonló képességű állami ellenféllel folytatott hosszú ideig tartó, magas intenzitású konfliktusra transzformálja és készíti fel nemcsak a

¹¹¹ NCSC 2021, 1.

¹¹² NCSC 2021, 1.

haderejét, hanem a teljes védelmi ökoszisztémáját, továbbá az összemzeti képességeket és kiemelten a nukleáris képességeket magas szinten igénybe vevő integrált elrettentésre. Stratégiai céljaiban az USA azokra a területekre támaszkodik, ahol meglévő fölénye van, ezek között egyedülálló szövetségi rendszerére és partnereire, valamint a hazai és globális védelmi ipari bázisára. Ezért az aktuális védelempolitikai felfogásban, a reziliens védelmi ipar az USA hatalmának kritikus eleme. Mindez a korábbiakhoz képest nagyobb kapacitású, magasabb készenlétű, robosztusabb és reziliens védelmi ipari bázist igényel. Az USA védelmi ipara jelenleg a globális vezető szerepet birtokolja, de strukturális kihívásokkal küzd, amik kockázatot jelentenek a védelempolitikai célok sikeres elérése tekintetében. Továbbá, a megváltozott kereslethez képest kisebb a kapacitása, és jelenleg nem a gyors mobilizálásra van optimalizálva. Közben az USA technológiai vezető szerepének és globális katonai fölényének fenntartását is hatékonyan támogatnia kell. Mindezen tényezők miatt a védelmi ipari bázis fejlesztése magas szintű prioritás. A fejlesztési törekvések nemcsak a védelempolitikát, hanem az iparpolitikát és más kapcsolódó politikákat is érintik, de elsődleges a védelmi minisztérium szerepe. Az aktuális programok és intézkedések négy fő téma köré csoportosíthatóak: ipari gyártóbázis megerősítése; védelmi iparban a verseny növelése; ellátási láncok biztonságának és rezilienciájának növelése; kritikus technológiák és védelmük. A védelmi minisztérium jelenlegi fókuszai, amik a védelmi ipari bázist is jelentősen érintik: az USA elrettentő képességeinek megerősítése; együttműködés a szövetségesekkel és partnerekkel; a védelmi minisztérium legérzékenyebb rendszerei, szolgáltatásai és részegységei, (beleértve a mikroelektronikai termékeket) törekény és sérülékeny ellátási láncainak megerősítése; reziliencia fokozása a védelmi ipari bázisban; kutatás-fejlesztés és prototípusok létrehozásának felgyorsítása, valamint műveleti szempontból lényeges új technológiák rendszerbeállításának felgyorsítása; hadjáratok és gyakorlatok tervezése és végrehajtása a műveleti koncepciók modernizálása és pontosítása érdekében.¹¹³ A fejlesztési törekvéseket a védelmi költségvetések is támogatják, a védelmi kiadások folyamatosan nőnek, a költségvetési stabilitás és előrejelzethezesség egyre nagyobb prioritást kap, az iparág érdekeinek megfelelően. Folyamatban van az iparaggal szembeni korlátozó szabályozások és rendszerek leépítése, valamint erőteljesebb beavatkozással és célzott befektetésekkel a védelmi ipari bázis fejlesztésében a nagyobb állami szerepvállalás. A védelmi ipari bázist érintő kihívások, az azokhoz kapcsolódó védelempolitikai célok és a legutolsó védelmi költségvetések összhangban vannak (a 2024.

¹¹³ NDIA 2023, 11.

évi védelmi költségvetési előterjesztés a mindenkori legstratégiaivezéreltebb költségvetés a védelmi minisztérium szerint). A megnövekedett kereslet önmagában is komoly ösztönző az iparág fejlődése tekintetében, ami jelentős organikus fejlődést is eredményezhet egy olyan fejlett képességekkel rendelkező iparág esetén, mint az USA védelmi ipara, de a fennálló belső és külső gazdasági, technológiai, és biztonsági kihívások is nagyon jelentősek. Az Ukrajnának nyújtott támogatások is jelentős nyomást helyeznek a védelmi ipari bázisra jelenleg, a Kínával való verseny pedig az ipari és innovációs kapacitásokat és a teljes nemzetközi erőt igénybe veszi.

Felhasznált irodalom

Atlantic Council experts: Can the US keep pace with increasing global threats? Our experts decode the National Defense Strategy. 2022. november 4. <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/can-the-us-keep-pace-with-increasing-global-threats-our-experts-decode-the-national-defense-strategy/> (Letöltés ideje: 2023.03.11.)

Atlantic Council experts: Eight things you need to know about the new US National Defense Strategy. 2022. október 27. <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/eight-things-you-need-to-know-about-the-new-us-national-defense-strategy/> (Letöltés ideje: 2023.03.11.)

Benecki, Nancy: Industrial Base Strength Necessary for Future DOD Success. 2023. május 9. <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/3389621/industrial-base-strength-necessary-for-future-dod-success/> (Letöltés ideje: 2023.05.10.)

Brands, Hal: How the American War Machine Ran Out of Gas. 2023. május 3. <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2023-05-03/ukraine-russia-war-how-the-american-war-machine-ran-out-of-gas?srnd=premium-europe&leadSource=uverify%20wall> (Letöltés ideje: 2023.05.04.)

Budavári Krisztina 2021. *A magyar védelmi ipar helyzete és fejlődési lehetőségei*. Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság.

Budavári Krisztina 2023. A védelmi ipar és a nemzetbiztonság kapcsolata az aktuális 21. századi környezetben. *Nemzetbiztonsági Szemle* 11 (1): 34-48. (Letöltés ideje: 2023.05.20.)

Clark, Maiya 2023. *NDA 2024: Increasing the Readiness of the U.S. Military. Special Report No. 269*. The Heritage Foundation, Center for National Defense. 2023. március 22. <https://www.heritage.org/sites/default/files/2023-03/SR269.pdf> (Letöltés ideje: 2023.04.09.)

Congressional Research Service: Defense Primer: U.S. Defense Industrial Base. 2023. április 17. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF10548> (Letöltés ideje: 2023.05.01.)

Congressional Research Service: Great Power Competition: Implications for Defense – Issues for Congress. 2022. november 8. <https://s3.documentcloud.org/documents/23288427/great-power-competition-implications-for-defense-issues-for-congress-nov-8-2022.pdf> (Letöltés ideje: 2023.05.01.)

Cook, Ellie: Kinzhal Missile Makers 'Deceived' Putin, Says Ukrainian Ex-Intel Chief. 2023. május 22. <https://www.newsweek.com/kinzhal-missile-developers-arrested-russia-vladimir-putin-ukraine-1801706> (Letöltés ideje: 2023.05.22.)

Defense News: Top 100 for 2022. <https://people.defensenews.com/top-100/> (Letöltés ideje: 2023.03.07.)

Deloitte 2023. *2023 aerospace and defense industry outlook*. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/aerospace-and-defense-industry-outlook.html> (Letöltés ideje: 2023.01.09.)

Gentile, Gian, Shurkin, Michael, Evans, Alexandra T., Gisé, Michelle, Hvizda, Mark, Jensen, Rebecca 2021. *A History of the Third Offset, 2014–2018*. Santa Monica: RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA454-1.html#:~:text=The%20Third%20Offset%20was%20less%20a%20military%20strategy,of%20positive%2C%20inspired%20leadership%20in%20effecting%20organizational%20change (Letöltés ideje: 2023.02.07.)

Harding, Emily, Ghoorhoo, Harshana 2023. *Seven Critical Technologies for Winning the Next War*. Washington: Center for Strategic & International Studies. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/2023-04/230418_Harding_Seven_Technologies.pdf?VersionId=6hX.4AMVDVIF5zOy.YLAYiD.MMUXaxx (Letöltés ideje: 2023.05.01.)

Institute for Economics & Peace 2021. *Global Peace Index 2021. Measuring Peace in a Complex World*. Sydney. <https://www.visionofhumanity.org/wp-content/uploads/2021/06/GPI-2021-web-1.pdf> (Letöltés ideje: 2023.03.08.)

Institute for Economics & Peace 2022. *Global Peace Index 2022. Measuring Peace in a Complex World*. Sydney.

<https://www.economicsandpeace.org/wp-content/uploads/2022/06/GPI-2022-web.pdf> (Letöltés ideje: 2023.03.08.)

International Institute for Strategic Studies (IISS) 2022. *The Military Balance 2022*. Routledge.

Kaiser Ferenc 2017. Az erőketítés, mint az állam speciális érdekérvényesítő eszköze. In Göcze István (szerk.): *Az igazságos háború elvétől az igazságos békéig*. 55-72. Budapest: Dialóg Campus.

Liddell Hart, Basil H. 2002. *Stratégia*. Budapest: Európa.

Lopez, Todd C.: DOD Report: Consolidation of Defense Industrial Base Poses Risks to National Security. DOD News, 2022. február 16. <https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/2937898/dod-report-consolidation-of-defense-industrial-base-poses-risks-to-national-sec/> (Letöltés ideje: 2023.02.10.)

Marakhonov, Vladimir: How Chinese military aid to Russia could lead to a strategic reversal of nuclear forces. 2023. április 17. <https://the-bulletin.org/2023/04/how-chinese-military-aid-to-russia-could-lead-to-a-strategic-reversal-of-nuclear-forces/#post-heading> (Letöltés ideje: 2023.05.01.)

McDougall, Shaun: A Look Inside the Pentagon's FY24 Acquisition Budget Request. 2023. április 6. <https://dsm.forecastinternational.com/wordpress/2023/04/06/a-look-inside-the-pentagons-fy24-acquisition-budget-request/> (Letöltés ideje: 2023.04.09.)

National Counterintelligence and Security Center (NCSC) 2021. *NCSC Fact Sheet – Protecting Critical and Emerging U.S. Technologies from Foreign Threats*. https://www.dni.gov/files/NCSC/documents/SafeguardingOurFuture/FINAL_NCSC_Emerging%20Technologies_Factsheet_10_22_2021.pdf (Letöltés ideje: 2022.04.11.)

National Defense Industrial Association (NDIA) 2022. *Vital Signs 2022. The Health and Readiness of the Industrial Base*. Arlington: National Defense Industrial Association. https://www.ndia.org/-/media/vital-signs/2022/vital-signs_2022_final.pdf?download=1 (Letöltés ideje: 2023.03.11.)

National Defense Industrial Association (NDIA) 2023. *Vital Signs 2023. Posturing the U.S. Defense Industrial Base for Great Power Competition*. Arlington: National Defense Industrial Association. https://www.ndia.org/-/media/vital-signs/2023/ndia_vitalsigns2023_final_v3.pdf (Letöltés ideje: 2023.03.11.)

Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment – Office of the Deputy Assistant Secretary of Defense for Industrial Policy (OUSD A&S) 2018. *Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States. Report to President Donald J. Trump by the Interagency Task Force in Fulfillment of Executive Order 13806.* Washington: Department of Defense. <https://media.defense.gov/2018/Oct/05/2002048904/-1/-1/1/ASSESSING-AND-STRENGTHENING-THE-MANUFACTURING-AND%20DEFENSE-INDUSTRIAL-BASE-AND-SUPPLY-CHAIN-RESILIENCY.PDF> (Letöltés ideje: 2019.09.01.)

Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment (OUSD A&S) 2022. *Department of Defense Report. State of Competition within the Defense Industrial Base.* Washington: Department of Defense. <https://media.defense.gov/2022/Feb/15/2002939087/-1/-1/1/STATE-OF-COMPETITION-WITHIN-THE-DEFENSE-INDUSTRIAL-BASE.PDF> (Letöltés ideje: 2023.03.07.)

OSD A&S Industrial Policy 2021. *Fiscal Year 2020 Industrial Capabilities Report to Congress.* Washington: Department of Defense. <https://media.defense.gov/2021/Jan/14/2002565311/-1/-1/0/FY20-INDUSTRIAL-CAPABILITIES-REPORT.PDF> (Letöltés ideje: 2023.02.10.)

Scowcroft Strategy SCORECARD. Does the Biden administration's National Defense Strategy made the grade? <https://www.atlanticcouncil.org/content-series/scorecard/does-the-biden-administrations-national-defense-strategy-make-the-grade/> (Letöltés ideje: 2023.03.11.)

Starling, Clementine G., Jestrab, Marek, Siegel, Julia: Money talks: Here's what the president's budget says about the US military edge. 2023. május 16. <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/money-talks-heres-what-the-presidents-budget-says-about-the-us-military-edge/> (Letöltés ideje: 2023.05.16.)

STIMSON: Experts React: The Biden Administration's National Defense Strategy. 2022. november 2. <https://www.stimson.org/2022/experts-react-the-biden-administrations-national-defense-strategy/> (Letöltés ideje: 2023.03.11.)

Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI): Global nuclear arsenals are expected to grow as states continue to modernize – New SIPRI Yearbook out now. 2022. június 13. <https://www.sipri.org/media/press-release/2022/global-nuclear-arsenals-are-expected-grow-states-continue-modernize-new-sipri-yearbook-out-now> (Letöltés ideje: 2023.05.01.)

Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) 2022. *The Sipri Top 100 Arms-producing And Military Services Companies, 2021*. https://sipri.org/sites/default/files/2022-12/fs_2212_top_100_2021.pdf (Letöltés ideje: 2023.05.01.)

Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) 2023. a) *Trends in International Arms Transfers, 2022*. <https://www.sipri.org/publications/2023/sipri-fact-sheets/trends-international-arms-transfers-2022> (Letöltés ideje: 2023.05.01.)

Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) 2023. b) *Trends in world military expenditure, 2022*. https://www.sipri.org/sites/default/files/2023-04/2304_fs_milex_2022.pdf (Letöltés ideje: 2023.05.01.)

The White House 2017. *National Security Strategy of the United States of America*. Washington: The White House. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf> (Letöltés ideje: 2023.02.16.)

The White House 2022. a) *Critical and Emerging Technologies List Update*. Washington: The White House. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf> (Letöltés ideje: 2023.03.07.)

The White House 2022. b) *National Security Strategy*. Washington: The White House. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/Biden-Harris-Administrations-National-Security-Strategy-10.2022.pdf> (Letöltés ideje: 2023.02.10.)

U.S. Department of Defense (U.S. DoD) 2022. a) *DoD Strategic Management Plan, Fiscal Years 2022-2026*. Washington: U.S. Department of Defense. https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/221101_DoD_StratPlan_MarkUp.pdf?XZZWmAcTr2uGA3XmS33yN9qMP9nYohyr (Letöltés ideje: 2023.02.07.)

U.S. Department of Defense (U.S. DoD) 2022. b) *National Defense Strategy of the United States of America Including the 2022 Nuclear Posture Review and the 2022 Missile Defense Review*. Washington: U.S. Department of Defense. <https://media.defense.gov/2022/Oct/27/2003103845/-1/-1/2022-NATIONAL-DEFENSE-STRATEGY-NPR-MDR.PDF> (Letöltés ideje: 2023.02.07.)

U.S. Department of Defense (U.S. DoD) 2022. c) *Securing Defense-Critical Supply Chains. An action plan developed in response to President Biden's Executive Order 14017*. Washington: U.S. Department of Defense. <https://media.defense.gov/2022/Feb/24/2002944158/-1/->

1/1/DOD-EO-14017-REPORT-SECURING-DEFENSE-CRITICAL-SUPPLY-CHAINS.PDF (Letöltés ideje: 2023.02.07.)

U.S. Department of Defense (U.S. DoD) 2023. *2023 National Defense Science and Technology Strategy. Sharpening Our Competitive Edge.* Washington: U.S. Department of Defense. <https://media.defense.gov/2023/May/09/2003218877/-1/-1/0/NDSTS-FINAL-WEB-VERSION.PDF> (Letöltés ideje: 2023.05.07.)

U.S. Department of Defense (U.S. DoD): Department of Defense Releases the President's Fiscal Year 2024 Defense Budget. 2023. március 13. <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3326875/department-of-defense-releases-the-presidents-fiscal-year-2024-defense-budget/> (Letöltés ideje: 2023.04.09.)

World Economic Forum (WEF) 2023. *The Global Risks Report 2023. 18th Edition.* Geneva: World Economic Forum. [https://www3.weforum.org/docs/WEF Global Risks Report 2023.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf) (Letöltés ideje: 2023.05.07.)

Ficsor Botond¹ – Hegedűs Ernő²

A 3D FÉMNYOMTATÁS ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA MALE-KATEGÓRIÁJÚ UAV-DÍZELMOTOR FEJLESZTÉSRE

**3D nyomtatással gazdaságosan gyártható könnyített
szerkezetű alkatrészek és részegységek a repülő
szakterületen**

**INVESTIGATING THE APPLICABILITY OF 3D METAL
PRINTING FOR THE DEVELOPMENT OF A MALE
CATEGORY UAV DIESEL ENGINE**

3D printing can be used to economically manufacture
lightweight components and subassemblies in the
aeronautical field.

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-038](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-038)

Összefoglalás

A cikk a 2022-2023. évi orosz-ukrán háborúban alkalmazott UAV-típusok alapján állapít meg fejlődési trendeket a felfegyverzett MALE UAV-kategóriában. Napjaink katonai UAV-alkalmazásának legfontosabb kategóriája a felfegyverzett MALE UAV, amelyre jó példa a török Bayraktar TB-2. 2023-ra felmerült az UAV-k tömeggyártásának igénye, ezért aktuális kérdés az UAV-részegységgyártás gyártástechnológiai vonatkozásainak kutatása, különös tekintettel az olyan új területekre, mint a 3D nyomtatás. A MALE UAV-kategória fejlesztésének egyik fontos területe az erőforrás. A gépjármű-turbódízelmotorok technikai fejlődése lehetővé tette, hogy ezeket az erőforrásokat minimális célszerű átalakítással könnyű repülőgépekbe és MALE UAV-kbe építsék be. Ez gaz-

¹ Ficsor Botond NKE Hadtudományi es Honvédtisztképző Kar, Katonai logisztika alapképzési szak, Haditechnikai specializáció, hallgató.

² Dr. Hegedűs Ernő alezredes, PhD, NKE Hadtudományi es Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék, adjunktus. ORCID: 0000-0001-8457-5044

daságos UAV-tömeggyártási megoldás lenne, azonban a turbódízel-motorok tömege repülőszakmai szempontból még mindig nagy. A dízelmotorokhoz 3D nyomtatással könnyített szerkezetű alkatrészek és részegységek gyárthatók, amelyet a generatív tervezés, a topológiai-lag optimalizált kialakítás és a zárt belső cellák alkalmazása tesznek lehetővé. A cikk bemutatja a 3D fémnyomtatást, mint a gépjármű-turbódízelmotorok tömegcsökkentésének eszközét, amely fokozhatja elterjedésüket a repülőipari alkalmazásban.

Kulcsszavak: 3D nyomtatás, UAV-fejlesztés, turbódízelmotor, felfegyverzett MALE UAV, orosz-ukrán háború

Abstract

The article identifies trends in the development of the armed MALE UAV category based on the types of UAVs to be used in the Russian-Ukrainian war 2022-2023. Today's most important category of military UAV applications is the armed MALE UAV, of which the Turkish Bayraktar TB-2 is a good example. By 2023, the need for mass production of UAVs has emerged, so research into the production technology aspects of UAV component manufacturing is a topical issue, with a particular focus on new areas such as 3D printing. The engine is an important area for developing the MALE UAV category. Technical advances in automotive turbo-diesel engines have made it possible to incorporate these engines into light aircraft and MALE UAVs with a minimum of modification. This would be an economical UAV mass production solution, but the mass of turbo-diesel engines is still high from an aeronautical-engineering point of view. For diesel engines, 3D printing can be used to produce lightweight structural parts and sub-assemblies, enabled by generative design, topologically optimized design, and closed internal cells. This article presents 3D metal printing to reduce the mass of automotive turbodiesel engines - which could increase their uptake in aerospace applications.

Keywords: 3D printing, UAV development, turbo diesel engine, armed MALE UAV, Russian-Ukrainian war

Bevezetés

Napjaink hadviselését tömeges UAV-alkalmazás jellemzi (UAV: Unmanned Aerial Vehicle – Pilóta nélküli légi jármű). 2023-ra felmerült az UAV-k tömeggyártásának igénye. „Afganisztánban, Irakban, Koszovó-

ban ... a drón-alkalmazás, amelyet most látunk az orosz–ukrán háborúban, még nem jelent meg.”³ Korszakhatárhoz értünk. A változás a hadviselésben – melyet az UAV-k tömeges alkalmazása hozott el – 2020-2023 között szinte kézzelfoghatóan tapintható. A 2020. évi azeri-örmény háborúban magas örmény harckocsiveszteségek és gyors lefolyású háború jellemezte az UAV-k tömeges bevetését.⁴ A 2022-2023. évi orosz-ukrán háború során pedig alapjaiban változtatja meg a korszerű hadviselést az UAV-k elterjedése és széleskörű alkalmazása. Az UAV-alkalmazás mennyiségi mutatói az orosz és az ukrán haderőben ma még csak becsülhetők – pontos számot nem tudunk.

Az orosz alkalmazású UAV-típusok összmennyisége mintegy 3000 db. Az orosz hadiipar UAV-gyártókapacitása véges, a polgári (pl. mezőgazdasági stb.) drónok átalakítását tömegesen nem alkalmazzák, ehelyett importálnak. Példaként: a 2022 októberében megindult tömeges orosz dróncsapáshoz iráni gyártmányú Shahed-136 kamikaze drónokat és/vagy azok orosz klónját, a Gerad-2 típust használták.

Azonban az ukrán haderő UAV-inek száma becsülhetően mintegy 100 000 lehet – eddig ilyen tömeges drónalkalmazással járó háborúra még nem volt példa. Az átalakított polgári drónok aránya a teljes UAV-flottán belül jelentős. A polgári drónok katonai célú átalakítását – más cégek mellett - pl. az Aerorozvidka ukrán cég végzi, ipari méretekben.

Az 1. és 2. táblázatok adatai alapján megállapítható, hogy a felfegyverzett MALE (Medium-Altitude Long-Endurance – közepes magasságú, nagy hatótávolságú) UAV-kategóriát (Bayraktar, Orion, Mohajer-6, Forprost-RU, Shahed-129 stb.) mind az orosz, mind az ukrán haderő alkalmazza a 2022-2023. évi orosz-ukrán háborúban.

Fel kell hívni a figyelmet arra is, hogy a fejlesztések homlokterében egyebek mellett immár a lopakodóképesség áll, melyet számos megoldással (kompozitanyagok, speciális sárkányszerkezeti geometria, behúzható futómű, belső bombakamra, bevonatok stb.) fokozhatnak (pl.: GA-ASI Eaglet, amely típust már lopakodó sárkányszerkezeti geometria jellemez).

³ Böröndi Gábor: Az orosz-ukrán háború új helyzetet teremtett, és erre a Magyar Honvédségnek is fel kell készülnie. Interjú. Híradó.hu 2023.05.09. <https://hirado.hu/belfold/cikk/2023/05/09/borondi-gabor-az-orosz-ukran-haboru-uj-helyzetet-teremtett-es-erre-a-magyar-honvedsegnek-is-fel-kell-keszulnie> (Letöltve: 2023.05.30.)

⁴ A jelenlegi generációs harckocsikonstrukció nincs felkészítve felülről érkező csapásra, és ez a felfegyverzett UAV-k, loitering munition-ok (cirkálólőszer) harcászati eredményességének egyik oka.

AZ OROSZ-UKRÁN HÁBORÚBAN ALKALMAZOTT FONTOSABB OROSZ
UAV-TÍPUSOK

1. számú táblázat

Típus (angol átírásban)	Gyártó	Képesség
Mikojan Skat	orosz	merevszárnyú gázturbinás felfegyverzett lopakodó UAV
Mirage-532	iráni	loiter munition (cirkálólövedék ⁵)
Zala Lancet-3	orosz	loiter munition (cirkálólövedék)
Forpost-RU	orosz	felderítő/fegyveres változat
Sokol Altius (Altair)	orosz	merevszárnyú felfegyverzett
Lastochka-M	orosz	merev szárnyú katapultindítású felfegyverzett elektromos hajtású
Merlin	orosz	felderítő UAV
Ohotnyik	orosz	merevszárnyú gázturbinás felfegyverzett lopakodó UAV
Shahed-129	iráni	merevszárnyú felderítő/felfegyverzett UAV
Takhion	orosz	merevszárnyú
Eleron-3SV	orosz	merevszárnyú felderítő/célmegjelölő
Zala 421-08	orosz	merevszárnyú mikro UAV
Kronshtadt Orion és változatai: Heliosz és Szíriusz	orosz	merevszárnyú felfegyverzett
Qods Mohajer-6	iráni	merevszárnyú felfegyverzett
Orlan-10	orosz	merevszárnyú tűzérési felderítő
Shahed-136 (ill. orosz változat: Gerad-2)	iráni	kamikaze drón
Mugin-5	kínai	merevszárnyú átalakítva

⁵ A szó szerinti fordításban „cirkálólövedék” egyfajta járőröző és célkereső kamikaze drón.

AZ OROSZ-UKRÁN HÁBORÚBAN ALKALMAZOTT FONTOSABB UKRÁN
UAV-TÍPUSOK

2. számú táblázat

Típus	Gyártó	Képesség
Black Hornet	brit	mikrodron
Mugin-5	kínai	merevszárnyú felderítő
FlyEye	WB Electronics SA	kézi indítású felderítő UAV
Warmate	lengyel	loither munition (cirkáló-lövedék)
Phoenix Ghost	amerikai	loither munition (cirkáló-lövedék)
Bayraktar TB-2	török	merevszárnyú felfegyverzett UAV
Switchblade 300 és 600	amerikai	loither munition (cirkáló-lövedék)
DJI Mavic 3	kínai	quadrokopter átalakítva
Quantum Systems Vector/Scorpion	német	VTOL UAV
Swarmly Poseidon H10/H6	ciprusi	merevszárnyú felfegyverzett
Tu-141 Sztrizs	ex-szovjet	gázturbinás UAV
Leleka-100	ukrán	merevszárnyú UAV
A1-SM Fury	ukrán	katapultos-ejtőernyős
ST-35 Silent Thunder	amerikai	loitering munition (cirkáló-lövedék)
Boeing Insitu Scan Eagle	amerikai	merevszárnyú UAV
UKRJET UV-22	ukrán	merevszárnyú felfegyverezhető
PD-2	ukrán	merevszárnyú VTOL felderítő

Azonban arra is célszerű rámutatni, hogy az ukrainai orosz hadművelet kezdete óta az ukrán fegyveres erők 3000 drónját semmisítették meg az oroszok – az UAV tehát sebezhető.



1. számú ábra. MALE-kategóriájú, turbódízelmotoros orosz Orion UAV és Kornet rakéta⁶

Az UAV okozta változások a hadviselésben az alábbi területeken realizálódnak:

- hangsúlyossá vált a felfegyverzett UAV-k alkalmazása (pl.: Bayraktar TB2);
- az UAV tömeges (több száz, több ezer nagyságrendű) alkalmazása a jellemző, melynek alapja – mennyiségi szempontból – a polgári drónok átalakítása, felfegyverzése);
- az azeri-örmény háborúban megjelent 60-70 db UAV vegyes, lépcsőzött harcrendben (katonai szervezetben: ezred, zászlóalj) szervezése és alkalmazása – azaz megkezdődött az UAV „fegyvernemmé válásának” folyamata;
- jellemző a loitering munition (cirkáló lövedék) UAV-kategória megjelenése, elterjedése.

⁶ Orion-E UAV showcased with Kalashnikov Vikhr missile at MAKS
<https://www.armadainternational.com/2021/08/orion-e-uav-showcased-with-kalashnikov-vikhr-missile-at-maks/> (Letöltés: 2023.06.13.)



2. számú ábra. MALE-kategóriájú, 115 LE-s dugattyús motorral hajtott iráni Mohajer-6 UAV négy rakétával⁷

Az UAV-alkalmazás tömegessé, hatékonyá válik a modern háborúban, azonban hangsúlyozni kell, hogy az UAV nem „csodafegyver”, vannak gyengeségei, ezért konstrukciója, illetve gyártástechnológiája egyaránt további folyamatos fejlesztést igényel. Például a felfegyverzett Bayraktar TB-2 MALE UAV jelentős eredményeket ért el az azeri-örmény háborúban, majd az orosz-ukrán háború első hónapjaiban is, ezt követően azonban – az orosz légvédelem, ill. C-UAV tevékenységeinek hatékonyabbá, szervezettebbé válása miatt – a Bayraktar veszteségei növekedni kezdtek.

Az utóbbi évtizedben ugyanis fejlődik a Counter UAV (C-UAV: Counter-UAV – UAV-elleni eszközök) eszközrendszere is, és egy olyan fejlesztési versenynek lehetünk tanúi, mint korábban (1916-tól) a harckocsi és a páncéltörő eszközök mai napig tartó, versenyt futó fejlődése (pl. Javelin páncéltörő rakéta). Ha tehát ma kezdene el egy haderő vagy gyártó cég, illetve intézet Bayraktar kategóriájú UAV-t fejleszteni, akkor a fentiek figyelembevételével már túl kellene haladnia a Bayraktar képességeit, paramétereit.

⁷ Qods Mohajer-6. https://en.wikipedia.org/wiki/Qods_Mohajer-6
(Letöltés: 2023.06.13.)



3. számú ábra. A Forpost-RU UAV-t felderítő és fegyveres változatban is üzemeltetik, utóbbinál a 85 LE-s motor 120 kg fegyverzet hordozását teszi lehetővé⁸

Fejlesztést célszerű végezni a védettség, a lopakodási képesség, a sebesség, a hatótávolság/járőrözési idő és a függeszthető fegyverzet tömegének/hatótávolságának növelése területén. Mindeközben fel kell készülni a nagy sorozatú gyártásra, lehetőleg minél több szabványos alkatrészsel és lehetőség szerint mérsékelt áron. Vajon megvalósítható a gyakran egymásnak ellentmondó, nehezen teljesíthető követelményekkel rendelkező fejlesztés? Mennyiben támogatja ezt:

- a korszerű anyagtechnológia (pl. a kompozitanyagok, kerámiák stb.) fejlődése;
- a korszerű gyártástechnológia (pl. a 3D nyomtatás, robotizált gyártás stb.) fejlődése?

Ezekre a kérdésekre törekszik választ adni jelen cikk. A tanulmány kiemelt területként vizsgálja a felfegyverzett drónok szerepét, különös tekintettel a Bayraktar UAV-kategóriára. Emellett kiemelt figyelmet szentel a fém 3D nyomtatás technológiai fejlődésének is – hiszen e területen a fejlődés igen dinamikus.⁹

⁸ Таёжный «Форпост»: военные дроны защитят Сибирь от пожаров и паводков <https://iz.ru/1010829/anton-lavrov-aleksei-ramm-roman-kretcul/taezhnyi-forpost-vo-ennye-drony-zashchitiat-sibir-ot-pozharov-i-pavodkov> (Letöltve: 2023.06.13.)

⁹ Hisham Abdel-Aal PhD.: Additive Manufacturing of Metals: Fundamentals and Testing of 3D and 4D Printing. 1st Edition. McGrawHill, new York, 2021. 480. p. ISBN 1260464342 illetve Ian Gibson - David Rosen - Brent Stucker – J. B. Speed: Additive Manufacturing Technologies - 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Department of Industrial Engineering, University of Louisville, Louisville, KY USA. Springer, 2nd. ed. 2015. ISBN: 978-1493921126



4. számú ábra. Az Aurora Flight Sciences UAV szerkezetének 80%-át 3D nyomtatással állították elő¹⁰

Általában a 3D nyomtatott alkatrészek alkalmazásának előnyei az UAV-kon sokrétűek, de elsősorban a szerkezetek tömegcsökkentése érhető el ezzel a gyártástechnológiával. Például a Markforged Onyx folyamatos szénszálerősítésű, vágott szénszállal dúsított PA6 mátrixanyag szilárdsága mintegy megközelítheti az öntött alumíniumét, ill. komplex geometriákkal alkalmas kompozit szerkezetek csomópontjainak kialakítására, szerkezeti tömeg csökkentésére – írja az Aircraft Technology című repülőgéptervezéssel foglalkozó könyv 2018-ban.¹¹ Vagy megemlíthető az Aurora Flight Sciences UAV gázturbinás hajtású, tolóerővektor-vezérléses drónjának gázsugárkormányja, amely magas hőállóságú 3D nyomtatott fém (melynek előállítására az ADAM - Atomic Diffusion Additive Manufacturing technológiájú 3D fémnyomtatás fokozottan alkalmas, akár inconel ötvözetrel (nikkel tartalmú hőálló ötvözet). Utóbbi megoldás – az aerodinamikai elven működő kormánysszervek kitérítési mértékének csökkentésével - a lopakodóképesség növelésében, a manőverezőképesség fokozásában és a kormányzás egyszerűsítésében is szerepet kaphat. (Az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék ilyen ADAM-elven működő, Markforged Metal X fémnyomtatóval foly-

¹⁰ 'World's fastest' 3-D printed drone takes flight.

<https://www.cnbc.com/2015/11/09/worlds-fastest-3-d-printed-drone-takes-flight.html> (Letöltve: 2023.06.13.)

¹¹ Melih Cemal Kushan: Aircraft Technology. IntechOpen, 2018. pp. 180. ISBN-13: 978-1789236446

tat kísérleteket, kutatásokat.) Ugyanakkor az additív gyártástechnológiának a dróniparban betöltött jövőbeni lehetséges kiemelt szerepére utal az is, hogy az Aurora Flight Sciences UAV szerkezetének 80%-át 3D nyomtatással állították elő (4. ábra).

1. A Bayraktar TB-2 szerkezete, alkalmazásának eredményessége és a típus által elszenvedett veszteségek a 2022-2023. évi orosz-ukrán háborúban

A Bayraktar TB-2 kompozitanyagszárnyainak fesztávolsága 12 méter, a gép hossza 6,5 méter, maximális felszálló tömege 650 kg. Rádióhatótávolsága 150 km, ilyen távolságból biztosított a széles sávú adatátvitel. A fedélzetén lévő 300 liter üzemanyaggal (benzin) 22 órán keresztül képes repülni. A motor egy háromtollú, változtatható állásszögű tolólégcsavart forgat, amely maximálisan 220 km/h sebesség elérését biztosítja; a gazdaságos utazósebessége 130 km/h. A Bayraktar felfegyverzett MALE UAV eredményességének fő oka: megfelelő mennyiségű fegyverzet, 60 kg rakéta és bomba megfelelő távolságra – mintegy 200 km hatótávolság mellett - kijuttatva. A felfegyverezhető változat szárnyai alatt négy függesztési pontot alakítottak ki. Két kis tömegű lézervezérlésű bombát és két 70 mm-es irányított bombát hordoz az egyszerű szerkezetű Bayraktar drón, amely az azeri-örmény és az orosz-ukrán háborúban is bebizonyította, hogy képes harckocsik megsemmisítésére is.



5. számú ábra. Bayraktar TB2 fegyverzete¹²

¹² Drónháború. Jetplanes. <https://jetplanes.blog.hu/2020/12/03/dronhaboru> (Letöltve: 2023.06.13.)

A Bayraktar fegyverzetét képező MAM típusú rakétákat a török Rokatsan cég szállítja. A 22 kg-os MAM-L félaktív lézeres önirányítású bomba (Mini Akilli Mühimmat Smart Micro Munition) egy rakétaformájú, 1 méter hosszú, 16 cm átmérőjű bomba, amely 22 kg tömegű, 8 km a hatótávolsága (14 km beépített navigációval). Lézeres rávezetésű, ket-tős robbanófeje kumulatív hatással rendelkezik reaktív páncéllal felszerelt harckocsik ellen. Több különböző harci résszel alkalmazható, (repsz-romboló, páncéltörő). A 70 mm-es MAM-C félaktív lézeres önirányítású bomba 7 kg tömegű, a TB-2 szenzortornyában lévő girostabilizált, kombinált lézeres távolságmérő és célmegjelölő segítségével „látják” a becsapódás kijelölt pontját. Az eszköz 8 km hatótávolságú. A 300 liter üzemanyag feltöltött mennyiségének felére csökkentésével a függeszthető fegyverzet tömege 150 kg-ig növelhető. Fegyverzete nem a harci repülőgépeken széles körben alkalmazott méretkategóriába tartozik, hanem annál jóval kisebb méretű – egyúttal jóval kisebb darabszámban gyártott – pusztító eszközökből tevődik össze. Erőforrása egy osztrák gyártmányú Rotax 912 típusú, négyhengeres benzínüzemű boxer hengerelrendezésű motor. Az 1211 cm³ hengerűrtalmú injektoros erőforrás vízhűtéses, maximális teljesítménye 74 kW (100 LE). A fejlett optikával felszerelt pilóta nélküli repülőgép 8000 méteres magasságban is tud működni. A maximális fordulatszáma 5800 1/min, a légcsavar 2400 percenkénti fordulatszámon üzemel. Futóművének fékrendszere a francia Berlinger Aero, az üzemanyagellátó rendszere a brit Andair terméke. Amerikai gyártmányú az EnerLinks III típusú adatátviteli modul (ViaSat), az LN-200 inerciális (Grumman) és a GCR 255 GPS (Garmin) navigációs berendezés, illetve a fedélzeti rendszerek csatlakozói és elosztói a szintén amerikai MilesTek gyártmányai. Az MX-15D-SW nappali és IR célmegfigyelő és kijelölő rendszer a kanadai WesCam-től származik, amely cég az amerikai L3Harris beszállítója. Számottevő még a német részegységek aránya. A magasságmérő pl. a Hensoldt terméke.

A törzs alatt felszerelt Wescam CMX-15D szenzortorony (FLIR-kúpola) televíziós, illetve infravörös képalkotó kamerával is rendelkezik, és HD minőségű színes képet biztosít a gép alatti területről. Nem tervezték behúzhatóra a gép futóműveit, kivéve az orrfutót, mivel az zavarta volna a kamerák működését. A megrendelő igénye alapján lehetséges fedélzeti lokátor (egyes források szerint külső függesztményként EO/IR/LD Multi Mode AESA radar) beépítése is.¹³

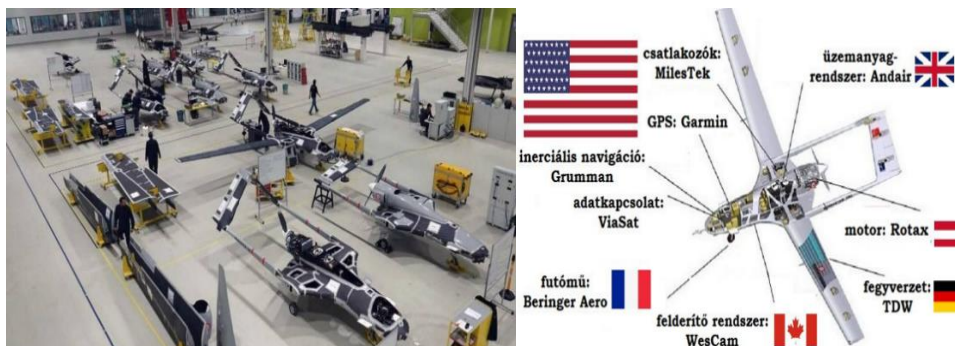
¹³ Hegedűs Ernő - Hennel Sándor - Végvári Zsolt: A Bayraktar drónok I-II. rész. Haditechnika 57. évf. 2023. évi 1. szám pp. 35.-39.

Kijev legalább 66 db Bayraktar TB-2-es drónt kapott Törökországtól (a teljes leszállított mennyiség valószínűleg 100 db alatt van). Az ukránok szerint a Bayraktar-ok összesen 120 harckocsit és egyéb „kemény” célt lőttek ki. Azonban a típus sebezhetőnek bizonyult, veszteségei növekedtek. A probléma: C-UAV-eszközök és -tevékenység terjedése, hatékony légvédelem, elektronikai harceszközök. Az egyik leghatékonyabb C-UAV-eszköz az orosz Krasukha-4 típusú elektronikai hadviselésre szolgáló berendezés, amely a zavaráson túlmenően képes az elektronikai eszközök maradandó károsítására is, maximálisan 300 km hatótávolságig, és amelyhez igazolt Bayraktar drónmegsemmisítés köthető.¹⁴ Az orosz haderőnek is van olyan korszerű légvédelmi rendszere, amely semlegesíteni képes a Bayraktart. Ilyen a Pancir-Sz1 önjáró csapatlégvédelmi, illetve az Sz-400 „Triumf” mobil légvédelmi rakétarendszer, amely parancsnoki járműből, föld-levegő rakétarendszerekkel felszerelt szállító-indítójárművekből és lokátoros járművekből tevődik össze. Egy teljes rendszer 72 indítócsőből és 384 föld-levegő rakétából áll. Rakétái 250 kilométeres lőtávolsággal rendelkeznek, ballisztikus rakéták, cirkálórakéták semlegesítésére is alkalmasak. Ezeket kiegészítik még 9M96E-es típusú, aktív radarkövetéssel működő berendezések, melyek gyorsan mozgó merevszárnyas repülőgépek ellen hatékonyak, illetve elsősorban drónok ellen használatos 9M96-es indítók. Az orosz haderő több tucat TB-2-es drónt lőtt le. *A lassú, könnyen észlelhető drón könnyű prédává válhatott az orosz légvédelmi rendszerek számára. „Az orosz–ukrán háborúban a TB2 drónt elsősorban a harckocsik ellen vetették be, de az orosz logisztikai oszlopokat is ezzel pusztították.”*¹⁵ Az ukránok a kezdeti sikerek után „kemény célpontok” helyett logisztikát támadnak Bayraktarral. Számos sikeres Bayraktar UAV-támadást sikerült végrehajtani kevésbé védett orosz logisztikai gépjárműoszlopok ellen.

Megoldás lehet a Bayraktar UAV – illetve általában a felfegyverzett MALE UAV-kategória – sebezhetőségére a folyamatos célirányos fejlesztése, elmozdulás hatékonyabb (nagyobb tömegű és hatótávolságú) fegyverzet felé, a védettség növelése akár a lopakodóképesség, akár a sebesség növelésével.

¹⁴ Horváth József: Az A2/AD környezet és az elektronikai hadviselés. Sereg Szemle. XV. évfolyam, 2. szám, 2017. április - június, 192. o.

¹⁵ Major Gábor – Békési Bertold: A pilóta nélküli légi járművek felhasználási lehetőségei háborús körülmények között az orosz-ukrán konfliktus árnyékában. Polgári Védelmi Szemle 2023. évi 15. Különszám 304. o.



6. számú ábra. A Bayraktar felfegyverzett drón építésénél a könnyű-repülőgép-építésben elterjedt technológiákat és fődarabokat (motor, légszár, futóműelemek) alkalmaztak, amely alacsony szinten tartja a költségeket, és lehetővé teszi a tömeggyártást¹⁶

Fejleszthető-e a Bayraktar kategóriájú UAV harcászati képessége? Fejlesztést célszerű végezni az alábbi területeken:

- *fokozni kell a felfegyverzett UAV védettségét* akár a lopakodóképesség, akár a sebesség, vagy mindkettő növelésével, például behúzható futómű és belső fegyverkamra alkalmazásával, amely hatékonyan csökkenti a légellenállást és a radarreflexiót is – azonban ez az UAV sárkányszerkezetének tömegnövekedésével jár, mely növekedési folyamatot technológiai és konstrukciós módszerekkel korlátok között kell tartani;
- az UAV hőképezék egyidejű csökkentése is célszerű – melynek fő forrása a motor, illetve annak kipufogórendszere és veszteséghői;
- az UAV védettségét az is növeli, ha fegyvereit (pl. rakéta) nagyobb távolságról képes indítani, ez azonban rendszerint nehezebb fegyverek alkalmazását igényli; ez egyébként is aktuális kérdés, mivel a jelenleg a Bayraktar drónon alkalmazott fegyverzet olyan kisméretű bombákból és rakétákból áll, amelyeket a légierők által széles körben alkalmazott fegyverzetnél jóval kisebb darabszámban gyártanak (emiatl áruk fajlagosan magas, logisztikai lehetőségeik korlátozottak);

¹⁶ Foreign Import of Locally-Built Bayraktar TB-2 Turkish Drone Parts. <https://www.1lurer.am/en/2020/10/28/Foreign-Import-of-Locally-Built-Bayraktar-TB-2-Turkish-Drone-Parts/346626> (Letöltve: 2022. október 21.)

- fel kell készülni a korábbinál jelentősebb mennyiségű UAV legyártására többszáz darabos nagyságrendben, azonban úgy, hogy a gyártás költsége ne növekedjen, hanem inkább csökkenjen (pl. kommersz sorozatgyártású fődarabok, alkatrészek beépítésével).

A felsorolt követelmények, fejlesztési célok számos nehezen teljesíthető ellentmondást is magukban hordoznak:

- növelhető-e a hasznos fegyverzeti tömeg úgy, hogy eközben nem nő az UAV szerkezeti tömege;
- növelhető-e a maximális repülési idő a tartálytérfogat (üzemanyagtömeg) növelése nélkül;
- a Bayraktar 300 liter (210 kg) benzint és csak 60 kg fegyverzetet hordoz; lehetne-e ezen az arányon kedvezőbb irányban változtatni.

Még sok fejleszthető terület merülhet fel: lopakodóképesség, maximális sebesség stb. Jelen tanulmányban kiválasztottunk egy fődarabot – a motort –, és megvizsgáltuk annak egyes fejlesztési, illetve gyártási vonatkozásait.



7. számú ábra. Balra: az MQ1 Predator C Gray Eagle, erőforrása Mercedes-alapú Thielert turbódízelmotor. Jobbra: Orosz Altius UAV Audi-alapú V-12 henger-elrendezésű RED-03 típusjelzésű dízelmotorja¹⁷

¹⁷ U.S. Plans To Sell Armed MQ-1C Gray Eagle Drones To Ukraine 'In The Coming Days'. <https://theaviationist.com/2022/06/02/u-s-plans-to-sell-armed-mq-1c-gray-eagle-drones-to-ukraine-in-the-coming-days/> (Letöltve 2023. 06.13.) illetve Russia Unveils New Mega-Drones at MAKS 2019 https://defense-update.com/20190828_russia-unveils-new-mega-drones-at-maks-2019.html (Letöltve 2023. 06.13.)

2. A közepes kategóriájú felfegyverzett UAV-k gépjármű-eredetű turbódízelmotorjainak lehetséges fejlesztési iránya, a 3D nyomtatás

2.1. Az UAV-kban alkalmazott turbófeltöltött járműdízelmotorok

A dízelmotorok a harmincas évektől – a Junkers ellendugattyús két-ütemű dízelmotor sorozatgyártásának megkezdésétől – vannak jelen szórányosan a repülésben. A NASA a 80-as években vizsgálta a könnyű-repülőgépeken alkalmazható dízelmotorok kérdését.¹⁸ A kilencvenes évektől az UAV-gyártók megkezdtek a léghűtéses turbódízelmotorok alkalmazását az UAV-kon.¹⁹ Az utóbbi két évtizedben – a gépjármű turbódízelmotorok teljesítmény/tömeg mutatóinak javulása eredményeképpen – néhány gyártó (Thilert, Rhanklin, Austro Engine stb.) megkezdte egyes Mercedes, Audi stb. turbódízelmotorok repülőgépmotorra alakítását.²⁰ E folyamat tízes nagyságrendű UAV-gyártó esetében vezetett el oda, hogy – a magas járőrözési idő, nagy hatótávolság követelménye szerint – turbódízel gépjárműmotor-eredetű erőforrással szerelje fel a pilóta nélküli légi járművét.

Napjainkban a könnyű repülőgépekbe²¹ és a közepes, illetve annál nehezebb UAV-kba (esetenként helikopter-UAV-kba²²) gyakran szerelnek kerozin-üzemanyag felhasználására is alkalmas gépjármű-dízelmotort,

¹⁸ Brouwers P. Alex: 150 and 300 kW lightweight diesel aircraft engine study NASA, 1980. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19800011788/downloads/19800011788.pdf>

¹⁹ Barna Hanula, Stephan Tafel, Andreas Mück & Christian Schlüter: Schnelllaufender Hochleistungs-Dieselmotor für kleine Flugzeuge. MTZ - Motortechnische Zeitschrift volume 64, 2003/4, pages 286–296.; illetve Steven Weinzierl, Roger Wildemann, Barna Hanula: The Design and Development of a Light-Weight, High-Speed, Diesel Engine for Unmanned Aerial Vehicles. SAE Transactions, SAE International, Vol. 111, Section 3: JOURNAL OF ENGINES (2002), pp. 486-497. <https://www.jstor.org/stable/44743077> ;

²⁰ Stephen Pope: Diesel Aircraft Engines Revolution. Flying Magazine. Retrieved 20 April 2017.

²¹ *Dízelüzemű könnyűrepülőgépek*: Alapvetően dízelmotorral épül: Diamond DA-40, DA-42, DA-62, Piper's PA-28, Otto Aviation Group Celerá 500L. Dízelmotoros könnyűhelikopterek: DELTA D-2, Agusta-Bell AB 212, Airbus Helicopters H120 Colibri, Rotorway. Egy változata épül dízelmotorral: Jak-52, Cessna 172, Cessna 182, Piper Cherokee, Socata TB-20, Pilatus PC-6/B2.

²² *Dízelmotoros helikopter UAV*: Airbus Tanan 300, Saab Skeldar, Airbus Helicopters VSR700, TGR Helicorp Snark UCAV.

ezért cikkünkben e területtel foglalkozunk. Habár léteznek kimondott repülőgépmotorok, melyeket dízelüzemre terveztek²³, a gyártók többségében mégis inkább gépjárműmotorból átalakított dízelüzemű motorokat építenek be.²⁴ Cél az is, hogy a fejlesztést követően, a gyártás során – járműiparból származó fődarab (motor) beépítésével - alacsony szinten legyen tartható a gyártás költsége. Habár a gépjármű-dízelmotorok fejlődése, azok turbófeltöltővel való felszerelése, a modernizálódó szerkezeti anyagok és gyártástechnológia a turbódízelmotorok teljesítmény-tömeg mutatóinak kedvezőbbé válásához vezettek az utóbbi évtizedben – amely lehetővé tette e motorok repülőipari alkalmazását –, tömegük mégis repülőipari alkalmazásuk egyik korlátja.²⁵ A turbódízelmotorok tömegcsökkentésének egyik technológiai lehetőségét pedig éppen a 3D nyomtatás technológiájának elterjedése szolgáltathatja a jövőben, melyre cikkünkben számos gyakorlati példát sorolunk fel.

A 3. sz. táblázat alapján megállapítható, hogy a dízelerőforrással szerelt UAV-k közül a többség gépjármű-eredetű turbódízelmotort alkalmaz. Látható az is, hogy a Bayraktar TB-2 UAV-t követően a török Baykar gyártó is a dízelmotor alkalmazása felé fordult az Anka-S és Aksunгур típusoknál.

Az UAV gépjárműturbódízelmotor-eredetű erőforrásával elérhető előnyök:

- a dízelmotor (gazdaságossági, effektív) hatásfoka – a benzínüzemű Otto-motor 24%-os hatásfokával szemben másfélszer magasabb, mintegy 36%;
- az alacsony fajlagos fogyasztás nagy hatótávolságot, jelentős járőrözési időt jelent;
- olcsóbb a tömeggyártott gépjármű-erőforrás, összevetve pl. a Lycoming, Rotax repülőmotorokkal (amely nem csak dízelmotorra áll fenn, azonban azok fokozottan alkalmasak katonai UAV-üzemre, és kedvezőbb hatótávolságot nyújtanak);
- a dízelmotor kerozinüzemre is alkalmas (NATO Single Fuel Concept, STANAG 4362);

²³ *Dízel repülőgépmotor-gyártók:* Delta Hawk, Wilksch Airmotive, CMD, Technify Motors, DieselJet, Continental Motors, Lycoming, Teos, Zoche aero-diesel, Gemindiesel, SMA Engines (a kis hengerűrtartalmú, részben szikragyújtású UAV „fél-dízelmotorokat” nem felsorolva).

²⁴ *A repülőüzem követelményei szerint módosított dízeljárműmotorokat forgalmazó cégek:* Thielert, Rhenkline RED Aircraft GmbH, Austro Engine.

²⁵ Hennel Sándor: Dízelmotorok felhasználhatóságának lehetőségei a katonai repülésben. Honvédségi Szemle, 65. évf. 2011. évi 5. szám pp. 24-29.

- csekély a hőképe (gázturbinához, Otto-motorhoz képest);
- „robbanásbiztosabb” az üzemanyaga (a benzinhez képest).

NÉHÁNY TURBÓDÍZELMOTOROS UAV-TÍPUS

3. számú táblázat

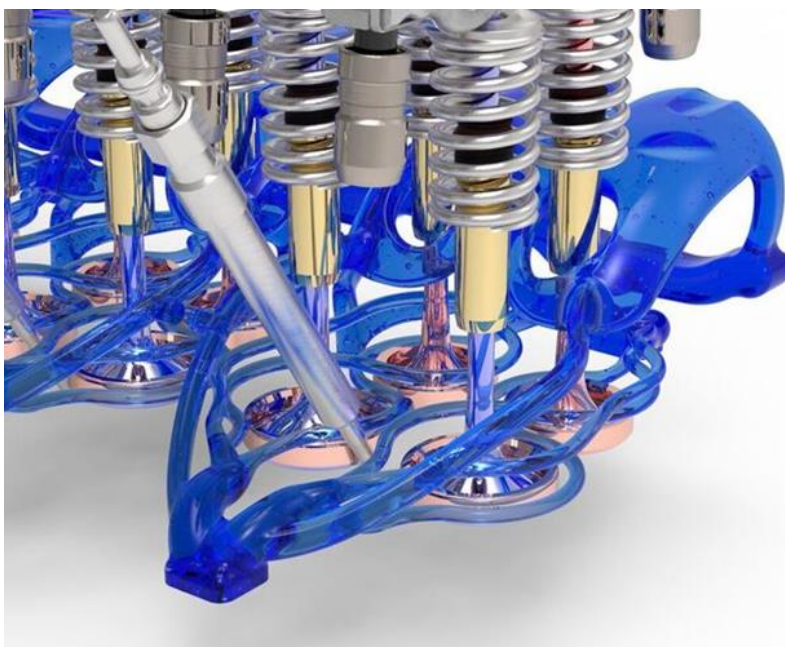
Típus	Turbódízel-erőforrás típus/teljesítmény (Eredeti gépjármű-gyártó)	Járőrözési idő	Függeszthető fegyverzet, hasznos teher
MQ1 Predator C Gray Eagle	Thielert Centurion 125 LE turbódízel (Mercedes-eredetű)	50 h	360 kg
TAI ANKA S	TEI PD170 170 LE turbódízel (Thielert-, ill. Mercedes-eredetű)	30 h	360 kg
CAI HONG CH-5 R	400 LE turbódízel	60 h	500 kg
RQ-5 HUNTER	2x 66 LE 3 hengeres turbódízel (Mercedes-eredetű)	30 h	100 kg
TAI AKSUNGUR	2x PD170 340 LE dízel (Thielert-, ill. Mercedes-eredetű)	50 h	750 kg
Aurora FS ORION	2x Austro Engine AE300 170 LE dízel (Mercedes-eredetű)	120 h	930 kg
Sokol Altair (Altius)	2x500 LE Raikhlin RED-03 turbódízel (Audi V-12-eredetű)	24 h	1000 kg
SHADOW M2 (katapultindítású)	Lycoming t.dízel 60 LE	16 h	60 kg
Super Heron	200 LE turbódízel (Fiat-eredetű)	45 h	250 kg felderítőeszköz
Airbus Helicopters VSR700 helikopter UAV	Thielert Centurion 2.0 155 LE turbódízel (Mercedes-eredetű)	10 h	100 kg

Az előnyök konkrét felhasználása, hasznosítása az UAV képességeit illetően akár a nagyobb függeszthető fegyvertömeg is lehet, ekkor a turbódízelmotoros UAV adott távra kevesebb üzemanyagot hordozhat egy Otto-motoros UAV-nál. De lehet alkalmazási előny a jelentősen nagyobb hatótávolság is.

2.2. A 3D fémnyomatás tömegcsökkenést eredményező alkalmazása gépjármű-turbódízelmotorok fejlesztésénél

2.2.1. 3D nyomtatott dízelmotor fejlesztése Németországban: 21% tömegcsökkenés

Németországban a "Leichtbau Motor" (könnyűszerkezetes motor) kutatási projektben szelektív lézerolvasztással készítettek belsőégésű motoralkatrészeket, amely közel 21%-os tömegcsökkentést eredményezett.²⁶ Emellett a hűtőrendszer és az olajkör hatékonyságát is növelték. A dízelmotor hengerfejét és forgattyúházát alumíniumöntés helyett szelektív lézerolvasztással állították elő. Poralapanyagként az AlSi10Mg alumíniumötvözetet használták. Ebből az anyagból additív módon gyártott részegységek mintegy 21%-kal könnyebbek. 3D nyomtatással készült a dugattyú is. A dízelmotor egyes elemeit szálerezősítésű kompozitanyagból készítették.



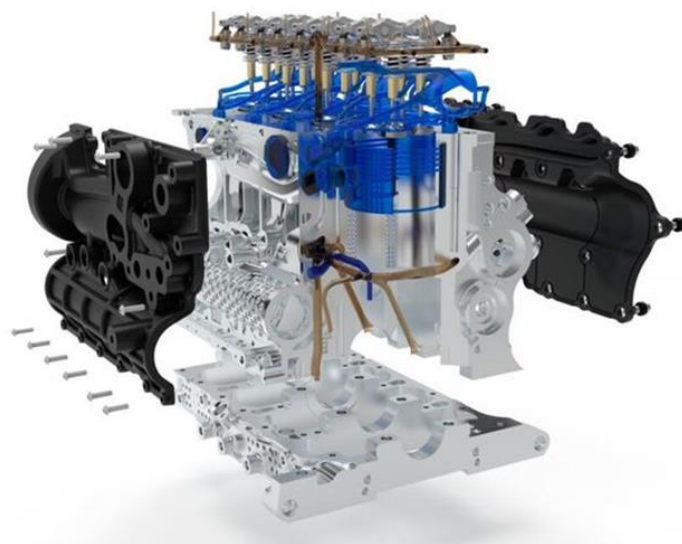
8. számú ábra. A hengerfejben lévő keresztáramú hűtőrendszer kék színnel ábrázolva²⁷

²⁶ Alexander Stark: 3D printed engine is 20 percent lighter. ETMM 2021.02.09 (<https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-a-998651/>) Megtekintve: 2023.01.25

²⁷ Alexander Stark: 3D-printed engine is 20 percent lighter <https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-gal-998651/?p=6#gallerydetail> (Letöltve: 2023.02.04.)

A továbbfejlesztett olajkör hidegindításkor és normál üzemben egyaránt előnyöket biztosít. A nyomásvesztésüket 22%-kal csökkentették a hengerfejben. Egy fordított szifon megakadályozza, hogy az olaj lefolyjon, amikor a motor leáll. Ennek eredményeképpen a motor indítása után gyorsabban áll rendelkezésre a szelepek számára megfelelő olajnyomás, és az olajvisszavezetésekhez üreges válaszfalakat lehet használni.

Az újratervezett hengerfej 2,3 kg tömeget takarít meg, azaz 22%-ot az eredeti alkatrészhez képest. A könnyű és egyúttal merev szerkezet szempontjából a legjobb arányt a kettős T-profil és az integrált, zárt cellák kombinációja jelentette. A kipufogócsatornát is az additív gyártás segítségével lehet elkészíteni. Ennek eredményeként a kipufogógáz-utókezelő rendszerek gyorsabban felmelegedhetnek, és ezáltal a turbófeltöltő hatásfoka is megnő.



9. számú ábra. A dízelmotor, melynek hengerfejét és forgattyúházát 3D nyomtatták (kék színnel jelölve a továbbfejlesztett olajkör)²⁸

A keresztáramú hűtőrendszer lehetővé teszi a hengerek hőmérsékletének célzott csökkentését, és ezzel egyidejűleg a szükséges hűtőfolyadék-mennyiség redukálását is. Az egyik fő tervezési különbség az, hogy a hengerfejben a nagy térfogatú vízköpeny helyett egyedi hű-

²⁸ Alexander Stark: 3D-printed engine is 20 percent lighter <https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-gal-998651/?p=4#gallerydetail> (Letöltve: 2023.02.04.)

tővezetékeket használnak. Ez akár 40%-kal csökkenti az égéstér hőmérsékletét. És annak ellenére, hogy 40%-kal kevesebb hűtőfolyadékot használnak, a falhőmérsékletek jelentősen alacsonyabbak, mint a hagyományos motoroké. Ennek eredményeként mind a hidegindítást követő bemelegedési fázis lerövidíthető, mind a vízszivattyú meghajtási teljesítménye csökkenthető.

Az újratervezett forgattyúház az eredeti alkatrészhez képest 5,1 kg-mal könnyebb. A forgattyúház válaszfalai nyitott, vízszintes teherhordó szerkezeteket kaptak, amelyeket a megfelelő pontokon *keresztbordás kompozit* merevít. További merevítést biztosít a kiegyensúlyozó tengelyek területén két csökkentett tömegű összekötő cső. Topológiai elemzések alapján az alacsony terhelési zónákat rácsszerkezetekkel és üregekkel optimalizálták. A forgattyúház oldalsó burkolatai *üvegszál-erősítésű fenolgyantából* készülnek, és így mintegy 15 %-kal könnyebbek.

A motor 3D nyomtatott dugattyúját az IAV (Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr) cég készítette. Az IAV egy német autóiipari mérnöki vállalat, amely erőátviteli, elektronikai és járműfejlesztési termékeket tervez. A 3D nyomtatással a dugattyút rétegenként lehet létrehozni, és egy méhsejtszerű rácst teszi szilárddá a dugattyút, amely mintegy 25%-kal csökkenti a szerkezeti elem tömegét (a hagyományos öntési eljárással készített dugattyúhoz képest).



10. számú ábra. Fém 3D nyomtatott dugattyú metszete. A könnyített szerkezet mintegy 25%-kal csökkenti a szerkezeti elem tömegét²⁹

²⁹ Tom Murphy: IAV Sees Huge Potential With 3D-Printed Pistons
<https://www.wardsauto.com/engines/iav-sees-huge-potential-3d-printed-pistons>
(Letöltve: 2023.02.04.)

Az IAV a fémdugattyúk 3D nyomtatásával a gyakorlatban bizonyította, hogy a dugattyút könnyebbé, a magas hőmérsékletnek ellenállóbbá és gyorsabban gyárthatóvá lehet tenni. Eközben optimalizálták a kritikus területek hűtését, csökkentették a súrlódást és 75%-kal javították az anyagtulajdonságokat a hagyományos dugattyúkhöz képest.³⁰ Ha könnyebb a dugattyú, akkor könnyebb lehet a hajtókar, könnyebb lehet a forgattyús tengely is. Ezáltal kevesebb terhelés jut a csapágyakra, és kisebb a súrlódás. A hőtágulás miatt az, hogy a 3D nyomtatás során komplex geometriájú hűtőcsatornák hozhatók létre a dugattyúban, úttörő jelentőségű, ezáltal nagyobb teljesítménysűrűség érhető el.

Az IAV további lehetőségeket lát a belsőégésű motorok alkatrészeinek, például dugattyúcsapok, motorblokkok, turbina- vagy kompresszoralkatrészek 3D nyomtatására. Például a 3D nyomtatott hengerfejekkel elért eredmény: a teljes tömeg 30%-os, a megmunkálás 50%-os és a kipufogószelep-híd hőmérsékletének 10%-os csökkentése volt.

2.2.2. A Porsche 911 GT2 RS motorjának 3D nyomtatott dugattyúja 10%-kal könnyebb

A gépjárműmotor-dugattyúgyártásban alkalmazott 3D nyomtatás eredményeinek áttekintéséhez célszerű bemutatni a Porsche nagy teljesítményű benzinmotorjához készített dugattyút. Ugyan cikkünk vizsgálati területe a turbódízelmotorok gyártástechnológiájának vizsgálata, mégis célszerű kitérni erre a – gyártástechnológiai megoldásait tekintve jövőbemutató – 3D nyomtatott dugattyúra, melyhez hasonló tömeggyártott termékek feltételezhetően a turbódízelmotorok egy részének sorozatgyártásában is megjelenhetnek.

A Porsche, a Mahle és a Trumpf közös projektjében, a Zeiss-szel együttműködve 3D nyomtatással, generatív tervezési eljárásokkal gyárt dugattyúkat a Porsche 911-es egyik modelljének, a GT2 RS-nek a nagyteljesítményű Otto-motorjához. (Generatív tervezés: A generatív tervezés egy olyan szoftveres gépészeti tervezési metódus, amely támogatja a mérnök munkáját, és felhőalapú számítások és gépi tanulási módszerek segítségével új megoldásokat dolgoz ki. A generatív tervezés olyan tervezési folyamat, amelyben egy algoritmus segítségével az alkatrész alakját egy adott határfeltételhez optimalizálja. Maga a forma megtervezése így már nem kézi tervezési feladat. A tervező

³⁰ Tom Murphy: IAV sees huge potential with 3D-printed pistons. Wardsauto TM. 2018.04.12 <https://www.wardsauto.com/engines/iav-sees-huge-potential-3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023.01.26.)

meghatározza az alkatrész funkcionális peremfeltételeit, azokat betáplálja a szoftverbe, amely a meghatározott szempontok szerint, iterációs folyamatok során kiszámolja az optimalizált alkatrész alakját.

A generatív tervezés mesterséges intelligenciára (AI – Artificial Intelligence) épülő szoftverekkel és a felhő alapú számítógépes rendszer teljesítményének kiaknázásával teszi lehetővé, hogy a mérnökök több ezer tervváltozatot hozzanak létre egy tervezési probléma meghatározásával, az alapvető paraméterek - például a magasság, a terhelés, a szilárdság, valamint az anyag- és gyártási módszerváltozatok - megadásával. A tervező mérnök megadja a generatív tervezőszoftvernek a tervezési paramétereket, a szoftver pedig nagyszámú tervváltozattal áll elő. Ezután a tervező vagy mérnök kiszűri és kiválasztja az adott igényeknek leginkább megfelelő változatokat.

A generatív tervezés a gépi tanulás segítségével utánozza a természetre jellemző evolúciós megközelítést a tervezési folyamatok során. A generatív tervezéssel létrehozott pl. topológiailag optimalizált alkatrészek komplex alakját gyakran célszerű 3D nyomtatással legyártani. A világ jelentősebb ipari vállalatai közül néhány – többek között az Airbus – a generatív tervezés segítségével oldja meg a mérnöki tervezési feladatokat, így hoz létre innovatív tervezési megoldásokat - melyek (pl. topológiailag optimalizálva) gyakran csökkentett tömegű részegységek létrehozását eredményezhetik.



11. számú ábra. A Porsche 911 GT2 RS szelektív lézeres olvasztással előállított dugattyúja³¹

³¹ 3D Printing Technology Optimises Pistons for the Powerful 911 GT2 RS
<https://media.porsche.com/mediakit/porsche-innovationen/en/porsche-innovationen/3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023.02.04.)

A projekt célja dugattyú-prototípusok gyártása és ezáltal az alkatrészek hatékonyságának javítása mellett egy olyan additív gyártási folyamat kifejlesztése, amely képes megfelelni a legmagasabb minőségi követelményeknek, ugyanakkor gazdaságos marad, hogy lehetővé tegye a sorozatgyártást. A gyártási folyamat alapját egy, a Mahle által kifejlesztett speciális ötvözetből készült fémpor képezi.

A port rétegről rétegre viszik fel a Trumpf fém 3D nyomtatójában, és lézerrel egyes pontokon összeolvasztják, tehát szelektív lézeres olvasztással (SLM) történik a gyártás. A dugattyúk kialakításához 12 óra alatt 1200 réteg kerül felhordásra.³² A topológiai optimalizálás a terhelések szimulálására és ezáltal a terheléseknek megfelelő struktúra meghatározására szolgál. *A hagyományos gyártástechnológiával előállítottokhoz képest 10 százalékos tömegcsökkentést tud elérni a dugattyúiban.* A 3D nyomtatott dugattyúk komplex geometriájú integrált hűtőcsatornával is rendelkeznek, ez a hagyományos gyártási módszerekkel nem lenne lehetséges.

A Porsche projektvezetője, Frank Ickinger szerint: „A dugattyú mintegy 30 LE teljesítménynövekedést is generálhat a 700 LE-s ikerturbós motornál, egyúttal magasabb hatásfok mellett.”³³ A Zeiss hatékony minőségbiztosítási eljárással állítja elő a Porsche 911-es modelljének a GT2 RS nagyteljesítményű motorjához szükséges 3D nyomtatott dugattyút. A vállalat számos megoldást alkalmazott a por minőségének elemzésére, a hibák azonosítására és az alkatrészek végső minőségének vizsgálatára.

2.2.3. A Honda által fejlesztett fém 3D nyomtatott forgattyús tengely 50%-kal könnyebb

2016-ban a Honda japán autógyártó bemutatta a Micro Commuter nevű kis haszonjárművét, amelyet részben már a 3D nyomtatás gyártástechnológiájának figyelembevételével terveztek, és részben additív eljárással gyártottak le. A vállalat ennek kapcsán 4 évvel később egy fémből készült, 3D nyomtatott forgattyústengelyt mutatott be.

³² 3D Printing Technology Optimises Pistons for the Powerful 911 GT2 RS
<https://media.porsche.com/mediakit/porsche-innovationen/en/porsche-innovationen/3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023.01.20.)

³³ Ahlam Rais: 3D Printed pistons deliver high performance. ETMM.
<https://www.etmm-online.com/3d-printed-pistons-deliver-high-performance-a-1046022/> (Letöltve: 2023.01.20.)

A Honda már évek óta alkalmazza az additív gyártást különböző alkatrészek (biztonsági övtartók, motorvezérlő egységek, motorkerékpár-vázak) súlyának csökkentése érdekében. Így merült fel a fémnyomtatott forgattyústengely ötlete. Az autógyártó az Autodesk vállalattal dolgozott a projecten (amely számos 3D tervező szoftverről, például az AutoCAD és a Fusion 360-ról is ismert).

Az Autodesktel együttműködésben létrehozott alkatrész tervezését teljesen újragondolták, hogy csökkentsék az alkatrész végső súlyát, valamint a tüzelőanyag-fogyasztást. A forgattyústengely az autó motorjának alapvető fontosságú, szilárdságot és tartósságot igénylő része, amely acélból készül hagyományos gyártási módszerekkel. Az additív gyártás alkalmazása azonban – a hagyományos gyártástechnológiájú főtengelyhez képest - tömeget takarít meg. A Honda egyelőre csak egy működő prototípust mutatott be, de a végső cél a méretnövelés és a tömeggyártás lenne.



12. számú ábra. A Honda és az Autodesk közös projektjében tervezett és 3D nyomtatott forgattyústengely³⁴

A 3D nyomtatott forgattyústengely a Honda fejlesztői szerint 50%-os tömegcsökkentést mutat.³⁵ Hagyományos gyártási módszerekkel lényegében nem tudtak volna ilyen geometriájú alkatrészt előállítani. Nem tették nyilvánossá, hogy milyen fém 3D nyomtatási technológiát vagy milyen

³⁴ Carlota V.: Honda designs lightweight 3D printed crankshaft <https://www.3dnatives.com/en/honda-3d-printed-crankshaft-120320205/> (Letöltve: 2023.02.05.)

³⁵ Carlota V.: Honda designs lightweight 3D printed crankshaft <https://www.3dnatives.com/en/honda-3d-printed-crankshaft-120320205/> (letöltve:2023.02.05.)

anyagot használtak, de az eredmény, hogy a 3D nyomtatás és a generatív tervezés lehetővé tette egy jobb teljesítményű alkatrész előállítását.

2.2.4. A Renault által fejlesztett 3D nyomtatott szelephimbák 25%-kal könnyebbek

A francia Renault vállalat mérnökeinek és tervezőinek egy csoportja a fém 3D nyomtatást alkalmazza motorjai teljesítményének növelésére. A 3D nyomtatást a DTI 5 négyhengeres Euro 6-os besorolású teherautómotor fejlesztéséhez alkalmazták. A projekt során additív gyártástechnológiára optimalizálták a teljes motort, így az eredetivel összevetve 25%-os tömegcsökkentést tudtak elérni.³⁶ Végül a hőerőgép szelephimbáit fémnyomtatták és beépítve tesztelték. A cég mérnökei elégedettek voltak az eredményekkel, ugyanis az additív gyártástechnológiával előállított alkatrészek tartósnak bizonyultak a 600 órás teszten. A 3D nyomtatásnak köszönhetően csökkenthetik majd a motor alkatrészeinek számát is (pl. egy darabból készülhetnek korábban több komponensből összeállított alkatrészek).



13. számú ábra. Renault DTI 5 motor eredeti szelephimbája (bal oldali kép) és a 3D nyomtatott könnyített szelephimba (jobb oldali kép)³⁷

Megállapították, hogy a kisebb szerkezeti tömegű motor az eredetihez képest nagyobb terhelésre lesz alkalmas alacsonyabb tüzelőanyag-felhasználás mellett. A Renault mérnökei további fejlesztésekre törekednek majd az additív gyártástechnológia alkalmazásával.

³⁶ Sarah Saunders: Metal additive manufacturing helps Renault trucks reduce weight of 4-cylinder engine by 25% using 3D printed components. <https://3dprint.com/161346/renault-3d-print-engine-components/> 3Dprint.com 2017.01.11. (Letöltve: 2023.02.05.)

³⁷ Sarah Saunders: Metal additive manufacturing helps Renault trucks reduce weight of 4-cylinder engine by 25% using 3D printed components. <https://3dprint.com/161346/renault-3d-print-engine-components/> (Letöltve: 2023.02.05.)

Összegzés és következtetések

Megállapítható, hogy az additív gyártástechnológia többféle új fejlesztési lehetőséget kínálhat a belsőégésű motorok számára.

Jelen cikk két fejlődési tendencia – a 3D nyomtatás megjelenése a dízelmotorgyártásban, illetve a dízelmotorok megjelenése a repülésben - lehetséges szinergiáját vizsgálta. Megállapítható, hogy a két folyamat közötti összekötőkapocs a szerkezeti tömeg csökkenése. *A 3D nyomtatás alkalmazása csökkenti a dízelmotorok tömegét, amely további, a jelenlegi intenzív elterjedésüknél is nagyobb mértékű felhasználásokat teszi lehetővé a könnyűrepülőgép- és az UAV-kategóriában.* A Kaliforniai Egyetem kutatóinak 2018-as publikációja szerint „Napjainkban a repülőgépes alkalmazásokhoz használt dízelmotorok ritkán jelentenek választási lehetőséget. *Ez a technológia azonban nagyon komoly versenytársnak bizonyul a nagy hatótávolságú pilóta nélküli légi járművek repüléseihez.* ... Mivel a fajlagos üzemanyagfelhasználási mutatók kedvezőek, ezért nagy hatótávolságú repüléseknél – ahol az üzemanyag tömege számottevő - előnyös a dízel, hozzáátve, hogy a gázturbinák fajlagos fogyasztás mutatói 300 kW alatt kedvezőtlenek.”³⁸ Hasonló eredményre jutott 2018-ban PhD értekezésében Dr. Hannel Sándor okleveles repülőmérnök, amikor Thilert és Austro Engine turbódízelmotorokat vetett össze Rotax és Lycoming benzinüzemű repülőgépmotorokkal, és kimutatta, hogy mintegy 2,5 óra járőrözési idő felett – az üzemanyag tömegét és kifogyasztását is figyelembe véve – a turbódízelmotorok alkalmazása egyértelműen előnyösebb még akkor is, ha szerkezeti tömegük nagyobb az Otto-motorokénál.³⁹ Napjainkban a kutatók a legelterjedtebb soros henger-elrendezésű gépjármű-turbódízelmotorok gazdaságossági tulajdonságait vizsgálják, mivel az 5. számú táblázatban látható módon az a legelterjedtebb dízelrepülőgépmotor-kialakítás.⁴⁰

³⁸ Daniele Cirigliano - Aaron M. Frisch - Feng Liu - William A. Sirignano: Diesel, Spark-Ignition, and Turboprop Engines for Long-Duration Unmanned Air Flights. Journal Of Propulsion And Power (2018.01.23.) <https://doi.org/10.2514/1.B36547> 1. o.

³⁹ Hannel Sándor: Állami és polgári felhasználású többfeladatú könnyű-repülőgép koncepciója 198 p.

Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE), Katonai Műszaki Doktori Iskola, Turcsányi Károly; Hegedűs Ernő Disszertáció benyújtásának éve: 2018, Védés éve: 2018 Megjelenés/Fokozatszerzés éve: 2018.

⁴⁰ Peter Korba - Ozgur Balli - Hakan Caliskan - Samer Al-Rabeei - Utku Kale: Thermodynamics, environmental damage cost, exergoeconomic, life cycle, and exergoenvironmental analyses of a JP-8 fueled turbodiesel aviation engine at take-off phase. Case Studies in Thermal Engineering, Volume 43, March 2023, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102806>

Több szakirodalomban merül fel a dízelmotor alkalmazása helikopter-UAV-kon és könnyűhelikoptereken.⁴¹ Összességében a 2018-as vizsgálatokhoz képest jelenleg annyiban változott a helyzet, hogy a *3D nyomtatás gyártástechnológiája megjelent a gépjármű-turbódízelmotorok fejlesztése területén, amely – szerkezeti tömegük 20-25%-os csökkenthetősége miatt – a jövőben növelheti elterjedésüket a repülésben, különös tekintettel az UAV-kra.*

TURBÓFELTÖLTÉSES FOLYADÉKHŰTÉSŰ GÉPJÁRMŰDÍZELMOTOR-ALAPÚ REPÜLŐ-/UAV-MOTOROK⁴²

5. számú táblázat

Gyártó	Thilert	Thilert	Thilert	Austro engine	RED Aircraft GmbH	Mercedes	Diesel-jet	Diesel-jet	Diesel-jet
Típus	Centurion 2.0	Centurion 2.0s	Centurion 4.0	AE 300	RED A03 v13	HFE 800	TDA CR 1.9	TDA CR 2.0 16V	TDA CR 3.0 24V
Alapmotor	Mercedes	Mercedes	Mercedes	Mercedes	Audi	Mercedes	Fiat 1.9 JTD	Fiat	Fiat
Telj. kW (LE)	99 (135)	114 (155)	257 (350)	123 (168)	368 (500)	49 (66)	147 (200)	160 (217)	240 (320)
Lökettérfogat (cm ³)	1991	1991	3996	1991	6134	800	1900	2000	3000
Tömeg (kg)	134	134	272,2	185	372	80	125	219	n.a.
Fogy. (g/kWh)	214	220	215	198	215	n.a.	210 g/kWh	210 g/kWh	n.a.
Hengerek	4, soros	4, soros	8, v motor	4, soros	12, v motor	3, soros	4, soros	4, soros	4, soros

A cikkünkben bemutatott példák alapján elsősorban azt célszerű megemlíteni, hogy a 3D fémnyomtatás alkalmazásával különböző gépjárműgyártók 20-25% közötti tömegcsökkenést értek el a gépjármű-turbódízelmotoroknál. Ez az eljárás nem csak turbódízelmotoroknál eredményez tömegcsökkenést, azonban a cikkünkben vizsgált UAV-

⁴¹ Nihad E. Daidzic - Luca Piancastelli - Andrea Cattini: Diesel engines for light-to-medium helicopters and airplanes. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace, 2014. 1(3). <https://doi.org/10.15394/ijaaa.2014.1023>

⁴² Hannel, Sándor: A repülésben használt dízelmotorok: kitekintéssel a hazai repülőgépmotor-előállítás jövőbeni lehetőségeire. KATONAI LOGISZTIKA 20 : 3 pp. 83-100, 18 p. (2012)

tömeggyártás szempontjából a katonai követelmények (kerozin-üzemanyag, hőkibocsátás, üzemanyag-gyúlékonyság, hatótávolság-igény, adott repült időre eső alacsony üzemanyagtömeg stb.) a turbódízelmotorra szűkítik le a vizsgálatot. A 3D nyomtatásos motoralkatrész-gyártás eredményeit a jelenleg repülőműszaki szempontból még mindig kissé túlsúlyos turbódízelek fejlesztése érdekében célszerű mozgósítani a repülőipari felhasználás érdekében. Egy példa: a jövő részben 3D nyomtatott német dízelmotorja („Leichtbau Motor” project) 22%-kal könnyebb, amely elősegítheti az esetleges jövőbeni repülőipari alkalmazást.

Megemlítendő, hogy ennek a témának hazai vonatkozásai is vannak, hiszen a Széchenyi István Egyetem kutatói is foglalkoznak 3D nyomtatott motorfejlesztéssel. „A 3D nyomtatott motor ötlete az Audi Hungaria mérnökeivel folytatott konzultáció során merült fel, majd 2016-ban szoros együttműködésben megkezdődött a fejlesztése. Célunk elsősorban a 3D nyomtatás gyártástechnológiájának és autóipari felhasználásának vizsgálata, valamint a kutatás-fejlesztési lehetőségek vizsgálata volt. Az Audi Hungaria Zrt. Pilot Engine Manufacturing Center és az általuk használt fém 3D nyomtató, amelyet az SLM Solutions AG fejlesztett ki, segítette ezt a célt. A kutatás tárgyát képező egység alapját a csapatunk által korábban kifejlesztett és összeszerelt EVO4 motorkonstrukció képezte, melynek alkatrészeit a nyomtatási technológia igényeinek megfelelően módosítottuk. *A henger, a hengerfej, a teljes forgattyúház és a motort körülvevő összes burkolat 3D szinterezett alumínium alkatrészekből készült.* Nyomtatás után minden alkatrész CNC-megmunkálásra került. ... A belső égésű motor legnagyobb alkatrészei sokkal kedvezőbb és hatékonyabb gyártástechnológiával készülnek, melynek további előnye a jobb anyagszerkezet, tömeg- és költséghatékonyság az egyedi, prototípus-alkatrészek vizsgálatánál. Ezen kívül összetett geometriák elkészítésekor a lézeres szinterezésnek köszönhetően lehetőség nyílik a hagyományos konstrukcióktól eltérő alkatrésztervek kipróbálására is.”⁴³

A jövőben tehát mintegy 20-25%-kal lehet könnyebb a dízelmotor, ha gyártástechnológiájában a 3D nyomtatás is szerephez jut. Számszerűleg mit jelent ez? A kismértékben – repülőipari szabványoknak való megfelelés érdekében – módosított gépjármű-dízelmotorokat jellemzően a Mercedes háromhengeres motorjától az Audi 500 LE-s V-

⁴³ A 3D nyomtatás és a motorfejlesztés fúziója. Széchenyi István Egyetem Formula Student Development Team. <https://szengine.hu/3d-nyomtatott-motor/> (Letöltve: 2022. 08.12.)

12 erőforrásáig bezárólag alkalmazzák MALE UAV-kon. A Mercedes-Benz alumíniumöntvény-motorblokkal rendelkező háromhengeres Smart dízelmotorja 795 cm³-es, 33 kW (45 LE) teljesítményű 3800-as fordulatszám, turbófeltöltéssel 66 LE. Ez a jelenlegi legkisebb UAV-ban alkalmazott sorozatgyártású járműdízelmotor, amely tömege 80 kg. Additív nyomtatásos gyártástechnológiával – 25% tömegcsökkenéssel számolva - egy ilyen motor elméletileg 20 kg-mal lehetne könnyebb. A legnagyobb UAV-erőforrások közé tartozó Audi gyár V12 TDI turbófeltöltéses dízelmotorja 6000 cm³ hengerűrtartalmú, 12 hengeres, 368 kW (500 LE) teljesítményű turbódízelmotorjának tömege 363 kg, melynél elméletileg mintegy 90 kg tömegcsökkentést lehetne elérni additív gyártástechnológia alkalmazásával. Ezek az eredmények – abban az esetben, ha a kifejlesztett additív gyártástechnológiájú motorok sorozatgyártásba kerülnek – jelentős mértékben támogathatják a katonai alkalmazású MALE felfegyverzett UAV-k jövőbeni gyártását. A motor szerkezeti tömegének csökkentése eredményeképpen lehetővé válik az üzemanyag vagy a fegyverzet tömegének növelése.

ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁVAL ELŐÁLLÍTOTT DÍZELMOTOR-ALKATRÉSZEK TÖMEGCSÖKKENÉSE

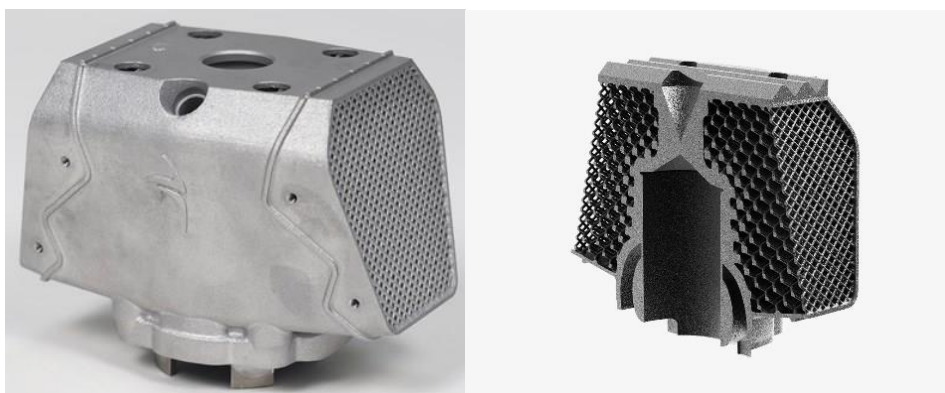
4. számú táblázat

Gyártó cég	Alkatrész	Tömegcsökkenés
Leichtbau Motor	hengerfej	22%
IAV	dugattyú	25%
IAV	hengerfej	30%
Porsche 911 GT2 RS	dugattyú	10%
Honda	forgattyús tengely	50%
Renault	szelephimba	25%

Már napjainkban is számos MALE UAV-n alkalmaznak kismértékben módosított gépjármű-turbódízelmotorokat (3. sz. táblázat). Azonban ezek tömege még nem teljes mértékben versenyképes a kimonodottan repülőipari célra tervezett és gyártott erőforrásokéval (Lycoming, Rotax stb.). A MALE UAV meghajtása céljából beépített turbódízelmotorok 3D nyomtatással elérhető 20-25%-os jövőbeni tömegcsökkenése egyfelől a jelenleginél fokozottabban felel meg a repülőtechnikával szemben támasztott tömegkövetelményeknek, másfelől – a tömeggyártott fődarab miatt - továbbra is gazdaságosan előállítható termék maradhat. A 2022-2023. évi orosz-ukrán háború az

UAV-k tömeges katonai alkalmazását vetíti előre. Mindez – a katonai célú felfegyverzett MALE UAV-k közeljövőben prognosztizálható tömeggyártása esetén – kedvező fejlesztési feltételeket teremt, melynek egyik kulcseleme az alkatrészek 3D fémnyomatása lehet.

Természetesen jelen cikk következtetéseire kiegészítésként hozzá kell tenni azt is, hogy nemcsak a MALE UAV-k egy részénél alkalmazott turbódízel erőforrások területén okoz gyökeres átalakulást a 3D nyomtatás, hanem a kisebb kategóriába tartozó – pl. léghűtéses kétütemű Otto-motorok – területén is a 14. ábra alapján. Viszont a 3D nyomtatás gyártástechnológiájának bevezetése elsősorban a dízelmotorok gyártása esetén eredményezhet jelentős tömegcsökkenést.



14. számú ábra. A Cobra Aero léghűtéses kétütemű UAV Otto-motorjának új geometriájú, 3D nyomtatással előállított, optimalizált hűtésű hengere⁴⁴

Célszerű azonban ismét rámutatni arra is, hogy a 2022-2023. évi orosz-ukrán háborúban az összes ukrán UAV darabszáma mintegy 100 000 db, azonban ebből csak néhány ezer darab a kimondottan katonai. Az átalakított és felfegyverzett polgári drónok kerültek itt nagy mennyiségben alkalmazásra – átalakításukban a 3D nyomtatott alkatrészek is szerepet játszottak. Néhány következtetést levonva:

- a jövő részben 3D nyomtatott német dízelmotorja 22%-kal könnyebb lehet, amely elősegítheti a repülőpari alkalmazást (pl. „Leichtbau Motor” project);

⁴⁴ Drone Engine Maker Illustrates How Additive Manufacturing Well Suited to OEMs. <https://www.additivemanufacturing.media/articles/drone-engine-maker-illustrates-how-additive-manufacturing-well-suited-to-oems> (Letöltve: 2023.06.13.) illetve Combustion engine cylinder heat sink designed by Cobra Aero. <https://www.ntop.com/innovation/combustion-engine-cylinder-heat-sink-designed-by-cobra-aero/> (Letöltve: 2023.06.13.)

- a 3D nyomtatás előnye – pl. a polgári drónok felfegyverzésénél, átalakításánál - a szükséges kis darabszámú alkatrészek gyártási költségének csökkentése, gyors gyártás, kis szerkezeti tömegű alkatrészek;⁴⁵
- a nagy darabszámban gyártott gépjárműmotor katonai MALE UAV-ba való beépítése a háborús ellátásbiztonság szempontjából is kedvező;
- a 3D fém nyomtatott UAV-alkatrészek ADAM-technológiájú nyomtatóval hőálló ötvözetből is előállíthatók, amely pl. gázturbinás hajtású, tolóerővektor-vezérléses drónok gázsugárkormányára esetében jelenthet kedvező megoldást.

Összességében, a 3D nyomtatás alkalmazása dízelmotorok gyártásánál – és elsősorban az ezáltal elérhető mintegy 20-25%-os tömegcsökkenés - számos előnnyel járhat a járműiparban, személygépkocsik, haszongépjárművek, de akár harcjárművek esetében is. A 3D nyomtatott dízelmotor szerkezeti tömegének csökkenése azonban elsősorban a repülőipari felhasználás esetében nevezhető kiemelkedően jelentős előnynek.

Jelen kutatás első számú és legfontosabb eredménye az, hogy a felfegyverzett MALE UAV-kategóriában a fejlesztő szakemberek számára megalapozott javaslatot tesz arra, hogy az erőforrás-kiválasztás során a jövőben fokozottan számoljanak azokkal a gépjárműgyártókkal, akik turbódízelmotorjaik gyártástechnológiájába beemelik az additív gyártástechnológiát, és ezzel motorszerkezeti tömegcsökkenést érnek el, amellyel célszerűen átalakítható/beépíthető motorhoz juttatják az UAV-gyártókat.

Köszönetnyilvánítás

A 2022-2.1.1-NL-2022-00012 azonosító számú Kooperatív Technológiák Nemzeti Laboratóriuma projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2022-2.1.1-NL Nemzeti Laboratóriumok Létrehozása, Komplex Fejlesztése pályázati program finanszírozásában valósul meg.

⁴⁵ További publikációk e tárgyban: Dr. Zentay Péter – Dr. Hegedűs Ernő – Végvári Zsolt: A 3D nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei I-III. rész. Haditechnika 57. évf. 2023. évi 1-2. sz. pp. 49-55., pp. 57-62. DOI:10.23713/HT.57.1.09 illetve Ember István: 3D nyomtatott lyukasztó töltetek hatásvizsgálata. Hadmérnök, 2022.évi 17. szám, 63-73. o. továbbá Rákosi Sára - Sebők István - Szalai Tamás - Dr. Vég Róbert László: A 3D nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai. Katonai Műszaki Közlöny 32. évf. 4. sz.

Források

'World's fastest' 3-D printed drone takes flight.

<https://www.cnbc.com/2015/11/09/worlds-fastest-3-d-printed-drone-takes-flight.html> (Letöltve: 2023.06.13.)

3D Printing Technology Optimises Pistons for the Powerful 911 GT2 RS <https://media.porsche.com/mediakit/porsche-innovation/en/porsche-innovationen/3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023.01.20.)

A 3D nyomtatás és a motorfejlesztés fúziója. Széchenyi István Egyetem Formula Student Development Tam. <https://szengine.hu/3d-nyomtatott-motor/> (Letöltve: 2022. 08.12.)

Ahlam Rais: 3D Printed pistons deliver high performance. ETMM 2021.08.05 <https://www.etmm-online.com/3d-printed-pistons-deliver-high-performance-a-1046022/> (Letöltve: 2023.01.20.)

Alexander Stark: 3D printed engine is 20 percent lighter. ETMM 2021.02.09 <https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-a-998651/> (Letöltve: 2023.01.25.)

Barna Hanula, Stephan Tafel, Andreas Mück & Christian Schlüter: Schnelllaufender Hochleistungs-Dieselmotor für kleine Flugzeuge. MTZ - Motortechnische Zeitschrift volume 64, 2003/4, pages 286–296.;

Böröndi Gábor: Az orosz-ukrán háború új helyzetet teremtett, és erre a Magyar Honvédségnek is fel kell készülnie. Interjú. Híradó.hu 2023.05.09. <https://hirado.hu/belfold/cikk/2023/05/09/borondi-gabor-az-orosz-ukran-haboru-uj-helyzetet-teremtett-es-erre-a-magyar-honvedsegnek-is-fel-kell-keszulnie> (Letöltve: 2023.05.30.)

Brouwers P. Alex: 150 and 300 kW lightweight diesel aircraft engine study NASA, 1980. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19800011788/downloads/19800011788.pdf>

Carlota V.: Honda designs lightweight 3D printed crankshaft 3D Natives <https://www.3dnatives.com/en/honda-3d-printed-crankshaft-120320205/> (Letöltve:2023.02.05.)

Combustion engine cylinder heat sink designed by Cobra Aero. <https://www.ntop.com/innovation/combustion-engine-cylinder-heat-sink-designed-by-cobra-aero/> (Letöltve: 2023.06.13.)

Daniele Cirigliano - Aaron M. Frisch - Feng Liu - William A. Sirignano: Diesel, Spark-Ignition, and Turboprop Engines for Long-Duration Unmanned Air Flights. Journal Of Propulsion And Power (2018.01.23.) <https://doi.org/10.2514/1.B36547>

Dr. Zentay Péter – Dr. Hegedűs Ernő – Végvári Zsolt: A 3D nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei I-III. rész. Haditechnika 57. évf. 2023. évi 1-2. sz. pp. 49-55., pp. 57-62.
DOI:10.23713/HT.57.1.09

Drone Engine Maker Illustrates How Additive Manufacturing Well Suited to OEMs. <https://www.additivemanufacturing.media/articles/drone-engine-maker-illustrates-how-additive-manufacturing-well-suited-to-oems> (Letöltve: 2023.06.13.)

Drónháború. Jetplanes. <https://jetplanes.blog.hu/2020/12/03/dron-haboru> (Letöltve: 2023.06.13.)

Ember István: 3D nyomtatott lyukasztó töltetek hatásvizsgálata. Hadmérnök, 2022.évi 17. szám, 63-73. o.

Ficsor Botond: Fém 3D nyomtatás alkalmazásának lehetséges előnyei belsőégésű hőerőgépek fejlesztése és gyártása során, polgári és katonai aspektusból. NKE HHK ITDK. Budapest, 2023.

Foreign Import of Locally-Built Bayraktar TB-2 Turkish Drone Parts. <https://www.1lurer.am/en/2020/10/28/Foreign-Import-of-Locally-Built-Bayraktar-TB-2-Turkish-Drone-Parts/346626> (2022. október 21.)

H. A. J. Badiru - V. V. Valencia - D. Liu: Additive Manufacturing Handbook - Product Development for the Defense Industry. Routledge - CRC Press, 2020. 948. p. ISBN 9780367871215

Hegedűs Ernő - Hannel Sándor - Végvári Zsolt: A Bayraktar drónok I-II. rész. Haditechnika 57. évf. 2023. évi 1. szám pp. 35.-39.

Hannel Sándor: Állami és polgári felhasználású többfeladatú könnyű repülőgép koncepciója 198 p. Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE), Katonai Műszaki Doktori Iskola, Turcsányi Károly; Hegedűs Ernő Disszertáció benyújtásának éve: 2018, Védés éve: 2018 Megjelenés/Fokozatszerzés éve: 2018.

Hannel Sándor: Dízelmotorok felhasználhatóságának lehetőségei a katonai repülésben. Honvédségi Szemle, 65. évf. 2011. évi 5. szám pp. 24-29.

Hannel, Sándor: A repülésben használt dízelmotorok: kitekintéssel a hazai repülőgépmotor-előállítás jövőbeni lehetőségeire. Katonai Logisztika 20: 83-100. o. (2012)

Hisham Abdel-Aal PhD.: Additive Manufacturing of Metals: Fundamentals and Testing of 3D and 4D Printing. 1st Edition. McGrawHill, new York, 2021. 480. p. ISBN 1260464342

Horváth József: Az A2/AD környezet és az elektronikai hadviselés. Sereg Szemle. XV. évfolyam, 2. szám, 2017. április - június, 192. o.

Ian Gibson - David Rosen - Brent Stucker – J. B. Speed: Additive Manufacturing Technologies - 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Department of Industrial Engineering, University of Louisville, Louisville, KY USA. Springer, 2nd. ed. 2015. ISBN: 978-1493921126

Major Gábor – Békési Bertold: A pilóta nélküli légijárművek felhasználási lehetőségei háborús körülmények között az orosz-ukrán konfliktus árnyékában. Polgári Védelmi Szemle 2023. évi 15. Különszám pp. 297-324.

Melih Cemal Kushan: Aircraft Technology. IntechOpen, 2018. pp. 180. ISBN-13: 978-1789236446

Mohsen Attaran: Additive Manufacturing: The Most Promising Technology to Alter the Supply Chain and Logistics. School of Business and Public Administration, California State University, Bakersfield, California. Journal of Service Science and Management, 2017. június, 10. évf. 3. sz. 189–206 o., doi: 10.4236/jssm.2017.103017.

Nihad E. Daidzic - Luca Piancastelli - Andrea Cattini: Diesel engines for light-to-medium helicopters and airplanes. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace, 2014. 1(3).
<https://doi.org/10.15394/ijaaa.2014.1023>

Orion-E UAV showcased with Kalashnikov Vikhr missile at MAKS
<https://www.armadainternational.com/2021/08/orion-e-uav-showcased-with-kalashnikov-vikhr-missile-at-maks/> (Letöltés: 2023.06.13.)

Peter Korba - Ozgur Balli - Hakan Caliskan - Samer Al-Rabeei - Utku Kale: Thermodynamics, environmental damage cost, exergoeconomic, life cycle, and exergoenvironmental analyses of a JP-8 fueled turbodiesel aviation engine at take-off phase. Case Studies in Thermal Engineering, Volume 43, March 2023,
<https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102806>

Qods Mohajer-6. https://en.wikipedia.org/wiki/Qods_Mohajer-6 (Letöltés: 2023.06.13.)

Rákosi Sára - Sebők István - Szalai Tamás - Dr. Vég Róbert László: A 3D nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai. Katonai Műszaki Közlöny 32. évf. 4. sz.

Russia Braces for Attack by 50 000 Ukrainian Kamikaze Drone. Forbes, 2023. 03. 24. <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2023/03/24/russia-braces-for-attack-by-50000-ukrainian-kamikaze-drones-seeks-shotguns/?sh=23c5262f6ffc> (Letöltve: 2023.05.30.)

Russia Unveils New Mega-Drones at MAKS 2019 https://defense-update.com/20190828_russia-unveils-new-mega-drones-at-maks-2019.html (Letöltve 2023. 06.13.)

Sarah Saunders: Metal additive manufacturing helps Renault trucks reduce weight of 4-cylinder engine by 25% using 3D printed components. <https://3dprint.com/161346/renault-3d-print-engine-components/> (Letöltve: 2023.02.05.)

Stephen Pope: Diesel Aircraft Engines Revolution. Flying Magazine. Retrieved 20 April 2017.

Steven Weinzierl, Roger Wildemann, Barna Hanula: The Design and Development of a Light-Weight, High-Speed, Diesel Engine for Unmanned Aerial Vehicles. SAE Transactions, SAE International, Vol. 111, Section 3: JOURNAL OF ENGINES (2002), pp. 486-497. <https://www.jstor.org/stable/44743077> ;

Tom Murphy: IAV sees huge potential with 3D-printed pistons. Wardsauto TM. 2018.04.12 <https://www.wardsauto.com/engines/iav-sees-huge-potential-3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023.01.26.)

U.S. Plans To Sell Armed MQ-1C Gray Eagle Drones To Ukraine 'In The Coming Days'. <https://theaviationist.com/2022/06/02/u-s-plans-to-sell-armed-mq-1c-gray-eagle-drones-to-ukraine-in-the-coming-days/> (Letöltve 2023. 06.13.)

Ukraine Update: Is Ukraine developing a 100,000-strong drone swarm attack? Daily Kos, 2023.03.26. <https://www.dailykos.com/stories/2023/3/26/2160305/-Ukraine-Update-Is-Ukraine-developing-a-100-000-strong-drone-swarm-attack> (Letöltve: 2023.05.30.)

Таёжный «Форпост»: военные дроны защитят Сибирь от пожаров и паводков <https://iz.ru/1010829/anton-lavrov-aleksei-ramm-roman-kretcul/taezhnyi-forpost-voennye-drony-zashchitiat-sibir-ot-pozharov-i-pavodkov> (Letöltve: 2023.06.13.)

Bodnár István¹

THE EFFECT OF EMBEDDED SYSTEMS ON THE LOGISTIC SUPPORT OF THE MILITARY FORCES

A BEÁGYAZOTT RENDSZEREK HATÁSA A HADERŐ LOGISZTIKAI TÁMOGATÁSÁRA

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-073](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-073)

Abstract

Nowadays, almost all military technology contains some kind of cyber-physical component, with the exception of small arms. Large-scale industrial and military equipment now incorporate embedded systems without exception. The military forces must equip their logistic systems to store, manage, maintain, and repair these devices, asset systems, and components. The increasing complexity of military technologies requires a higher level of expertise, which is why armies alone cannot manage the entire logistics supply chain and therefore need to bring in external companies and specialists with the expertise to keep these technologies in a combat-ready state.

Keywords: military embedded system, procurement, commissioning, in-service-support

Absztrakt

Napjainkban minden katonai felhasználású eszközben található már valamilyen kiber-fizikai összetevő, ez alól talán már csak a kézfegyverek jelentenek kivételt. A nagyméretű polgári ipari és a katonai eszközökben is üzemelnek beágyazott rendszerek. A haderő logisztikai rendszereit fel kell készíteni ezen eszközök, eszközrendszerek és alkatrészeik tárolására, kezelésére, karbantartására, valamint javítására. A haditechnikai eszközök egyre komplexebb felépítettségük miatt ma-

¹ Bodnár István okl. mk. százados, Nemzeti Közszerológati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola doktorandusz, Rheinmetall International Services Hungary rendszermérnök. ORCID: 0000-0002-4761-1322

gasabb szintű szakértelmet igényelnek, ezért a hadseregek korlátozottan képesek kezelni a haditechnikai támogatás egyes feladatait a logisztikai támogatási láncban, így külső cégeket és szakembereket is alkalmazni kell, akik speciális szaktudásukkal hadra fogható állapotban tudják tartani a haditechnikai eszközöket.

Kulcsszavak: katonai beágyazott rendszer, beszerzés, üzembe helyezés, üzemben tartás

Introduction

In our present days, embedded systems getting to be more and more familiar in our environment as the devices became more complex and the parts of these are highly developed. These systems are made up of specialized computer hardware and software designed to perform specific functions, ranging from simple devices to complex systems.²

They are widely used next to ordinary use, we can find them across various industries, including the military. Embedded systems have become an integral part of modern military hardware. These systems offer advanced processing power in Small-Form-Factor (SFF) systems³. Military Embedded System (MES) covers various aspects of defense engineering, including radar, avionics, Artificial Intelligence (AI), electronic warfare, unmanned technology, and other defense segments.

In the sorted fields we had to integrate them into the logistics systems from the procurement through the commissioning until the in-service support and at the end of their life cycle we have to remove them from the system. Integrating embedded systems into logistics systems involves incorporating hardware and software components into a supply chain management system.

This integration requires expertise in both logistics and embedded systems, as well as a thorough understanding of the specific requirements of the forces.

² Bundalo, Z., & Bundalo, D. (2019). Embedded Systems Based on Open Source Platforms. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85806>

³ Group, S. M. (2017). Small Form Factor Embedded Systems. Small Form Factor Embedded Systems - Mobility Engineering Technology. <https://www.mobilityengineeringtech.com/component/content/article/adt/pub/features/articles/26993>

The necessity of the integration

The Hungarian Defense Forces (HDF) in the last decade has launched the Zrínyi Defense and Force Development Program which covers modernization programs and procurement of advanced military equipment. This program is the largest defense and military procurement in the close past in Hungary.⁴ The strategic objective of the country is to develop the HDF by 2030 to become a key military force in the region with the help of EU and NATO partners.

The biggest investor in this project is the German government and in particular, next to other huge military-industrial companies is the Rheinmetall incorporation. The company delivered the first Lynx infantry fighting vehicles to the HDF in 2023, including an initial supply of spare parts, and maintenance support as well⁵. This solution is a good example of the cooperation between the forces and the military industry. Outsourcing to external companies with expertise and experience can free up some resources for the military to focus on their core competencies but still, the force needs to upgrade itself to meet the new challenges of the new tools.

Of course, these fighting vehicles are made up of several embedded solutions that work together as part of a big system.

Based on current developments and procurements, the HDF must establish storage and management procedures for newly acquired equipment and parts. In preparation for the future, HDF logistics units must be equipped to handle all components related to embedded systems, including from the motherboard components, through the microchips, FPGAs (Field Programmable Gate Arrays), to the spare parts for the new systems. Proper warehouse management involving key processes such as receiving, storage, picking, and shipping is essential for maximizing space and ensuring accurate order fulfillment for the force.

⁴ Pike, J. (2019). Hungarian Defense Force - Modernization. Hungarian Defense Force - Modernization. <https://www.globalsecurity.org/military/world/europe/hdf-land-mods.html>

⁵ miniszterelnok.hu. (2021). Hungary to extend cooperation with German defence industry giant Rheinmetall <https://2015-2022.miniszterelnok.hu/hungary-to-extend-cooperation-with-german-defence-industry-giant-rheinmetall/>

Engineering

Developing an MES-based device requires careful construction design and execution which means from selecting the right hardware components to developing secure software, the systems demand meticulous attention to detail. It must be designed to operate in harsh environments, withstand physical stress, and maintain robustness at all times. Moreover, it must be optimized for power and energy efficiency, ensuring that it can operate for extended periods on limited power sources. The planning and developing process of these devices are intricate that require expertise in various fields, including hardware design, software development, and system integration.

In the developing process before the commissioning, we can count on the following steps⁶:

1. Define the system requirements - Determine the specific functionality and features required for the system.
2. Select the hardware components - Select the components that meet the system requirements and are rugged enough for military use.
3. Design the system architecture - Determine how the hardware components will work together to meet the system requirements.
4. Develop the software - Write the software programs that will run on the embedded.
5. Test the system - Test the system to ensure that it meets the requirements and is reliable.
6. Certify the system - Obtain the necessary certifications to ensure that the system meets military standards.

The MES requires additional considerations beyond those of general-purpose embedded systems. These systems must meet strict requirements for reliability, security, ruggedness, and efficiency⁷. MES must adhere to industry-specific standards and regulations and may require specialized certifications. It is important to carefully plan and

⁶ Reay, J.H. (2000). DoD Supply Chain Management Implementation Guide.

⁷ Vai, Vhelihan, & R Nahill. (2018, May). Secure Embedded Systems. In Lincoln Laboratory. Retrieved Apr 2, 2023, from https://www.ll.mit.edu/sites/default/files/page/doc/2018-05/22_1_9_Vai.pdf

execute the development process, including defining system requirements, selecting appropriate hardware components, designing system architecture, developing software, testing the system, and obtaining necessary certifications. It is highly recommended to work with experienced engineers and follow best practices for developing industrial- or military-grade embedded systems.

It is unlikely that forces would handle the assembly of embedded systems without external companies, as the development and assembly of electrical systems require expertise and specialized knowledge. Companies in the electronic industry have the necessary resources, equipment, and expertise to handle the development, assembly, and testing of the devices. Additionally, these companies have experience working with various types of microcontrollers and have a better understanding of the latest technological advancements. Therefore, it is more efficient and cost-effective for armies to outsource the development and assembly of embedded systems to external companies rather than trying to handle it themselves.

Procurement

When purchasing electronic or embedded based military hardware, it is also important to understand the expected lifespan of the product. Some solutions are designed for short-term use and may only be produced for a limited time. Others are designed for long-term use and may have a longer lead time.

The availability of replacement parts should also be considered when making a purchase. If replacement parts are difficult to find or no longer available, it may be difficult or impossible to maintain or repair the whole MES-based equipment in the future.

According to my approach, it is necessary to know the manufacturing lead time of the parts to count with this duration. In the case of products that are not commercial or not ready to use. The HDF logistics have to create a mechanism to handle them in their logistics system.

In the industry – which means also the defense -, mostly the hardware but in some cases also the software development approaches are classified into four categories: Commercial Off-The-Shelf (COTS), Modified Off-

The-Shelf (MOTS), Government Off-The-Shelf (GOTS), and Non-Developmental Item (NDI) or NOTS (Niche or NATO off-the-shelf software).⁸

These categories are necessary, especially in the industry, because it helps to identify the most appropriate approach to use for a particular project. Each concept has its advantages and disadvantages, and choosing the wrong approach can lead to project failure or cost overruns. By understanding the differences between these approaches, organizations can make informed decisions about which approach to use based on the project's specific requirements, budget, and timeline. This can help to ensure that software projects are completed on time, within budget, and meet the required specifications:

- COTS are readily available in the commercial market. These products are generally designed to meet the needs of a broad range of customers and do not require any significant modifications to meet the needs of a specific user.
- MOTS products that have been modified to meet the specific requirements of a particular user. This may involve adding new features, customizing the user interface, or integrating the software with other systems.
- GOTS is created specifically for use by the government or military. This type of software may be developed by government agencies themselves or by contractors working on behalf of the government.
- NOTS is available for use without modification. This may include items such as commercial off-the-shelf hardware, or software products that have been certified for use by the government without requiring any modifications.

It is crucial to distinguish between the different sources for obtaining subsystems when looking at military firms involved in projects. The government is responsible for procuring and supplying specific subsystems for military use, while some items can be obtained through specific regulations, emergency requirements, and those unique to nuclear ordnance material. Additionally, contractors must provide comprehensive data requirements for major weapon system subsystems, components, and spare parts. The HDF will be required to purchase certain subsystems, including both government-furnished equipment (GFE)

⁸ TechTarget. (2010, April 1). Data Center. <https://www.techtarget.com/searchdata-center/definition/COTS-MOTS-GOTS-and-NOTS>

and government-mandated equipment (GME), and provide them for the entire system.

Commissioning and Quality Assurance

Embedded systems have revolutionized the way military hardware operates, enabling sophisticated equipment to function with greater precision and efficiency. Commissioning military equipment with embedded systems requires careful planning, design, and testing to ensure reliable performance in the field.

The Quality Assurance (Q&A) process plays a critical role in the commissioning procedure by helping stakeholders make informed decisions. In the field of logistics, the Q&A process is especially important as it helps identify potential issues that may arise during the assembly and transportation of MES-based electronic systems. By collecting and analyzing data, the Q&A team can closely monitor the logistics process and take corrective action to prevent or mitigate these issues. An effective sampling plan is an integral part of the Q&A process, as it ensures that the data collected is representative of the entire logistics process. By optimizing logistics through an effective sampling plan and Q&A process, stakeholders can ensure that quality standards are met and that the final product is of the highest quality possible.⁹

In the development of embedded systems for military applications, both developmental and operational evaluation perspectives are considered during the planning and evaluation phases. The Test and Evaluation strategy involves on-site inspection acceptance tests, specifically the Systems Integration Test (SIT) the Factory Acceptance Test (FAT), and the Site Acceptance Test (SAT). The SIT involves the testing of complete equipment packages, including both hardware and software control systems. The goal of SIT is to ensure that all components are functioning correctly and that they are properly integrated with one another. By conducting SIT, engineers can identify and resolve any issues before the system is deployed in the field. FAT verifies that the system meets the performance and functional requirements specified by the customer, while the SAT confirms that the system operates correctly in its intended environment. These tests ensure that the MES-based war hardware is reliable and meets the needs of the

⁹ Borja, C. (2022, April 26). What is Quality Assurance? How QA Can Improve Your Business - SweetProcess. <https://www.sweetprocess.com/quality-assurance/>

military and helps to minimize downtime and reduce the risk of costly repairs or replacements.¹⁰

Military organizations should adopt secure coding practices, including static and dynamic analysis, unit and integration testing, and requirements traceability. When dealing with MES, it is crucial to ensure that they are safe, reliable, and secure, and coding guidelines must follow industrial or government-mandated standards. Testing MES solutions presents unique challenges, and it is crucial to develop and execute test cases that focus on the specific requirements of the system. For life-critical and mission-critical systems, extensive testing is required. A disciplined methodology within an organization can help teams cooperate effectively, and bidirectional traceability is essential to ensure that every requirement is covered and linked back to higher-level objectives. By using a combination of test and analysis tools and methods, military organizations can create secure devices that meet their specific needs.

In-Service Support (ISS)

The ISS is a logistical service management definition that refers to a set of activities that are designed to ensure the reliability, availability, maintainability, and durability of MES equipment during operational missions and training. ISS includes various processes, such as training, ground support systems, technical publications, repair and overhaul, spare procurement, and modifications. The ultimate goal of ISS is to ensure maximum system availability for the forces, and it is critical for maintaining the long-term reliability and availability of the equipment.¹¹

To guarantee that MES operates optimally, it is essential to have a robust supply chain for spare parts and logistics management. One way to achieve this is to outsource these tasks in the frame of ISS to external companies with experienced experts instead of relying solely on the military. This approach allows the military to concentrate on its core tasks while freeing up resources that would have been spent on managing and maintaining the supply chain. Moreover, the primary objective of Army

¹⁰ RINA.org. (n.d.). FAT, SIT, String and SAT Services - RINA.org. <https://www.rina.org/en/fat-sit-string-and-sat-services>

¹¹ Berkok, U., Penney, C., & Skogstad, K. (2013). In-service support: best practices of selected countries. Contract, 7, 7B4. https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc131/p538246_A1b.pdf

maintenance is to guarantee unit readiness by maintaining weapon systems and equipment in a fully mission-capable state. It is critical to have a dependable and efficient supply chain for spares and maintenance to ensure that MES function optimally and are always mission-ready.

The HDF and the ISS company experts can cooperate by working together to ensure that military hardware is properly maintained and repaired. The ISS company can provide technical expertise and knowledge support for the force, while the HDF can provide logistical and operational support. This can be achieved through regular communication, joint training exercises, and the establishment of clear lines of responsibility and accountability. That is a good way to keep the military equipment in good working order, which is essential for the success of military operations.

In the military equipment industry, it's common for manufacturers to bid for or establish a subsidiary dedicated to supplying a specific equipment system for the ISS. This is partly because military equipment production typically lasts for 5-10 years before moving on to newer models and development. However, support for a single piece of equipment may be required for up to 20-30 years after production completion, and the parent company often prefers not to bear this responsibility. As a result, a separate subsidiary is usually set up to handle long-term support.

Logistical challenges in the MES integration

Logistics management plays a critical role in ensuring the success of any military operation. In general, we can obtain the proper management of operations support chains, transportation, and distribution of resources can determine the effectiveness of military operations. This is especially true when it comes to MES, which are critical in modern warfare.¹²

MES refers to the use of advanced technology in military equipment, including communications systems, weapons, and surveillance equipment. These systems require a unique approach to logistics management, as they are often highly specialized and require specialized support and maintenance.

¹² Zijm, H., Klumpp, M., Regattieri, A., & Heragu, S. (Szerk.). (2019). Operations, Logistics and Supply Chain Management. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92447-2>

One of the key challenges in managing the logistics of MES is the need for rapid deployment. Military operations often require the rapid movement of personnel and equipment to remote locations, with short notice. This requires careful planning and coordination to ensure that all necessary equipment and resources are available when and where they are needed. Another challenge in managing the logistics of MES is the need for specialized training and support. These systems often require highly trained personnel to operate and maintain them effectively. They also may require specialized parts and equipment that are not readily available in all locations. This condition requires careful planning to ensure that the necessary resources are available when needed.

In order to overcome these obstacles, it's crucial for the military to possess a highly advanced logistics management system that can ensure the swift deployment, accessibility, and maintenance of military equipment and systems. Such a system should comprise cutting-edge tools for operations support chain management, transportation management, and distribution networks, which would facilitate the smooth movement of resources and equipment.

In properly acquiring and maintaining MES, the military needs to allocate significant resources towards training programs that empower their personnel to operate and maintain these systems effectively. These training programs should encompass both theoretical and practical aspects and should be complemented by ongoing support and maintenance initiatives that guarantee the long-term viability of these essential technologies.

One of the key benefits of effective logistics management for MES-based equipment is the ability to improve operational efficiency. By ensuring that all necessary MES-related solutions and resources are available when and where they are needed, military operations can be conducted more efficiently and effectively. This can help to reduce costs, improve mission success rates, and minimize the risk of equipment failure or downtime.

Storage

The storage of embedded-based systems is very common in electrical equipment. In logistical warehouses is crucial to ensure their

safety and longevity. The basis of storing electronic equipment in warehouses lies in the proper handling of the equipment, protection from environmental factors such as moisture, dust, and temperature changes, and ensuring adequate security measures to prevent theft or damage. Proper packaging, labeling, and documentation are also essential for efficient storage and retrieval of the equipment when needed. In addition, regular maintenance and periodic checks are necessary to ensure that the equipment remains in good condition during storage. Some devices need to be stored in a way that allows them to be charged with an electric current.¹³

Spare parts for key components of embedded systems could become more and more scarce, mainly in the case of digital technologies. As manufacturers have gone out of business, engineers have retired, and machine tools have rusted. All of us remember that the military has resorted to cannibalization – taking parts from older, not yet supported, mainly Soviet equipment – which increases wear and tear on those devices and contributes to higher maintenance costs. Spare parts shortages and other on-the-job frustrations are the top reasons troops leave the military. Incorporating the use of certified used replacement parts, similar to commercial companies, could lead to cost savings on maintenance and improve the force's mission readiness. Additionally, investing in new spare parts will likely provide better service at the same or lower total cost to the HDF.

System operation

Operating embedded system-based military hardware poses several challenges. MES are designed to perform specific tasks in military applications, from communication through navigation to weapons systems. These systems collect and process information to aid military commanders in making informed decisions. The use of wireless technologies, cloud computing, and AI is driving the demands for MES. They require more reliability, security, and structure than general-purpose embedded systems. The major challenges include managing obsolescence, incorporating new technology, and ensuring not just compatibility but interoperability with other regularized military systems.

¹³ Army Regulation 740–1 - Storage and Supply Activity Operations. (2008). DoD. https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/pdf/web/r740_1.pdf

However, emerging trends related to standards AI for military, airspace, and aerospace applications, and more robust safety and cybersecurity measures are helping to meet these challenges. AI is becoming increasingly important in military applications. It can be used to analyze large amounts of data quickly, identify patterns, and make predictions. AI can also be used to control autonomous systems, such as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). The use of AI in MES is expected to grow in the future.¹⁴

MES are also used in various applications, including airspace and aerospace. Military aircraft and spacecraft require highly reliable and secure systems. MES are designed to operate under extreme conditions. I can mention the main line of my research topic what about the Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) systems.¹⁵ I am looking at how MES-based solutions can be integrated into these systems, from the technicians and soldiers fighting in the field, through the data transmission systems, to the central processing systems.¹⁶

Safety and cybersecurity are critical concerns in MES as the military hardware must operate reliably and securely, and any compromise of the system can have severe consequences. More robust safety and cybersecurity measures are being developed to ensure that military electrical equipment remains secure and operational.

Remove from the system

MES or a spare part of it at the end of its life cycle can operate no longer as intended. In addition, they may contain hazardous materials such as lead, mercury, and cadmium, which can be harmful to the environment and human health if it is not properly disposed. Removing these records of embedded parts from the logistics system ensures that they are not accidentally used or mistakenly built in again, and that

¹⁴ Zeimpekis, V., Kaimakamis, G., & Daras, N. J. (Szerk.). (2015). *Military Logistics: Research Advances and Future Trends* (Köt. 56). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12075-1>

¹⁵ DoD. (1992). *Compatibility, Interoperability, and Integration of Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Systems*. https://fas.org/irp/doddir/dod/d4630_05.htm

¹⁶ Courtney. (2017). SFF embedded computing for C4ISR. *Military Aerospace Electronics*. Retrieved May 8, 2023, from <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/16709883/sff-embedded-computing-for-c4isr>

they are properly handled in accordance with actual regulations. Proper disposal or recycling of electronic systems also helps to conserve natural resources and reduce waste.¹⁷

Removing electronic systems from the logistics system at the end of their life cycle requires proper disposal methods that are safe for both the environment and humans. Here are some steps to follow:

- Identify the electronic systems that need to be removed from the logistics system.
- Ensure that the data in the electronic systems are wiped clean to prevent any sensitive information from getting into the wrong hands.
- Determine if the electronic systems can be reused or refurbished.
- If the electronic systems cannot be reused or refurbished, dispose of them using proper methods such as recycling or sending them to an electronic waste disposal facility.
- Follow all local, state, and federal regulations related to the disposal of electronic systems.
- Document the disposal process to ensure compliance and transparency.

Summarize

This article explores the fusion of MES-based equipment and parts in military logistics, encompassing a range of defense engineering aspects. MES has emerged as an indispensable constituent of contemporary military hardware, as they provide high-performance computing capabilities in compact systems. The integration of such systems into logistics necessitates expertise in both logistics and engineering, along with a comprehensive understanding of the unique demands of the military. This integration involves assimilating hardware and software components into an operational supply chain management system, starting from procurement to the end of their life cycle.

¹⁷ Richard G. Sharpe (2017, September 14). Cyber-Physical Systems in the Re-use, Refurbishment and Recycling of Used Electrical and Electronic Equipment - ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.087>

References

Army Regulation 740–1 - Storage and Supply Activity Operations. (2008). DoD.

https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/pdf/web/r740_1.pdf

Attwood, D. (2021, December 12). Military communications systems and equipment for the land defence industry. Army Technology. <https://www.army-technology.com/buyers-guide/military-communications/>

Berkok, U., Penney, C., & Skogstad, K. (2013). In-service support: best practices of selected countries. Contract, 7, 7B4. https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc131/p538246_A1b.pdf

Borja, C. (2022, April 26). What is Quality Assurance? How QA Can Improve Your Business - SweetProcess. <https://www.sweetprocess.com/quality-assurance/>

Bundalo, Z., & Bundalo, D. (2019). Embedded Systems Based on Open Source Platforms. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85806>

Cadence PCB solution (2022, June 7). Significance of Embedded Systems Used in Military Applications | Advanced PCB Design Blog | Cadence. <https://resources.pcb.cadence.com/blog/2022-the-significance-of-embedded-systems-used-in-military-applications>

Courtney. (2017). SFF embedded computing for C4ISR. Military Aerospace Electronics. Retrieved May 8, 2023, from <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/16709883/sff-embedded-computing-for-c4isr>

DoD. (1992). Compatibility, Interoperability, and Integration of Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Systems. https://fas.org/irp/doddir/dod/d4630_05.htm

Group, S. M. (2017). Small Form Factor Embedded Systems. Small Form Factor Embedded Systems - Mobility Engineering Technology. <https://www.mobilityengineeringtech.com/component/content/article/adt/pub/features/articles/26993>

miniszterelnok.hu. (2021). Hungary to extend cooperation with German defence industry giant Rheinmetall <https://2015-2022.miniszterelnok.hu/hungary-to-extend-cooperation-with-german-defence-industry-giant-rheinmetall/>

Reay, J.H. (2000). DoD Supply Chain Management Implementation Guide.

Richard G. Sharpe (2017, September 14). Cyber-Physical Systems in the Re-use, Refurbishment and Recycling of Used Electrical and Electronic Equipment - ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.087>

RINA.org. (n.d.). FAT, SIT, String and SAT Services - RINA.org. <https://www.rina.org/en/fat-sit-string-and-sat-services>

TechTarget Data Center (2010, April 1). What is COTS, MOTS, GOTS, and NOTS? <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/COTS-MOTS-GOTS-and-NOTS>

Vai, Vhelihan, & R Nahill. (2018, May). Secure Embedded Systems. In Lincoln Laboratory. Retrieved Apr 2, 2023, from https://www.ll.mit.edu/sites/default/files/page/doc/2018-05/22_1_9_Vai.pdf

Pike, J. (2019). Hungarian Defense Force - Modernization. Hungarian Defense Force - Modernization. <https://www.globalsecurity.org/military/world/europe/hu-hdf-land-mods.html>

Zijm, H., Klumpp, M., Regattieri, A., & Heragu, S. (Szerk.). (2019). Operations, Logistics and Supply Chain Management. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92447-2>

Ficzere Péter¹

ADDITÍV GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁK KATONAI ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA

EXPLORING THE POTENTIAL OF ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES FOR MILITARY APPLICATIONS

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-088](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-088)

Absztrakt

Az additív gyártástechnológiák felhasználása egyre jobban elterjedt. Egy ilyen új és innovatív technológiának természetesen a hadiiparban is meg kell jelennie, annak ellenére, hogy ezen a területen sok szigorú biztonsági kritériumnak is meg kell felelnie. Jelen tanulmány a teljesség igénye nélkül bemutat néhány számottevő katonai alkalmazást, ahol a közeljövőben várhatóan az additív technológiák teret fognak hódítani.

Kulcsszavak: hadiipar, additív gyártás, 3D nyomtatás

Abstract

The application of additive manufacturing technologies is becoming more widespread. Such a new and innovative technology should obviously also be used in the defence industry, despite the many strict safety criteria that have to be met in this field. This study presents, in a comprehensive way, some of the notable military applications where additive technologies are expected to gain a larger presence in the near future.

Keywords: defence industry, additive manufacturing, 3D printing

¹ Budapest University of Technology and Economics, Department of Railway Vehicles and Vehicle Systems Analysis, H-1111 Budapest Műegyetem rkp.3.
ficzere.peter@kjk.bme.hu

1. Bevezetés

Az additív gyártástechnológiák széleskörű terjedésének köszönhetően egyre több helyen használhatjuk ki a technológia előnyeit. Természetesen az ilyen elven gyártott valós, beépítésre és tartós működtetésre szánt alkatrészek esetén különösen fontos a technológiák sajátosságainak pontos ismerete. Ugyanígy szükséges az is, hogy megfelelő alapanyagok álljanak rendelkezésünkre. A különböző területekre szánt alkatrészekkel szemben különböző követelményeket támasztunk [11]. Sokszor (pl. orvosi implantátumok esetén) nincs lehetőség arra, hogy a végleges beépítés helyén vizsgáljuk meg az adott alkatrészt a feladata ellátásának képessége céljából, és már korábban valamilyen módon meg kell győződnünk arról, hogy kellő mértékben teljesít-e [1], [10], [12].

Az additív gyártást (AM), amely széles körben 3D nyomtatásként ismert, az ipari versenyképesség javításának egyik kulcsfontosságú alaptermékjévé határozhatjuk meg, mivel gyors, decentralizált és rugalmas gyártást tesz lehetővé. Az additív gyártást már alkalmazzák a civil (polgári) iparágakban, a fegyveres erők azonban még messze vannak attól, hogy teljes mértékben kiaknázzák a technológiában rejlő lehetőségeket.

Az additív gyártás piacának várható növekedése számos előnnyel járhat. Ilyenek a szerszámok és alkatrészek gyártásának költségcsökkentése, a tervezés javítása, a végfelhasználóhoz való eljutás idejének csökkentése, a műszaki és kereskedelmi versenyképesség növelése. Mindemellett a 3D nyomtatás a pótalkatrészek és a berendezések alkatrészeinek gyártása révén jelentős hatást gyakorolhat a haditechnikai eszközök (hadfelszerelések) üzemfenntartására.

Mivel a légi, szárazföldi és tengeri védelmi rendszerek összetett és különleges alapkonsrukciókkal rendelkeznek, az AM testreszabási lehetősége, valamint a helyszíni és igény szerinti alkalmazhatósága különösen fontos a haderő számára. Ugyanígy előnyös a súlycsökkentés, valamint az alkatrészek ellenállóképességének és tartósságának növelése, amelyet a hagyományos szubtraktív gyártási eljárásokban a feldolgozási és időbeli korlátok miatt nehezebb volt elérni. Továbbá az AM-technológiák rendkívül ígéretesek lehetnek a katonai képességek - például a távoli vagy ellenséges környezetben telepített erők logisztikai támogatása - fokozására. A meghibásodások és a hadfelszerelé-

sek rendelkezésre állásának helyreállítása közötti idő, a jelentős mennyiségű tartalék alkatrész szállítása és tárolása csökkenthető, amely a kapcsolódó költségcsökkenéssel együtt jár, kisebbé téve a művelet logisztikai lábnyomát is.

Az "Additive Manufacturing Feasibility Study & Technology Demonstration" projekt sikeresen telepített egy 3D nyomtatási labort Zaragoza-ba (Spanyolország) a 2017 júniusában az Európai Unióhoz tartozó EDA (European Defence Agency: Európai Védelmi Ügynökség) és az EATC (European Air Transport Command: Európai Légiszállítási Parancsnokság) által megrendezett EAATTC 17-3 kiképző tanfolyam idejére, amely a 2017. év harmadik EAATTC (European Advanced Airlift Tactics Training Course: Európai Korszerű Légiszállítási Harcászat Kiképző Tanfolyam) volt. Az AM-labor sikeres tesztrepülése kulcsfontosságú volt a létesítmény légi úton történő telepítése megvalósíthatóságának vizsgálatában.

A telepítés során az AM-labor nagy érdeklődést váltott ki az EAATTC 17-3-ban részt vevő multinacionális cégek körében. A telepítés azt is kiemelte, hogy az AM-technológiák iránt nagy az érdeklődés és a bennük rejlő potenciál valamennyi katonai ágban (pilóták, karbantartók, technikusok és logisztikai támogatás), nagyon érdeklődtek az iránt, hogy a 3D nyomtatás milyen előnyökkel járhat a saját szakterületükön. Az ebből a bevetésből levont tanulságok hozzájárulnak a jövőbeli 3D nyomtatási létesítmények tervezésének és követelményeinek alakításához. Az AM-ben rejlő védelmi potenciál tudatosítása döntő fontosságú. Ugyanilyen fontos lesz összhangot teremteni az eljárással foglalkozó K+F-közösség és az alkalmazó katonai személyzet között, és segíteni a K+F-közösséget abban, hogy megértse a védelmi szféra képességigényeit. Emellett képzésre is szükség van ahhoz, hogy ez a technológia hatékony és hozzáférhető legyen a katonai felhasználók számára [2].

A technológiai oldalról további munka várható az additív gyártásnak a könnyű ballisztikai védelem terén történő felhasználásával kapcsolatban. További kulcsfontosságú kihívások a folyamatok szabványosítása, az előállított alkatrészek tanúsítása és a jogi szempontok figyelembevétele.

E technológiai fejlesztések alkalmazása növelheti a fegyveres erők logisztikai és műveleti képességeit, és a haderő számára döntő fontosságú lehet a gyorsan változó technológiai és konfliktusos környezetben [3].

Az additív gyártást széles körben alkalmazzák számos ágazatban, többek között a hajógyártásban, a repülőgépiparban és az autóiparban. Nem meglepő tehát, hogy a védelmi szektorban is egyre inkább használják világszerte. Valójában a katonai 3D nyomtatási ágazat értéke 2027-re várhatóan 1,7 milliárd dollárt fog elérni, amely jól mutatja a technológiák fontosságát. Tekintettel arra, hogy a sebesség, a kisebb súly és az alacsonyabb költségek mind elsődleges fontosságúak, az additív gyártás minden bizonnyal szerepet játszik majd az ágazat jövőjében [4].

2. Módszertan

Jelen tanulmányom egy irodalmi áttekintés, melyben néhány ismeretebb és megvalósult alkalmazási példán keresztül mutatom be, hogy milyen lehetőségek rejlenek az additív gyártástechnológiák katonai alkalmazására. Természetesen ez a terjedelmi korlátok miatt messze nem teljes körű, az itt bemutatott példákon túl számos, más katonai területen is alkalmazhatók az additív technológiák.

3. Az additív gyártás alkalmazási példái a védelmi ágazatban

3.1. Új fejlesztésű 3D nyomtató

Az amerikai hadsereg annyira meg van győződve az additív gyártás előnyeiről, hogy tavaly bejelentették a világ legnagyobb fém 3D nyomtatójának megépítését.

Az amerikai DEVCOM Army Ground Vehicle Systems Center az ASTRO America, az Ingersoll Machine Tool, a Siemens és a MELD Manufacturing at Rock Island Arsenal - Joint Manufacturing and Technology Center segítségével dolgozik a nyomtató megépítésén. A nyomtató a Jointless Hull projekt része lesz, amelynek végcélja a harcjárművek monolitikus (egy darabból álló) járműtestének nyomtatása.

A bejelentéskor úgy becsülték, hogy a projekt körülbelül 14 hónapot vesz igénybe, és a végeredményként elkészülő nyomtató 30 láb hosszú, 20 láb széles és 12 láb magas fémalkatrészek nyomtatására lesz képes [4].

3.2. 3D nyomtatott leszállópálya az amerikai légierő számára

A védelmi szektorban egy másik alkalmazás az ITAMCO-tól (Indiana Technology and Manufacturing Companies) származik, amely additív gyártás segítségével fejlesztett ki egy futópályát katonai expedíciós repülőterek számára. Ezek a futópálya-szőnyegek az expedíciós repülőterek (Expeditionary Airfields, EAF) alapvető alkotóelemei. Funkciójuk az, hogy a gyengébb talajfelület esetén lehetővé tegyék a katonai repülőgépek le- és felszállását. Korábban alumíniumdeszkákból készült hordozható kifutópályát használtak, de mivel ez elavulttá vált, a hadseregnek innovatív megoldást kellett találnia. A német EOS cég M290 3D nyomtatójával egy sokkal könnyebb és tartósabb modellt készítettek az amerikai légierő katonai felszereléséhez [4].

3.3. Katonai modulok, az additív gyártás innovatív alkalmazása a védelemi iparágban

Az ExOne cég azzal a céllal, hogy felgyorsítsa az erős és robusztus 3D nyomtatott gyári modulok fejlesztését, több partnerrel együttműködve bekapcsolódott a feladat megvalósításába. Konkrétan a Defense Logistics Agency (DLA) projekt-szerződéséről van szó, amelynek értéke 1,6 millió dollár volt. A folyamathoz az ExOne Binderjet technológiáját adaptálták katonai felhasználásra, mivel gyorsasága, az anyagok rugalmassága és könnyű felhasználhatósága révén a lehető legjobban megfelel a hadsereg sajátos igényeinek. A kifejezetten a hadsereg számára tervezett 3D nyomtató állítólag több mint 20 fém, kerámia és egyéb poranyag kötőanyag alkalmazására képes. Emellett az egyedi ház és egyéb igénybevételi jellemzők tökéletesen alkalmassá teszik katonai felhasználásra. [4].

3.4. Az additív gyártás előnyei az amerikai haditengerészetnél

A tengerészgyalogosok felfedezték, hogy a 3D nyomtatásnak köszönhetően innovatív szerszámokat állíthatnak elő járműveik karbantartásához. Konkrétan a tengerészgyalogság rendszerparancsnoksága az ellátó zászlóaljjal és ipari partnerekkel együttműködve additív módon fémből gyártott a kormánykerekek eltávolítására szolgáló szerszámokat, segítve ezzel egy gyakori problémás műveletet, amelyet sűrűn kell végrehajtani a haditengerészeti gépjárművek karbantartása során [5], [9]. A karbantartási idő csökkenésével és a készenlét növekedésével jár előnyökkel az additív gyártás jelentős előnyöket biztosít, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy az ilyen alkatrészek pótlásának tényleges várakozási ideje körülbelül 25 nap [4], [6], [8].

3.5. Az additív gyártással előállított hajócsavar a francia védelmi ágazat számára

A neves francia Naval Group vállalat már több éve alkalmazza a 3D nyomtatást különböző igények kielégítésére. 2021-ben az additív gyártásnak, pontosabban a WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) eljárásnak köszönhetően a Naval Group 3D nyomtatással készített egy hajócsavart. Az öt darab 200 kg-os lapátból álló csavart ezután felszerelték az Andromeda nevű aknakereső hajóra. A projekt mögött álló csapatok kifejtik, hogy a technológia alkalmazásával drasztikusan lecsökkentették a gyártási időt és minimalizálták a felhasznált anyagok számát [7].



1. számú ábra. 3D nyomtatással készített hajócsavar [4]

4. Következtetések

A bemutatott példákon keresztül is látszik, hogy az additív gyártástechnológiák alkalmazása még csak a kezdeti lépéseket tette meg a hadiiparban. Ugyanakkor az is látszik, hogy annak számos területén kísérleteznek vele, alkalmazási lehetőségeit vizsgálják. Nyilvánvaló előnyei - az egyedi geometriák előállíthatósága, a gyártási rugalmasság, a tömeg- és a költségcsökkentés, a logisztikai támogatás és az alkatrész utánpótlás – következtében biztosan kijelenthető, hogy alkalmazását egyre több területen fogják bevezetni.

Fontos megjegyezni, hogy katonai alkalmazások (kiemelt biztonsági kritériumok) esetén az eljárásokkal és a felhasznált anyagokkal szemben speciális követelményeknek (műszaki és jogi megfelelés) kell megfelelni [13]. Ezek teljesítése több időt vesz igénybe. Így bevezetésük is a piacnál lassabb lehet.

Hivatkozások

- [1] Ficzer, P.: Design Questions of the Individual Medical Implants, In: Haber, Istvan; Bogdan, Csaba; Szoke, Andras (szerk.) Proceedings of 4th International Interdisciplinary 3D Conference: Engineering Section, Pécs, Magyarország: Pécsi Tudományegyetem, pp. 57-67., (2018)
- [2] Turcsányi Károly Harckocsik a haderőben - a konstruktőrök és a döntéshozók erkölcsi felelőssége, In: Koltai, Péter (szerk.) Kik mentik meg a világot? A műszaki értelmiség társadalmi felelőssége, Budapest, Magyarország: Papirusz Book (2020) pp. 163-174.
- [3] P. Lopez Vicente, European defence matters, 14th Issue, <https://eda.europa.eu/webzine/issue14/cover-story/additive-manufacturing-in-defence>
- [4] <https://www.3dnatives.com/en/the-use-additive-manufacturing-defense-sector300620224/#!> (downloaded 10. Oct. 2022)
- [5] Alzyod, H., Ficzer, P.: Finite Element Modeling of Additive Manufacturing in Case of Metal Parts, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 50(4), pp. 330–335. <https://doi.org/10.3311/PPtr.19242>, (2022)
- [6] Ficzer, P., Borbás, L., Török, Á.: Economical investigation of rapid prototyping. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 3 (3), pp. 344–350, <https://doi.org/10.7708/ijtte> 2013.3(3).09., (2013)
- [7] Ficzer, P.: The Impact of the Positioning of Parts on the Variable Production Costs in the Case of Additive Manufacturing, Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 50(3), pp. 304–308. <https://doi.org/10.3311/PPtr.15827> (2022)
- [8] Ficzer, P.: Effect of 3D printing direction on manufacturing costs of automotive parts, international journal for traffic and transport engineering 11: 1 pp. 94-101. <http://dx.doi.org/10.7708/ijtte> 2021.11(1).05 (2021)

- [9] Alzyod, H., & Ficzer, P. Using Finite Element Analysis in the 3D Printing of Metals. *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, 49(2), 65–70. <https://doi.org/10.33927/hjic-2021-24> (2022)
- [10] Ficzer, P.: Research on and Practice of Additive Manufacturing Technologies. *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, 49(2), 59–64. <https://doi.org/10.33927/hjic-2021-23>, (2022)
- [11] Ficzer, P., Borbás, L.: Experimental dynamical analysis of specimens' material properties manufactured by additive technologies, *Materials Today: Proceedings*, Volume 12, Part 2, Pages 352-357, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.03.135> (2019)
- [12] Alkentar, R., Mankovits, T.: A Study on the Shape and Dimensional Accuracy of Additively Manufactured Titanium Lattice Structures for Orthopedic Purposes, *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 66(4), pp. 336–343, <https://doi.org/10.3311/PPme.20382>, (2022)
- [13] Turcsányi, K.: Szempontok és módszerek a haditechnika megfelelőségének a megítéléséhez, *Hadtudomány: a magyar hadtudományi társaság folyóirata* 26. különszám pp. 90-102. (2016)

Zsolt Lévai¹

THE COMPLEX REQUIREMENT MODEL FOR THE DEFENCE PREPARATION OF THE RAILWAY INFRASTRUCTURE

A VASÚTI INFRASTRUKTÚRA KOMPLEX VÉDELMI CÉLÚ FELKÉSZÍTÉSÉNEK KÖVETELMÉNYSZEMLE

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-096](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-096)

Abstract

The military security of Hungary requires that the tasks of defence preparations to be fully accomplished. It is possible only with properly functioning systems. In order to implement rail transport tasks, it is necessary to ensure the operation of this sub-sector and, within this context, the preparation of this sub-sector for defence purposes, i.e., to define the current tasks that must be carried out as part of defence preparation in order to maintain the sub-sector's functional ability. In this article, I present the requirement model I have developed to be able to define these tasks.

Keywords: national defence, defence preparation, railway transport, requirement model, military logistics

Absztrakt

Magyarország katonai biztonsága megköveteli, hogy az ennek érdekében végzett feladatok maradéktalanul teljesíthetők legyenek. Ez csak megfelelően működő rendszerekkel lehetséges. A vasúti szállítási feladatok végrehajthatóságához szükséges az alágazat működésének biztosítása, ennek keretében pedig a szektor védelmi célú felkészítése, vagyis meg kell határozni, hogy melyek azok a jelenkori feladatok, amelyeket a védelmi felkészítés keretében el kell végezni a szektor működőképességének fenntartásához. A cikkben a feladatok meghatározásához általam megalkotott követelményszemle-t mutatom be.

¹ Senior researcher – KTI Hungarian Institute for Transport Sciences and Logistics Non Profit Limited Liability Company, PhD student, University of Public Services, Faculty of Military Sciences and Officer Training, Doctoral School of Military Engineering, ORCID: 0000-0003-2410-1730

Kulcsszavak: országvédelem, védelmi célú felkészítés, vasúti közlekedés, követelménymodell, katonai logisztika

Introduction

Transport networks are the main arteries of a country because of their vast extent. This is also fully true for railway transport. The standard gauge (1435 mm) used over most of the continent allows trains to run from England to Greece and from the Mediterranean to the North Sea. Artificial obstacles (e.g., different track gauges, different traction voltage) are now easily overcome by modern technology (e.g., gauge-changing wagons, multi-current traction vehicles), so it is fair to say that railway transport plays a major role in Europe's economy as a mode of passenger and freight transport.

As part of the transport system, railway transport contributes to the military defence of a country. The movement and transport requirements of the army is one of the priority aspects of the defence of the country, which needs an undisturbedly operating transport system. The military movements and transportation (M&T) requirements are over the control of the military logistic support system. The military logistic support is responsible to full fill the material, medical, transport and accommodation needs of military units.² In the field of logistics, the M&T support organizations are responsible for the management of this functional area. M&T support is the set of activities carried out by military and civilian transport agencies and units to meet military transport needs and to maintain uninterrupted transport flows at home or in foreign territory based on a coherent concept and plan.³

When a disturbance occurs in the transportation system, it is blocks, the transport process, and the movements cannot be executed in the planned way. This could lead to the disruption of the transport system. The substitution of railway transport by other sub-sectors is possible, but this could lead to congestion in other modes of transport, both for passenger and freight. The resulting congestion can cause significant damage to the world economy, as it was seen in the case of the stuck

² Szászi Gábor: Katonai logisztika; In: Lakatos Péter (szerk.): Logisztika a közszolgálatban, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2018, pp. 165-216.

³ Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína; Magyar Honvédség Közlekedési Főnökség, Budapest, 2005, p. 12, point 101.

cargo ship in the Suez Canal.⁴ It is, therefore, necessary to protect railway infrastructure to ensure the sustainability of transport and the whole economy.

Therefore, it is of both military and societal interest to include the strengthening of the defence capabilities and to prepare it for emergencies. Moreover, the success of the fight against terrorism requires coordinated government action and the strengthening of the system.

In general, the shared civil-military use of transport systems requires an adequate level of protection that can ensure their use both in normal conditions and under the circumstances of an emergency period or their replacement in the event of disruption as well. Indeed, the availability of transport networks as a means of satisfying military logistical processes is essential for the defence of a country or even for responding to crises.

The transport infrastructure of a country has many elements that not only meet the mobility needs of a country but also cover the trafficking within and even between continents. It is quite natural that not all the elements of a network can or should be considered as elements to be protected. Since the spread of terrorism, the way in which potential risks of critical infrastructures can be calculated and analysed has expanded.⁵ The definition of risks must take into account the threat, the vulnerability of components of the whole system or element and the expected consequences of the eventual occurrence of an incident.

It is also necessary to identify which elements of the transportation infrastructure are critical network elements whose protection should be given higher priority.

Almost all public and common perceptions assume that critical infrastructures are those high-value elements and subsystems whose failure, linked to an extreme event, could result in the loss of life, economic disadvantage, material damage and disruption of the daily life of society and the public administration. It is also important to see that there

⁴ Russon, Mary-Ann: The cost of the Suez Canal blockage; BBC, 2021. 03. 29., online: <https://www.bbc.com/news/business-56559073> (downloaded: 25. 04. 2021.)

⁵ Ronyecz Lilla: Létfontosságú rendszerek és létesítmények védelmével kapcsolatos kockázatelemzési módszertan szakirodalmának bemutatása; Védelem Tudomány, 3:3, 2018, pp. 112-132.

can be interdependencies between the functions of different infrastructures, as the condition of one infrastructure can affect the condition of another or be linked to the condition of another.⁶

The definition of critical infrastructure protection states that it is protecting vital network elements from attack and damage, essentially caused by intentional human actions. The protection also needs to be extended against natural hazards, which can disrupt the operation of supply chains. From a military point of view, the protection of critical network elements is necessary to be able to maintain the country's defence capability.

We can only perform the protection of the critical infrastructure in a right way if the method implemented is the foresight, not the reaction. Thinking in advance means always a real advantage. We need critical infrastructure protection in the military sector as well, and it means the tasks to defend the properly functioning systems. The Host Nation Support and the RSOM⁷ tasks need a functioning transport system. The M&T is defined as a part of the military logistics support system. In this context, to prepare the sector for defence purposes means to define the current tasks that must be accomplished to maintain the sector's ability to operating well.

The need for the requirement model

The two basic elements of defence preparedness will be defined in the following paragraph. They can be derived from the interpretation of the transport tasks related to the defence preparedness of the country, as it is pointed out in the Hungarian Forces Transport Support Doctrine (hereinafter referred to simply as 'Doctrine').⁸ The maintenance of the infrastructure network and the provision of the necessary capacities imply the maintenance of the operational capability of the railway network, i.e., the network must be able to perform the transport tasks. This capability is to be facilitated by the implementation of the specialised tasks of transport support, which further narrow down the scope of the

⁶ Lévai Zsolt: A vasúti szektor védelmi lehetőségei terrorakciók ellen; Közlekedéstudományi Szemle, 69:5, 2019, pp. 50-71., DOI: 10.24228/KTSZ.2019.5.5

⁷ Reception, Staging, Onward Movement

⁸ Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína; Magyar Honvédség Közlekedési Főnökség, Budapest, 2005, pp. 16-17., point 111.

task of defence preparation. On the one hand, the Doctrine itself defines the task of preparation as the preparation of transport infrastructures to military operational requirements.⁹ On the other hand, it defines the task of technical protection as the maintenance of the operational capability of transport infrastructures. A functioning transport system is essential to ensure the protection and supply of the population.

The methods of maintaining this functionality are therefore examined below, starting with the definitions of the concepts of robustness, resilience, and vulnerability.

According to the article of Carlson and Doyle, (technical) robustness is defined as the persistence of certain system properties despite changes in the behaviour or environment of the components.¹⁰ This indicates that the system is not sensitive to disturbances. However, the authors further decompose the issue of robustness into “robust but fragile” and “complex” systems. A “robust but fragile” system is resistant to certain changes, but only to predetermined ones, i.e., it cannot respond adequately to unexpected events, whereas a “complex” system can. The authors introduce the notion of “highly optimised tolerance”, where “tolerance” emphasises that robustness in complex systems is a finite “quantity” that must be designed and protected. And “highly optimised” emphasises that this can be achieved by highly structured and individually designed or improved configurations. Systems designed in this way, are characterised by internal complexity and apparently simple robust external behaviour. The designed robustness provides barriers to failures, thus ensuring complexity.

The concept of railway resilience is defined by Evnika Grass in her thesis as follows: “A railway system is resilient if it is prepared for unexpected events with extreme impacts. It can react to these events in such a way that the basic functions of the system are maintained and (the system) returns to its initial state after a predetermined time interval”.¹¹

⁹ Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína; Magyar Honvédség Közlekedési Főnökség, Budapest, 2005, pp. 16-17., point 111.

¹⁰ Carlson, J. M. – Doyle, John: Complexity and robustness; Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99:1, 2002, pp. 2538-2545., DOI: 10.1073/pnas.012582499

¹¹ Grass, Evnika: Bewertung von Resilienz im Schienenverkehr; Eingereichte Abschlussarbeit zur Erlangung des Grades Master of Arts im Studiengang Verkehr und Logistik, Karl-Scharfenberg-Fakultät der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wolfenbüttel, Deutschland, 2018, p. 19.

Military aspects should also be taken into account when determining resilience. One of the factors of national defence preparedness is the resilience of transport systems to damage. The transport system must be at all times capable of performing military movement and transport tasks from a defence perspective. This is particularly true for tasks during emergency periods. These conditions must also be taken into account when defining railway resilience.

In engineering terms, vulnerability means the inability of a structure (e.g., an element of railway infrastructure) to withstand the forces generated by a given threat.¹² However, this theory ignores human activity. According to Perrow's article, the complex-systems approach argues that vulnerability is created by built-in hazards in the human-technology interface, in cooperation with today's interconnected systems.¹³ The authors of a study on vulnerability management describe that the relationship between vulnerability and improvements can be bidirectional:¹⁴

- on the one hand, developments can increase vulnerability (for example, through the construction of high-speed railway lines);
- on the other hand, development can reduce vulnerability (through advances in science and technology to address threats).

It means that railway infrastructure can be considered to be operational if it is resilient, able to respond to unexpected events, and has a low vulnerability, i.e., if it operates as a complex system.¹⁵ It is, therefore, necessary to examine the vulnerability of the railway infrastructure and the extent to which it can react to an unexpected event (e.g., a flood or a terrorist attack) in such a way that the system's resilience reaches the level defined in the Doctrine. It is necessary to develop a model (a set of procedures) to ensure that the railway transport sub-sector remains operational.

¹² Strandh, Veronica: Exploring vulnerabilities in preparedness – rail bound traffic and terrorist attacks; Journal of Transport Security; 2017/10, pp. 45-62., DOI: 10.1007/s12198-017-0178-5

¹³ Perrow, Charles: The next catastrophe: reducing our vulnerabilities to natural, industrial and terrorist disasters; 2007, online: <https://www.microsoft.com/en-us/research/video/the-next-catastrophe-reducing-our-vulnerabilities-to-natural-industrial-and-terrorist-disasters/> (viewed 05. 05. 2023)

¹⁴ Manandhar, Rejina – McEntire, David A.: Disasters, Development and Resilience: Exploring the Need for Comprehensive Vulnerability Management; In: Kapucu, Naim – Liou, Kuotsai T. (editors): Disaster and Development Examining Global Issues and Cases (Environmental Hazards), 2014th Edition, Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2014, pp. 19-38.

¹⁵ "complex system" according to Carlson – Doyle

General description of the model

The model should ensure the railway transport sub-sector to be operated as a complex system in the means of robustness as its resilience would be at its highest and the protection preparedness would reach the value defined in the Doctrine.¹⁶ The complexity (robustness) of preparedness for protection should therefore be based firstly on the protection of the railway infrastructure, secondly on the response to disruption and thirdly on the minimisation of vulnerability, i.e., reduced vulnerability through improvements. If the protection of the system is adequate, its vulnerability is low, which also increases robustness. In addition, robustness can also be facilitated by the availability of efficient resources and reserves to achieve an adequate response, and by technical solutions that increase resilience. If the system is robust, and resources and reserves are available, it can respond adequately to disturbances, unexpected events will not hinder the system's ability to operate, and its resilience will be at its highest. The efficiency of resources can also be facilitated by cooperation between the actors in the sector.

In this context, the preparation of transport systems for complex protection is a set of activities to maintain operability and to provide substitutes by making the system robust, which will result in the highest resilience and the lowest vulnerability.

Components of the model

Based on the previous chapter and the European Union (EU) Green Paper,¹⁷ the three pillars of preparedness for protection in the operational model are:

- the sustainability of the operability of railway infrastructures;
- the substitutability of railway lines if the operability of a railway line cannot be ensured;
- and the minimisation of vulnerability.

¹⁶ Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína; Magyar Honvédség Közlekedési Főnökség, Budapest, 2005, p. 20., point 201

¹⁷ European Commission: Green paper on a European Programme for Critical Infrastructure Protection COM (2005) 576 final; Brussels, 2005, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0576&from=EN> (downloaded: 19. 03. 2023)

These three pillars ensure that the sub-sector can respond adequately to unforeseen events, i.e., the complexity of preparedness for security. To be able to reach **the sustainability of the operability** of railway infrastructure, it is necessary to examine:

- the resilience of the tracks;
- the operation of the railway safety devices as a key element of transport safety and hence of operational reliability;
- traffic management, as it must be possible to maintain the performance of railway operations in the event of a disruption;
- the system of capacity allocation to ensure that the necessary capacity is available.

The issue of substitutability is primarily a matter of railway geography studies. Due to the topography, railway lines are affected by the geographical environment. For this reason, it is essential to examine substitutability from a geographical point of view. Military geography deals with the military aspect of geography. As defined in the 2019 edition of the Encyclopaedia of Military Sciences, “military geography” is an interdisciplinary field of military and geographical sciences, divided into general, regional, and sectoral fields.¹⁸ Defence geography seeks answers to the relationship between the geographical environment and the threats to the region.¹⁹ Geographical studies must therefore answer the question that which railway lines can be used to carry traffic when other lines are out of service and which other sub-sectors should be involved to meet transport needs. According to the findings of a joint study by the KTI Hungarian Institute for Transport Sciences and Logistics Non-Profit Limited Liability Company and the University of Public Services, Faculty of Military Sciences and Officer Training, the following key points of the current rail infrastructure in Hungary in terms of substitution:²⁰

- main river bridges and tunnels;
- railway network of Budapest;
- integration of other transport sub-sectors.

¹⁸ Siposné Kecskeméthy Kálra: Katonaföldrajz; In: Krajnc Zoltán (főszerk.): Hadtudományi Lexikon, Új kötet, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019,

¹⁹ Siposné Kecskeméthy Kálra: Védelemföldrajz; In: Krajnc Zoltán (főszerk.): Hadtudományi Lexikon, Új kötet, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019,

²⁰ KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet Nonprofit Kft. – Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar: A vasúti infrastruktúra fejlesztés és a kritikus infrastruktúra védelem kapcsolata; tanulmány, megrendelő: Innovációs és Technológiai Minisztérium, Témaszám: 3140-903-2-9, Budapest, 2020, 79 p.

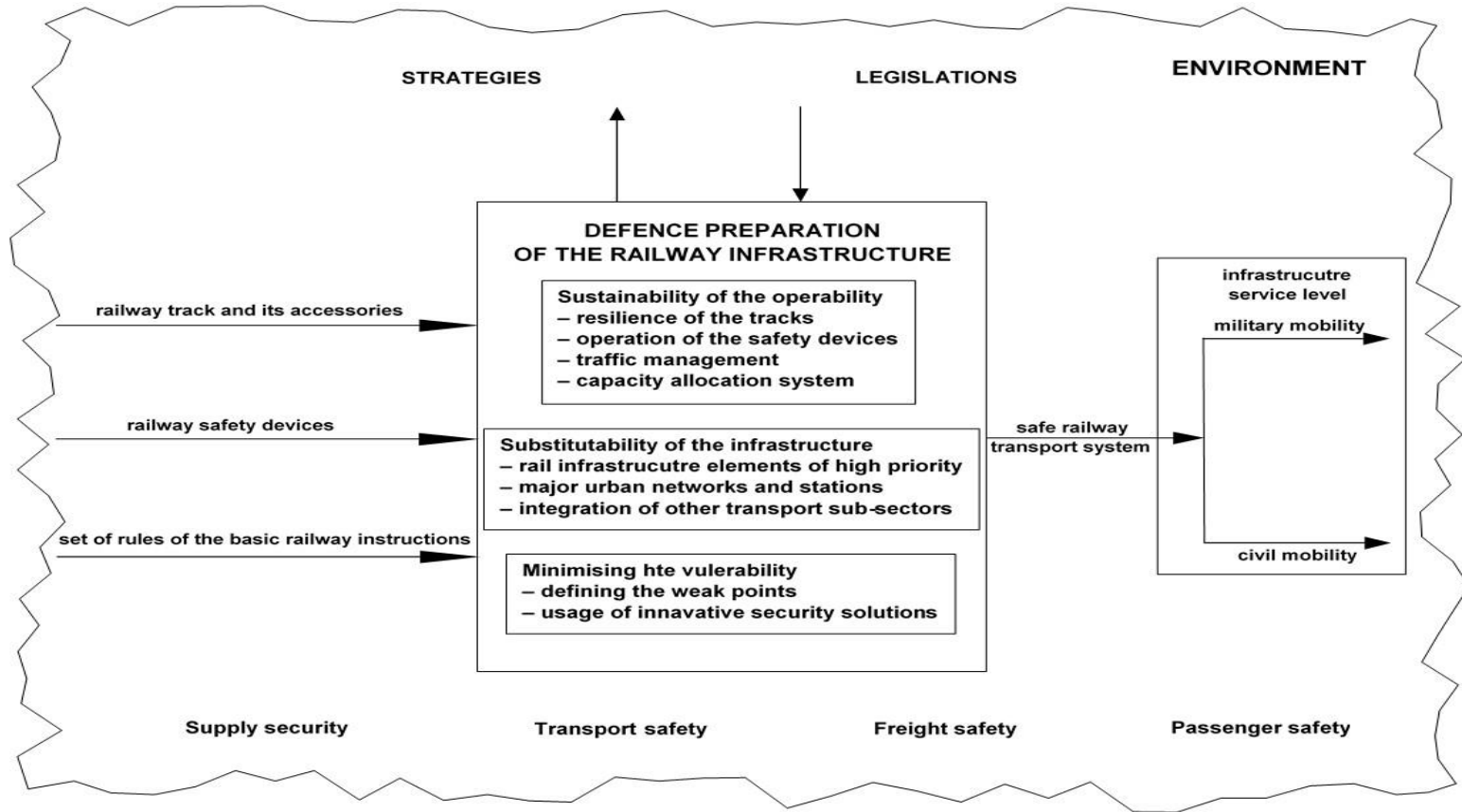


Figure 1. The complex requirement model for the defence preparation of the railway infrastructure (source: edited by the author)

Consequently, the issue of substitutability indicates the following investigations:

- railway elements of high priority;
- major urban railway networks and stations;
- substitutability with other transport sub-sectors.

Minimising vulnerability means identifying the “soft targets” (i.e., easily accessible to terrorists and not protected) of the system and preparing them against the threat of terrorism.

Vulnerabilities in themselves do not cause damage to the system, but if discovered by those who wish to commit malicious acts, they can cause damage to the system through targeted attacks. Researchers have periodically highlighted the fact that individual networks show a high degree of robustness against accidental failures but appear to be particularly vulnerable to targeted attacks.²¹

In addition, damage can be caused by natural effects, which are difficult to prevent, but can be reduced by appropriate technical security.

The structure of the model is presented in Figure 1. The inputs to the model are the elements of the railway transport infrastructure. The output is a secure railway transport system and the military and civilian mobility that can be achieved by it. The environment of the model, including national defence requirements, is the legislative and policy framework defining the defence preparedness framework and the various security elements that can be achieved through the operation of the model, which affect the system, and which are affected by the system itself (e.g., through increasingly advanced defence technologies).

The operational environment of the requirement model

The way the model is being operated is defined by legislation and strategies and describes the preparation of railway infrastructure for complex protection purposes. The infrastructure is used by both passen-

²¹ Berche, B. – von Feber, C. – Holovatch, T. – Holovatch, Yu.: Resilience of public transport networks against attacks; The European Physical Journal B, 71, 2009, pp. 125-137. DOI: 10.1140/epjb/e2009-00291-3

ger and freight trains, so the protection also affects the users of the infrastructure, i.e., the people (passengers) and goods, as well as the security of the supply chains through transport and freight. The interaction between the model and its environment is indicated by the vertical arrows on the figure 1.

Legislative framework

When assessing the legislative environment for security preparedness, we must start with the general principles of security. According to Article G) (2) of the Fundamental Law of Hungary, the country shall protect its citizens.²² This action is embodied primarily in national defence. According to the Law on National Defence of Hungary, the country relies primarily on its own strength to maintain its national defence capability.²³ An adequate level of national defence capability can be maintained by preparing the national economy for defence. The National Security Strategy adopted in 2020, states that preparing the national economy for defence guarantees the security of the country.²⁴ The National Military Strategy published in 2021, defines the organisation of defence preparedness as a government responsibility through national and international cooperation and resilience capabilities.²⁵ According to the Resolution on the Principles of the Security and Defence Policy of the Republic of Hungary adopted by the Parliament in 1998, the national economy must be able to provide the economic basis necessary to achieve the security and defence policy objectives.²⁶ Whereas the railway subsector is an important link between the various players in the national economy, and therefore, as part of the national economy, it is necessary to prepare the sub-sector for defence purposes in order to enable the national economy to fulfil its role as set out in the Parliamentary Resolution. The Act on the Coordination of Defence and Security Measures also lays down rules for the performance of this task.²⁷

²² Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.)

²³ 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről

²⁴ 1163/2020. (IV. 21.) Kormányhatározat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról

²⁵ 1393/2021 (VI. 24.) Kormányhatározat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról

²⁶ 94/1998. (XII. 29.) OGY határozat a Magyar Köztársaság biztonság- és védelempolitikájának alapelveiről

²⁷ 2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági intézkedések összehangolásáról

Indirectly, the Act CLXXXIII of 2005 on railway transport also establishes the need to protect the sector.²⁸ The definition of “common security objectives” in the interpretative part of the act states that such objectives must be formulated for the specific risks associated with unauthorised persons on railway elements. In my understanding, this is to build rail security against terrorism.

The National Cyber Security Strategy provides the legislative basis for protecting against the threats that will emerge in cyberspace that dominates the 21st century. The operation of Information Technology (IT) systems in the railway sector is also becoming common, and their operation is a prerequisite for the functioning of the country. The cyber defence strategy,²⁹ complementing with the network and information systems security strategy³⁰ therefore stipulate that Hungary must have effective prevention, detection, management, response, and recovery capabilities against attacks in cyberspace. Based on this strategic point, it can be deduced that there is a need to develop a preventive capability against cyber threats to the IT systems of the railway transport sub-sector. This is equivalent to preparing IT systems for defence.

The railway sector is considered part of the military transport system, due to the military mobility and transport tasks that are performed on it. Consequently, it is also necessary to interpret the sector's preparation for military defence. In 1997, István Duchaj defined the tasks of preparation for defence purposes in his definition of transport insurance.³¹ This is supplemented by the Doctrine of Transportation Support, according to which ‘preparation for defence purposes’ means preparation for the military defence of the country on the one hand and for the performance of tasks arising from allied obligations on the other.³² This is also confirmed by the Decree of the Ministry of National Development.³³ The preparation of the transport system is part of the preparation of the transportation support system, which is part of the military logistics support system. Preparation must be carried out in the

²⁸ 2005. évi CLXXXIII. törvény a vasúti közlekedésről

²⁹ 1139/2013. (III. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Kibervédelmi Stratégiájáról

³⁰ 1838/2018. (XII. 28.) Korm. határozat Magyarország hálózati és információs rendszerek biztonságára vonatkozó Stratégiájáról

³¹ Duchaj István: A katonai közlekedési rendszer felkészítéséről; *Hadtudomány – A Magyar Hadtudományi Társaság folyóirata*, 7:2, 1997, pp. 114-120.

³² Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína; Magyar Honvédség Közlekedési Főnökség, Budapest, 2005, pp. 22-24. point 204

³³ 22/2014. (IV. 18.) NFM rendelet a közlekedési és energetikai szervek honvédelmi feladatairól

normal period in order to ensure that the system is able to fully perform the necessary tasks in an emergency period. Therefore, the Doctrine defines the specialised transport tasks for the preparation of the country for defence purposes as follows:

- be able to redeploy Hungarian Forces and allied troops to threatened areas during the deployment;
- be ready to decentralise central stocks, to implement continuous resupply;
- to return the damaged equipment during combat operations;
- maintain transport systems and sectors operational, repair destruction and war damage;
- meet the transport needs of the country and the national economy with unchanged efficiency;
- meet the transport needs of the population in terms of supply and evacuation.

Safety elements

The operation of the requirement model ensures the operability of the system through complexity, and thus the operation of the train and the possibility of performing shunting movements. The safe railway transport system, as a result of the operation of the model, also has an impact on other safety elements. Such safety elements are:

- supply chain security (through the ability to carry out transport operations);
- traffic safety (by avoiding accidents);
- freight safety (by reducing damage to goods);
- passenger safety (by reducing attacks on passengers).

At the same time, the development of these security elements also has an impact on the effectiveness of preparedness for security, for example by transport security.

Elements of the railway infrastructure

To prepare transport systems for protection, as an input element of the requirement model, it is necessary to know the exact structure of the sub-sector to be protected. The infrastructure of the railway sector, as defined by the EU, includes tracks, sidings, engineering facilities

(e.g. bridges), associated station infrastructure (e.g. platforms), and safety and security equipment.³⁴ These elements can be grouped as follows:

- railway track and its accessories;
- railway safety devices;
- set of rules of the basic railway instructions.

Railway track and its accessories

The railway track can be basically divided into two parts:

- the open lines and
- stations.

The area of stations is defined by the position of the entrance signals. According to these, the area of a station is the area between the entrance signals at the two ends (for terminals, entrance signals are only placed in one direction). The definition of the open line is also linked to the entrance signals at the stations. An open line is a section of line between two adjacent station areas (entrance signals).

Railway track accessories include facilities that do not fall into the previous categories but are necessary to maintain railway operations. Typical examples are the overhead system (traction current pylon, contact wire, catenaries, etc.) and associated facilities such as the electrical substation which supplies traction current to the overhead system.

Safety devices

Railway safety devices are technical elements of the railway infrastructure designed to prevent accidents and hazards and to control the movement of trains. They can be:

- station safety devices;
- inter-station protection devices;
- level crossing protection devices;
- on-board equipment.

³⁴ Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community; Brussels, 2008, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0057&from=HU> (downloaded: 19. 03. 2023.)

They play a very important role in railway safety. This is because their malfunctioning can lead to serious accidents and as listed above, they are present in all areas of railway transport so the possible consequences of their malfunctioning must be understood throughout the whole network.

However, it should also be stressed that railway safety devices basically work on the fail-safe principle, i.e. when a fault occurs, the system is put into a safer state, so that a major problem can be avoided (usually a speed reduction or stopping).³⁵

From the definition of safety devices, it can therefore be seen that they are the infrastructure elements that are most important for the safety of railway transport. In this case, the purpose of deliberate compromise is to disrupt their operation and thereby cause accidents. This can be achieved by violating the fail-safe principle, i.e. the occurrence of a failure does not result in a safer condition. For older devices, this means the elimination of physical dependencies, for modern devices it is clearly an IT attack. Disabling physical dependencies is a time-consuming and difficult task (e.g., cutting a steel cable off for a switch, while natural effects can cause physical damage to equipment (e.g., a rock avalanche). A more serious problem is the damage to the IT systems, which, with few exceptions (e.g., water ingress), may be a deliberate human act. This activity leads to the operational domain of cyberterrorism. Here, there is no need to physically damage the equipment, but rather to interfere with the operating software. This can result in the issuing of false traffic commands to be executed by railway staff, or in the communication between systems being compromised. In both cases, fatal accidents can occur. For all these reasons, the whole range of safety equipment must be involved in security preparation.

Set of rules of the basic railway instructions

Train movements and the control of shunting are based on signals. The signals that can be used in railway traffic and the rules for their interpretation are set out in Signalling Instruction F.1,³⁶ and the rules for traffic management are set out in Traffic Instruction F.2. of the Hungarian State Railways (MÁV Zrt.).³⁷ The workflow is basically carried

³⁵ Tokody Dániel: *Intelligens vasúti informatikai és biztonsági rendszerek fejlesztése*; Doktori (PhD) értekezés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2020, DOI: 10.23715/SDA.2021.2.4, pp. 19-20.

³⁶ MÁV Zrt. F. 1. sz. Jelzési Utasítás

³⁷ MÁV Zrt. F. 2. sz. Forgalmi Utasítás és Függelékei

out in accordance with these two instructions, which means that compliance with the rules of the basic instructions is vital for the clear running of the railway. In examining the system of rules of the basic instructions, it is necessary to consider the system of objectives on which they are based and the rules for giving and interpreting instructions that can be derived from the system of objectives as a framework for the proper management of railway traffic in the context of preparing for defence.

The pillars of the requirement model

Sustainability of the viability of railway infrastructure

The sustainability of railway functionality, which is one of the pillars of the requirement model, is essentially the ability to run trains and carry out shunting movements. The ability to perform these movements requires a railway track with sufficient resistance, a reliable safety system, traffic management and adequate capacity allocation to establish the timetables on which the railway traffic is based.

Railway track resistance

One of the main requirements for the resilience of the railway track is the robustness of the system, i.e. its ability to withstand disturbances. The factors that contribute to robustness, as defined in the chapter “*General description of the model*”, in achieving the resilience of the railway track can be assessed as follows.

Responsiveness is based on promptness. If there are defects (for whatever reason) in the tracks, it can disrupt railway traffic, so the first priority is to correct these defects. This depends on the extent and location of the fault. In a high-impact event, the extent of the damage to the railway track is likely to be greater and the time needed to repair the damage may be increased by the difficulty of accessing the site (e.g. a bridge collapse). Until the final repair of the railway track, temporary solutions are often used, which are quicker to install and allow traffic to flow at a lower capacity. In other cases, the damage to the track requires traffic to be diverted or replaced (by buses, ships, etc.).

Effective resources not only mean the availability of human and mechanical power to maintain (restart) operations but also need to include a system of preparation. Part of the preparation of railway transport for

defence purposes is the efficient allocation of railway resources to carry out the necessary tasks. This may include risk analyses, situation studies and emergency plans. The efficient allocation of resources is supported by appropriate communication. It may be necessary to establish notification arrangements and emergency communication with customers. The communication of detours and replacement options is required as the loss of critical infrastructure elements is of high priority. The key issue in emergency communication is to ensure that the passengers have all relevant information and can make travel decisions accordingly. To achieve this, sensitive devices and communication channels need to be identified and robust risk management rules need to be established and applied.

Redundancy is an indicator of the degree of substitutability. This requires finance and human resources and reserves. The necessary reserve resources are the uncommitted rolling stock and staff, and the railway infrastructure reserves are the available (uncommitted) capacities of the railway lines. However, the reserve resources of rolling stock and staff are decentralised, so that reserve capacities are also needed to transport where they are needed. In most cases, the use of reserves can only be achieved at the cost of increased performance and additional costs, and it is, therefore, necessary to have adequate finance (reserve) resources available to be able to use them.

Technical solutions that increase the resistance of the railway infrastructure can help to maintain operability.³⁸ These can be solutions that increase the rigidity of the used materials, thanks to today's advanced manufacturing technology, and make individual joints more durable. Safety features (e.g. fusible links) in various installations can briefly disrupt operations, but their role is to prevent major problems from occurring. These elements are usually easily replaceable.

The importance of the operation of safety devices

In any transport system, the traffic flow must be managed. In the railway transport sub-sector, control operations are carried out by both people and machines. In addition to human activity, traffic management operations can be carried out by operating safety devices. Failures in the operation of the safety devices can have a major impact on

³⁸ Szászi Gábor: A vasúti infrastruktúrával szemben támasztott újszerű védelmi követelmények kutatása, a továbbfejlesztés feltételrendszerének vizsgálata; Doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2013, DOI: 10.17625/NKE.2014.028, p. 79.

the operability of the railway infrastructure and in most cases can only be replaced by human intervention. The lower capacity of the human replacement may lead to a reduction in service quality.

Ensuring redundancy, as defined in the resilience assessment, is the most difficult due to the significant difference between machine and human action times and the human factor reduces the level of safety that can be achieved. In many cases, building in machine redundancy is costly. Therefore, the importance of the proper functioning of the safety devices is most evident in the highly technical and operational safety.

In order to achieve this, the design of fuse protection systems must be based on technical elements with a sufficiently long service life to guarantee technical safety and hence operational safety. The main requirements to be met when designing the equipment include the following:³⁹

- the standard position of the signals shall, except in specific cases to avoid accidents, be a signal not to proceed;
- a fault in the equipment must not cause an immediate risk of an accident;
- the safety devices are mutually controlling, and high-reliability devices must be used for parts which cannot be checked;
- a backup power supply system must be used to increase operational safety.

According to the principles of railway safety equipment, when a fault occurs, the commands are always changed in the direction of safety, i.e., lower speed or stopping (for example, a green light burns out, resulting in yellow or red light, which is more worrying than green). The existence of a red light giving the stop command at any time is solved by duplicating the red-light bulb, by installing a so-called red backup circuit, so that the red light can be triggered on the signal if the original circuit fails. This is a typical case of the required redundancy.

The Role of traffic management in Maintaining Operability

During traffic management, the essential objective is to ensure that trains run, and shunting movements are carried out without accidents. This is essential to ensure the sustainability of the operation, as incidents coming from accidents can cause the disruption of infrastructure

³⁹ Lévai Zsolt: Közlekedésbiztonság; egyetemi jegyzet, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019, ISBN 978-963-531-012-8, p. 113.

elements, which in turn can affect the operation. As a rule, all aspects of railway work are planned in advance: train movements or shunting, inter-station movements or station duties, and passenger or freight trains. This planned work is a major constraint for railway staff, but it is also one of the key elements to accident-free and regular transport. If the technology is known and respected, any incidents that may occur can be detected immediately and the railway staff can react. Traffic management is a multi-stage system, and all traffic operations must be authorised and monitored. In addition, the work of station staff is supervised and managed.

A good level of traffic management is a key element of traffic safety, as traffic must be maintained also in the case of disruptions. In this case, trains cannot run according to the timetable but must be dispatched in a specific order using the available capacity, which may cause delays.

Capacity Allocation System

Capacity allocation basically determines the time schedule for the usage of railway infrastructure based on the rules of the basic instructions, i.e., it establishes a link between the input elements of the requirements model.

Increasing the robustness of the railway transport sub-sector can also be enhanced by an efficient allocation of available reserves. This requires an understanding of the network's congestion and capacity reserves, which can be determined based on the previous paragraph and are primarily the main potential solution to the substitutability problems.

The capacity determined by the technical parameters must be distributed among the users (usually railway undertakings) and reserve capacity must be maintained to cope with disturbances. Therefore, in principle, all trains on a railway line require a capacity share, which is given to the access holder in the form of a training path (slot) and reflected in the timetable. With very few exceptions, trains are operated on the basis of a pre-established timetable.

Due to their technical configuration, railway lines have limited throughput capacity and therefore train paths have to be managed by the infrastructure manager. Their tasks are laid down in legislation, pri-

marily in acts on railway transport and in other government and ministerial decrees. The ministerial Decree on the detailed rules for open access to the railway infrastructure network⁴⁰ states that only 80% of the available capacity may be allocated to form reserve capacity. Capacity allocation is based on UIC⁴¹ regulations.⁴²

The above-mentioned legislation further specifies that the spare capacity may be used primarily to serve disaster management and national defence needs related to emergency events. Free capacity may be used to create train paths, for example for diverted trains, but the parameters of a new slot (e.g., speed, axle load, traction voltage, etc.) may not always correspond to the original train paths. This can also lead to a reduction in service quality.

There may be exceptional circumstances where certain trains need to be operated immediately (e.g. emergency services following an accident). It is of course possible to request an immediate train path, but the time taken to prepare a timetable on this basis is 60 minutes, and in such cases, it must be ensured that the train can be put into service as soon as possible and operated without a timetable.

When adequate reserve capacity is available, the capacity allocation body is expected to monitor the utilisation of the railway infrastructure on an ongoing basis and to take and propose measures to eliminate the higher-than-expected capacity utilisation on overcrowded infrastructure sections.

During defence preparation, military transport capacities need to be assessed in two situations: in the normal period: free of conflicts and emergencies, and in the emergency period. The transport tasks in the normal period do not require priority for military transport, but the availability of free line capacity does. This requires a sufficient number of slots for military transport trains. In principle, the annual train paths ordered for passenger trains take precedence over freight trains and hence over the capacity share ordered for military transport. With the introduction of an emergency period, the first order of priority will be no longer valid, and priority will be given to trains more important for national security (i.e. less capacity will be available for passenger trains),

⁴⁰ 55/2015. (IX. 30.) NFM rendelet a vasúti pályahálózathoz történő nyílt hozzáférés részletes szabályairól

⁴¹ UIC – Union International des Chemins de fer (International Union of Railways)

⁴² Union International des Chemins de fer: Capacity (UIC Code R 406); Paris, France, 2013, pp. 29-34.

but military trains will only be allowed to run up to the maximum capacity of the lines.

The questions of substitutability

The second pillar of the requirement model is the substitutability of the railway infrastructure when the operability of a particular railway line cannot be guaranteed. The fastest way to restart traffic after damage and destruction of lines is to use bypasses.

For this reason, it is useful to examine the transferability of the concept of a railway line to other lines, i.e. redundant lines. The basic concept of a graph-theoretic model defining redundancy was developed and published by Bence Tóth.⁴³ According to the model, certain stations are the vertices of the graph, while the open line and other stations are the edges of the graph. The stations should be distinguished according to their function. There are stations from which several railway lines originate, i.e. branch stations or connecting stations (nodes), and there are stations which are located on only one railway line, i.e. intermediate stations. The nodes are the vertices of the graph, the intermediate stations are located along the same edge and are therefore of no importance to the model. It should be noted, however, that they are of course of importance from a railway operational point of view, since if one edge of the graph is damaged, traffic can be maintained up to that station, so that traffic on the whole edge does not have to be restricted.

The redundancy test described above is suitable for determining railway detours. Two aspects are involved in the selection of alternative routes:⁴⁴

- the impact of the detour on journey times;
- the impact of the detour on the path length.

Both methods include a capacity analysis of the detours in terms of whether the traffic to be diverted can be accommodated on the alternative route. If not, it may be necessary to divert railway traffic to another sub-sector, and ultimately to restrict it.

⁴³ Tóth Bence: Állomások és állomásközök zavarának gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton; *Hadmérnök*, 12:4, 2017, pp. 52-66.

⁴⁴ Tóth Bence: Menetidő- és menetvonalhossz növekedés gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton állomások és állomásközök zavara esetén; *Hadmérnök*, 13:1, 2018, pp. 118-132.

For the methods to be applicable, it is necessary to determine whether all sections containing critical infrastructure elements can be substituted, i.e. whether detours are available. Such sections may contain a high-priority facility (e.g. tunnel) or be lines in major cities.

The issue of substitutability is therefore mainly relevant in the case of damaged lines, where the damaged element may take longer to repair and where replacement or diversionary action is necessary until the repair or the installation of the provisory is completed. This in the vast majority of cases increases journey times, i.e. trains do not run according to the pre-announced timetable. The resulting delays will in any case lead to a reduction in service quality. Substitution by other transport sub-sectors requires further investigation.

Vulnerability assessment of the railway transport sub-sector

The third pillar of the requirement model is to minimise the vulnerability of the railway transport system. Accordingly, in this section, I will examine the vulnerabilities of the railway infrastructure and its exposure to terrorist threats, with a special focus on open lines and stations.

The railway network of a country is made up of a myriad of elements, among which it is necessary to identify the ones most vulnerable to damage. The lines, with few exceptions, run on the surface and thus the whole infrastructure can be affected by natural hazards. From this point of view, it is not possible to identify priority elements, but to identify vulnerable sections as weak points based on the redundancy analysis, and substitutability parameters defined in the previous point, because disruptions to these sections are capable of causing significant disruption to network traffic.

Of course, not all disturbances on the railway network in Hungary can be interpreted as disturbances of the system as a whole. However, there are dedicated railway lines which are the main arteries of the European railway network and as such are part of the TEN-T.⁴⁵ Damage and failure of these types of lines can cause the greatest disruption to the functioning of the sub-sector, so resilience lies primarily in maintaining the viability of TEN-T railway lines. In addition, there are lines which are not a priority in themselves, but they provide the operation of another sub-sector through the trains running on them (e.g.: a railway line to a power station).

⁴⁵ TEN-T – Trans European Network-Transport

Another starting point for identifying vulnerabilities is deliberate human actions. The persons or organisations that want to attack the railway lines also look for the points where terrorist acts are most easily committed. The feasibility of planned actions depends on the nature of the targets. The greatest number of victims can be taken where there are many people at the same time and where it is easier to carry out the attack. The study of Jennifer Hesterman defines persons and things that can be attacked and are not defended as “soft targets”.⁴⁶ The EU has further refined the notion of a ‘soft target’. These are attackable places with difficulties to defend, and attacks are likely to result in significant casualties.⁴⁷ The definition fits precisely some elements of transport infrastructure. Large train stations and terminals can be easily attacked, difficult to defend and crowded at the same time, meaning that casualties can be high. It can therefore be concluded that transport targets are “soft targets” for terrorists and therefore suitable locations for their operations.

Because of the “soft” nature of the system, the preparation for security must include protection against terrorism: specific tests must be carried out to ensure that the system is sufficiently resistant to terrorism.

Output elements of the requirement model

The outputs of the requirement model are a safe railway transport system and feasible military and civilian mobility with an adequate level of railway infrastructure service.

Feasibility of a safe railway transport system

Security can be achieved primarily through the application of appropriate security methods. Operational sustainability studies have shown that compliance with safety rules and railway instructions can increase security, but specific protection against malicious acts is also needed.

⁴⁶ Hesterman, Jennifer: Soft Targets; In: Fagel, Michael J. – Hesterman, Jennifer (editors): Soft Targets and Crisis Management: What Emergency Planners and Security Professionals Need to Know, Routledge, New York, USA, 2017

⁴⁷ Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council and the Council: Fourth progress report towards an effective and genuine Security Union COM(2017) 41 final; Brussels, 2017, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017DC0041&rid=9> (downloaded: 19. 03. 2023.)

The task of security preparedness is therefore to identify innovative security solutions that can greatly enhance the security of the railway transport sub-sector, both on the infrastructure and service side.

In addition, the robustness and resilience of railway systems will help to ensure security. Addressing the issues of substitution of the preparedness for protection will increase the redundancy of the system and create sufficient reserve capacity to deal with the necessary diversions. Increasing resilience can be achieved by enhancing technical and operational security. Rapid response requires a clear definition of the roles of the actors in the sector and the exploitation of the potential for cooperation between them.

Military and civil mobility

Provided that the sub-sectors' operational capability ensures that military transport and mobility tasks can be carried out, military mobility can be met in terms of both strategic, warfare and operational mobility. However, this requires a much higher degree of serviceability (even via detours) than substitution with another sub-sector. Therefore, innovative security solutions to maintain operability will play a major role in enabling military mobility.

Civil mobility means the scheduled running of trains, which also requires accident and fault-free operation and the necessary protection solutions and improvements to achieve this.

It is therefore of paramount importance that protection solutions are brought to the planning phase of infrastructure investments so that they can be built in at the construction stage and thus be able to protect the infrastructure from the outset.

Railway infrastructure service level for military and civil mobility

Service level is a quality parameter for railway transport, which measures the adequacy of the provided services. In relation to the infrastructure, it is the value of the quality characteristics resulting from its use that must be examined in the first instance. The most characteristic parameter of the usage of infrastructure is timetable adherence or enforceability, i.e. the level of the generated delays. The timetable is a representation of the service offered for passenger transport. Passengers can use the timetable information to decide whether or not to use a particular service. One of the most basic decision points is the extent to which the availability of the rail service matches individual

travel needs.⁴⁸ Passengers plan their journeys based on the published timetable (print or online), and therefore adherence to the timetable is a quality characteristic of rail passenger services and can be understood as part of the quality of rail passenger services. Similarly, the system of connections at railway stations can also be understood as a quality measure. This is particularly true of the symmetrical connection of the integrated interval timetable structure.⁴⁹ The delays can lead to loss and thus the disintegration of the connections, so that the journey previously planned by the passenger cannot be realised, which in all cases means a reduction in service quality in the eyes of the passenger.

In freight transport, the timetable is not as tight as in passenger transport. The main concern is to meet the transport deadline, which can be measured in hours and days so that freight train operators do not generally require that trains run to the minute. However, as explained in the analysis of the capacity allocation system, a timetable is drawn up for each freight train, because the complexity of railway transport requires that all parts of it should be coordinated, and this coordination is ensured by the timetable. To meet the deadlines, it is essential that freight trains run close to the timetable. Significant delays increase the time spent by each freight wagon (both loaded and empty) in the train, thus reducing the reusability of the wagon.⁵⁰ The lack of capacity due to the increase in turnaround time and the low regularity of freight trains led to a reduction in the quality of service for freight.

It can therefore be concluded that service level, i.e., adherence to timetables, is an important quality factor for customers and railway undertakings as well. In many cases, the solutions proposed in the context of preparing for defence are not able to ensure that services are operated according to the timetable, i.e., that they meet the declared service level. It can be seen without any specific proof that a reduction

⁴⁸ Lévai Zsolt – Molnár Balázs: Vasút és turizmus: lehetséges válaszok a globális klímaváltozás kihívásaira; In: Albert Tóth Attila – Happ Éva – Printz-Markó Erzsébet – Kupi Marcell – Török Nikolett (szerk.): Multidiszciplinaritás a turizmusban: X. Nemzetközi Turizmus Konferencia (Tanulmánykötet); Széchenyi István Egyetem, Győr, 2020, pp. 81-98.

⁴⁹ Kormányos László: Az integrált vasúti személyszállítási szolgáltatásrendszer feltételeinek kidolgozása; Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedési Tudomány Doktori Program, Budapest, 2009, pp. 43-46.

⁵⁰ Schváb Zoltán – Lévai Zsolt: A vasúti árufuvarozás versenyképességének javítása az árufuvarozási folyosók fejlesztésével; In: Duleba Szabolcs (főszerk.): Logisztikai évkönyv 2022, pp. 172-183, Magyar Logisztikai Egyesület, Budapest, 2021, DOI: 10.23717/LOGEVK.2022.16

in throughput on busy lines will lead to delays, but maintaining operational capacity cannot mean ensuring maximum capacity, because this would mean the protection of the whole railway system from any failure, but it does not exist. The questions to be answered in the context of preparedness for defence are: what could be the value of the loss of capacity and what is the minimum capacity that must be guaranteed in order to remain operational?

To answer these questions, we need to return to the method of capacity allocation. In a normal period, it is in everyone's interest that the planned journey or transport could be carried out, i.e., that the planned capacity reduction be as small as possible. The capacity utilisation planned in the timetable cannot always be achieved because of possible major bottlenecks, i.e., the reduced capacity is not always sufficient to carry the scheduled traffic on the railway line. Reducing the extent of planned capacity reductions can be achieved by increasing the resilience of the railway infrastructure. It is therefore necessary to investigate methods and solutions to make the railway track more resilient to possible damage and disruption.

Even under the changed conditions for making capacity available when a special legal regime is introduced, preferred trains can only run up to the maximum available capacity. Therefore, in the event of a special legal regime, the level of service will be determined by the military trains that need to be operated. This is not primarily a question of scheduled services but of the successful operation of the trains themselves using the available capacity.

Conclusions

To achieve adequate transport and security safety of the railway transport system, it is necessary to prepare the sector for security purposes. In this paper, I have examined the system of preparedness for defence of railway infrastructures. The analysis was carried out on the basis of my requirement model for railway transport infrastructure preparedness for defence.

Legislation and the strategies and international conventions enacted in the operational framework of the model state that the aim of preparedness for defence is to maintain the capability of national defence, which requires the continued viability of the national economy. Based

on the operating principle of the requirement model, it can be stated that preparedness for defence can only be adequately considered if the railway infrastructure can be understood as a complex system in terms of its operational capability, i.e., if it can react to unexpected impacts. I have defined the basic pillars of this system as ensuring the functionality of the railway infrastructure and, in the event of its failure, the substitutability of railway lines and the minimisation of vulnerability.

The findings and results of the investigation to be able to develop the model have demonstrated that the preparation of railway infrastructure for defence purposes can be considered effective if military and civilian mobility can be achieved on a secure railway transport system, which requires a sufficiently high level of railway infrastructure services.

Acknowledgement

This publication was prepared with the professional support of the Doctoral Student Scholarship Program of the Co-operative Doctoral Program of the Ministry of Culture and Innovation financed by the National Research, Development and Innovation Fund.

References⁵¹

1. Berche, B. – von Feber, C. – Holovatch, T. – Holovatch, Yu.: Resilience of public transport networks against attacks; The European Physical Journal B, 71, 2009, DOI: 10.1140/epjb/e2009-00291-3
2. Carlson, J. M. – Doyle, John: Complexity and robustness; Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99:1, 2002, DOI: 10.1073/pnas.012582499
3. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council and the Council: Fourth progress report towards an effective and genuine Security Union COM(2017) 41 final; Brussels, 2017, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017DC0041&rid=9> (downloaded: 19. 03. 2023.)
4. Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community; Brussels, 2008, <https://eur-lex.europa.eu/legal->

⁵¹ The textual and substantive references of the Hungarian and German literature have been translated by the author.

[content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0057&from=HU](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0057&from=HU) (downloaded: 19. 03. 2023.)

5. Duchaj István: A katonai közlekedési rendszer felkészítéséről; Hadtudomány – A Magyar Hadtudományi Társaság folyóirata, 7:2, 1997
6. European Commission: Green paper on a European Programme for Critical Infrastructure Protection COM (2005) 576 final; Brussels, 2005, online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005DC0576&from=EN> (downloaded: 19. 03. 2023)
7. Grass, Evnika: Bewertung von Resilienz im Schienenverkehr; Eingereichte Abschlussarbeit zur Erlangung des Grades Master of Arts im Studiengang Verkehr und Logistik, Karl-Scharfenberg-Fakultät der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wolfenbüttel, Deutschland, 2018
8. Hesterman, Jennifer: Soft Targets; In: Fagel, Michael J. – Hesterman, Jennifer (editors): Soft Targets and Crisis Management: What Emergency Planners and Security Professionals Need to Know, Routledge, New York, USA, 2017
9. Kormányos László: Az integrált vasúti személyszállítási szolgáltatásrendszer feltételeinek kidolgozása; Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedési Tudomány Doktori Program, Budapest, 2009
10. KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet Nonprofit Kft. – Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar: A vasúti infra-struktúra fejlesztés és a kritikus infrastruktúra védelem kapcsolata; tanulmány, megrendelő: Innovációs és Technológiai Minisztérium, Témaszám: 3140-903-2-9, Budapest, 2020
11. Lévai Zsolt: A vasúti szektor védelmi lehetőségei terrorakciók ellen; Közlekedéstudományi Szemle, 69:5, 2019, DOI: 10.24228/KTSZ.2019.5.5
12. Lévai Zsolt: Közlekedésbiztonság; egyetemi jegyzet, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019, ISBN 978-963-531-012-8
13. Lévai Zsolt – Molnár Balázs: Vasút és turizmus: lehetséges válaszok a globális klímaváltozás kihívásaira; In: Albert Tóth Attila – Happ Éva – Printz-Markó Erzsébet – Kupi Marcell – Török Nikolett (szerk.): Multidiszciplinaritás a turizmusban: X. Nemzetközi Turizmus Konferencia (Tanulmánykötet); Széchenyi István Egyetem, Győr, 2020

14. Magyar Honvédség Közlekedési Támogatás Doktrína; Magyar Honvédség Közlekedési Főnökség, Budapest, 2005
15. Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.)
16. Manandhar, Rejina – McEntire, David A.: Disasters, Development and Resilience: Exploring the Need for Comprehensive Vulnerability Management; In: Kapucu, Naim – Liou, Kuotsai T. (editors): Disaster and Development Examining Global Issues and Cases (Environmental Hazards), 2014th Edition, Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2014
17. MÁV Zrt. F. 1. sz. Jelzési Utasítás
18. MÁV Zrt. F. 2. sz. Forgalmi Utasítás és Függelékei
19. Perrow, Charles: The next catastrophe: reducing our vulnerabilities to natural, industrial and terrorist disasters; 2007, online: <https://www.microsoft.com/en-us/research/video/the-next-catastrophe-reducing-our-vulnerabilities-to-natural-industrial-and-terrorist-disasters/> (viewed 05. 05. 2023)
20. Russon, Mary-Ann: The cost of the Suez Canal blockage; BBC, 2021. 03. 29., online: <https://www.bbc.com/news/business-56559073> (downloaded: 25. 04. 2021.)
21. Ronyecz Lilla: Létfontosságú rendszerek és létesítmények védelmével kapcsolatos kockázatelemzési módszertan szakirodalmának bemutatása; Védelem Tudomány, 3:3, 2018
22. Schváb Zoltán – Lévai Zsolt: A vasúti áru fuvarozás versenyképességének javítása az áru fuvarozási folyosók fejlesztésével; In: Duleba Szabolcs (főszerk.): Logisztikai évkönyv 2022, Magyar Logisztikai Egyesület, Budapest, 2021, DOI: 10.23717/LOGEVK.2022.16
23. Siposné Kecskeméthy Kálra: Katonaföldrajz szócikk; In: Krajnc Zoltán (főszerk.): Hadtudományi Lexikon, Új kötet, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019
24. Siposné Kecskeméthy Kálra: Védelemföldrajz szócikk; In: Krajnc Zoltán (főszerk.): Hadtudományi Lexikon, Új kötet, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019
25. Strandh, Veronica: Exploring vulnerabilities in preparedness – rail bound traffic and terrorist attacks; Journal of Transport Security; 2017/10, DOI: 10.1007/sl2198-017-0178-5

26. Szászi Gábor: A vasúti infrastruktúrával szemben támasztott újszerű védelmi követelmények kutatása, a továbbfejlesztés feltételrendszerének vizsgálata; Doktori (PhD) értekezés, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2013, DOI: 10.17625/NKE.2014.028
27. Szászi Gábor: Katonai logisztika; In: Lakatos Péter (szerk.): Logisztika a közszolgálatban, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2018
28. Tokody Dániel: Intelligens vasúti informatikai és biztonsági rendszerek fejlesztése; Doktori (PhD) értekezés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2020, DOI: 10.23715/SDA.2021.2.4
29. Tóth Bence: Állomások és állomásközök zavarának gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton; Hadmérnök, 12:4, 2017
30. Tóth Bence: Menetidő- és menetvonalhossz növekedés gráfelméleti alapú vizsgálata a magyarországi vasúthálózaton állomások és állomásközök zavara esetén; Hadmérnök, 13:1, 2018
31. Union International des Chemins de fer: Capacity (UIC Code R 406); Paris, France, 2013
32. 94/1998. (XII. 29.) OGY határozat a Magyar Köztársaság biztonság- és védelempolitikájának alapelveiről
33. 2005. évi CLXXXIII. törvény a vasúti közlekedésről
34. 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemtől és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről
35. 1139/2013. (III. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Kiber védelmi Stratégiájáról
36. 22/2014. (IV. 18.) NFM rendelet a közlekedési és energetikai szervek honvédelmi feladatairól
37. 55/2015. (IX. 30.) NFM rendelet a vasúti pályahálózathoz történő nyílt hozzáférés részletes szabályairól
38. 1838/2018. (XII. 28.) Korm. határozat Magyarország hálózati és információs rendszerek biztonságára vonatkozó Stratégiájáról
39. 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról

40. 2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági intézkedések összehangolásáról
41. 1393/2021 (VI. 24.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról

Kun Boglárka Réka¹

A MAGYAR HONVÉDSÉG HAJTÓANYAGELLÁTÁSI LÁNCA ÉS ANNAK KRITIKUS PONTJAI

THE FOSSIL FUEL SUPPLY CHAIN OF THE HUNGARIAN
DEFENCE FORCES AND ITS CRITICAL POINTS

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-127](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-127)

Absztrakt

A Magyar Honvédség békeidőszaki feladatainak ellátásához és a katonai erő mozgósításához is elengedhetetlen, hogy rendelkezésre álljon a megfelelő mennyiségű és minőségű hajtóanyag.

A tanulmány során a hajtóanyagellátási láncot vizsgálom meg, és ennek során keresem azokat a kritikus pontokat, amelyek veszélyeztetik az állományban lévő eszközök fosszilis hajtóanyaggal való ellátását.

Bemutatom a kőolajipar legfontosabb folyamatait és azokat a fizikai, politikai-gazdasági és emberi tényezőit, amelyek a fő kockázatokat jelenthetik.

Az orosz-ukrán háború kapcsán különösen nagy figyelem hárul az energiabiztonságra, ezért a téma vizsgálata még időszerűbbé vált. A cikk célja, hogy egy átfogó képet adjon a fenyegetésekről, amelyek ezt az ellátási láncot érinthetik, valamint azokról a védelmi intézkedésekről, amelyekkel a veszélyeztető tényezőket ellensúlyozni lehet.

Kulcsszavak: ellátáslánc-menedzsment, kritikus infrastruktúra, kőolaj, ellátásbiztonság, politikai tényezők, technológiai tényezők, emberi tényezők

Abstract

The availability of the right quantity and quality of fossil fuels is essential for the peacetime tasks of the Hungarian Defence Forces and for mobilisation, too.

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Hadtáp, Pénzügyi és Katonai Közlekedési Tanszék Katonai logisztika alapképzési szak Hadtáp specializáció, ORCID azonosító: 0009-0006-3833-100X

In this study, I examined the fuel supply chain, looking for critical points that threaten the supply of fossil fuels for the assets in the force.

The Hungarian Defence Forces are mainly supplied by MOL Group, so I describe the physical, political-economical and human factors that could pose the main risks through the supply chain.

Energy security has received particular attention in the context of the Russian-Ukrainian war, therefore, the subject is even more topical.

The aim of this article is to provide a comprehensive picture of the threats that may affect this supply chain and the possible protective measures that can be taken to counteract these threats.

Keywords: supply chain management, critical infrastructure, fossil fuel, security of supply, technological factors, political factors, human factors

1. BEVEZETÉS

A Magyar Honvédség hajtóanyagellátási láncának vizsgálata során megvizsgálom azokat a kritikus pontokat, amelyek veszélyeztethetik az állományban lévő eszközök fosszilis hatjóanyaggal való ellátását. 2022 januárjában, amikor a kutatást elkezdtem, a téma már akkor is jelentős kérdéseket vetett fel, ám az azóta eltelt idő alatt még időszerűbbé vált.

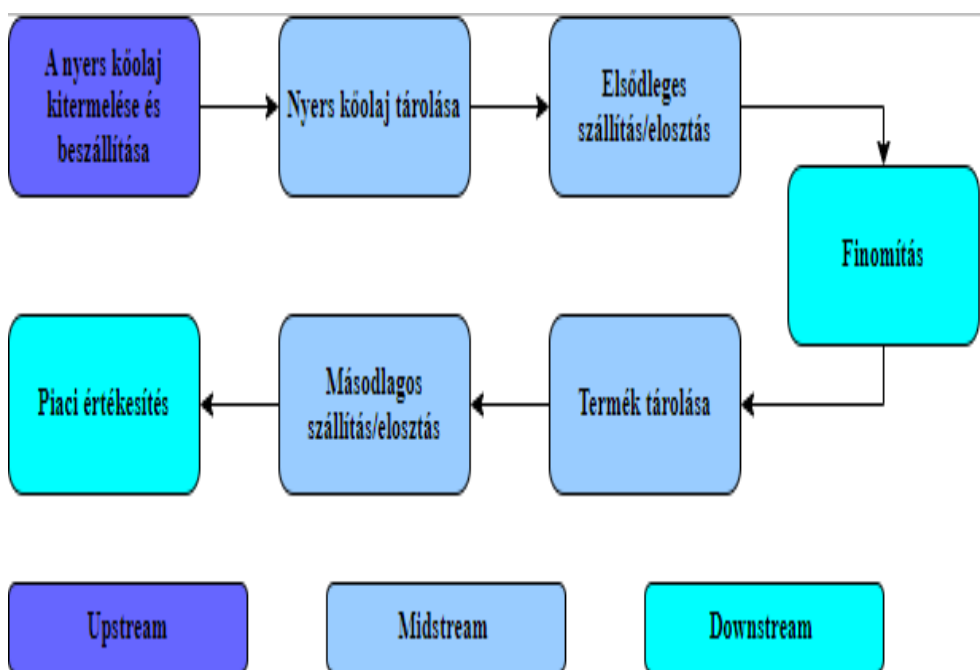
Vizsgálatom kiterjed az ellátási lánc szakaszaira, az azokban résztvevő szereplőkre, az ellátásbiztonságot veszélyeztető különböző kockázati tényezőkre, amelyek az általános ellátási lánc esetén felmerülnek, és kiemelt figyelmet fordítok azokra, amelyek a Magyar Honvédség ellátását veszélyeztetik. A kőolaj-feldolgozás mindhárom szakaszában a kockázatot jelentő technológiai, politikai és emberi tényezők okozta ellátási kieséseket veszem sorra. A cikk célja, hogy egy átfogó képet adjon azokról a fenyegetésekről, amelyek ezt az ellátási láncot érinthetik, az esetleges védekezési módszerekről, amelyekkel a veszélyeztető tényezőket ellensúlyozni lehet. A kutatási folyamat 2022. november 11-vel zárult le.

1.1. A kőolajellátási lánc / hajtóanyagellátási lánc

A Magyar Honvédség hajtóanyaggal való ellátását a MOL Group biztosítja, így elsősorban ennek a multinacionális olajipari vállalatnak a kőolajellátási láncát mutatom be, külön fókuszálva a szakaszokban mindenhol előforduló gyenge pontokra.

A MOL Group kőolajellátási lánc a következő részfolyamatokból áll össze:

- a) a nyers kőolaj kitermelése és beszállítása;
- b) a nyers kőolaj tárolása;
- c) elsődleges szállítás/elosztás;
- d) finomítás;
- e) a termék tárolása;
- f) másodlagos szállítás/elosztás;
- g) piaci értékesítés (jelen esetben a Magyar Honvédség felé).



1. számú ábra. Ellátási lánc²

Az a) pont fedi le az upstream³ szakaszt, a b), c), e), f) pontok a midstream⁴ szakaszban jelennek meg, a d) és g) pontok pedig a downstream⁵ szakaszt jelölik.

² Forrás: Saját szerkesztés

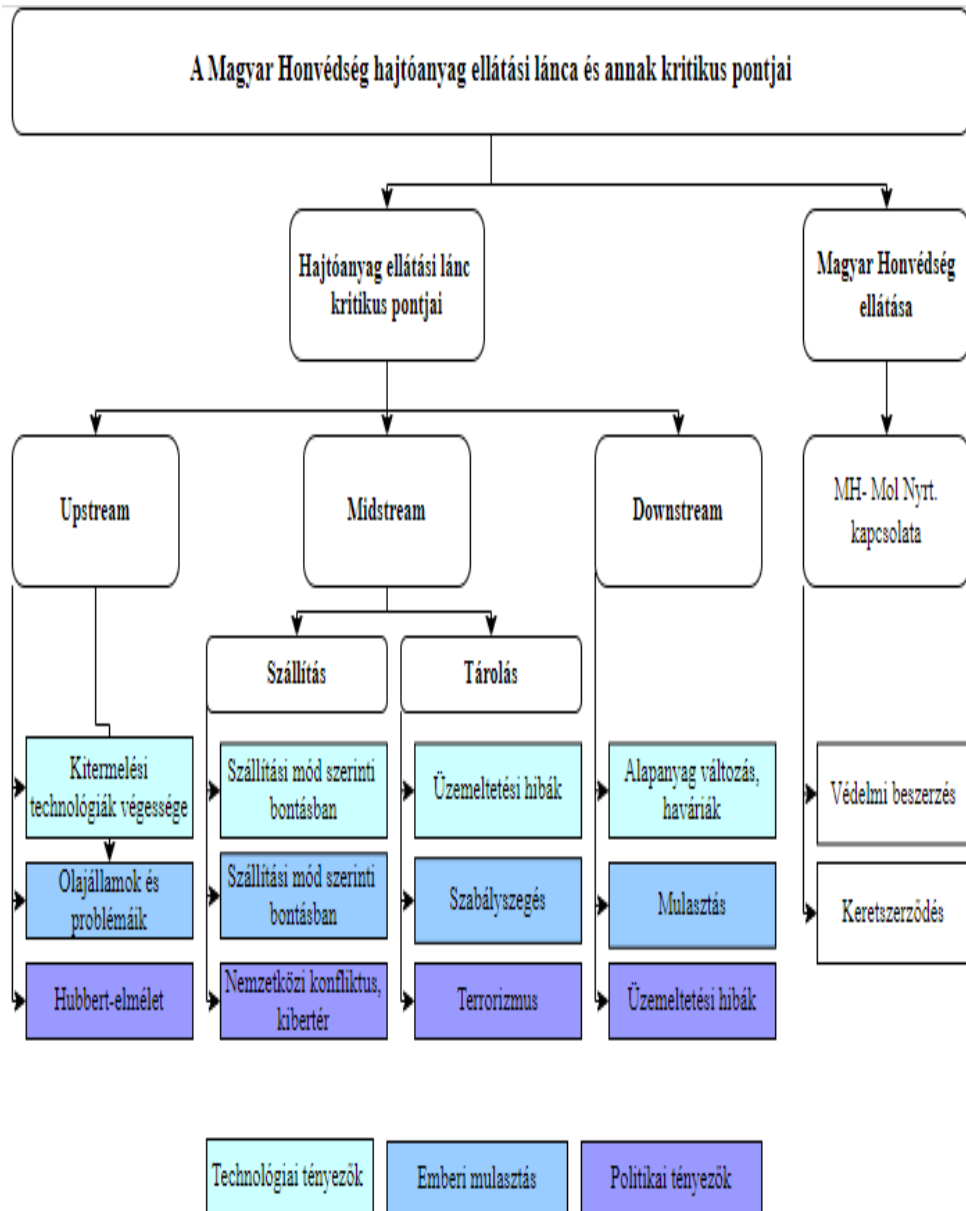
³ upstream – kezdeti (felfutó) folyamat vagy fázis, részletesebben kifejtve a 2. fejezetben

⁴ midstream – közbülső folyamat vagy fázis, részletesebben a 3. fejezetben

⁵ downstream – végső (lezáró) folyamat vagy fázis, részletesebben a 4. fejezetben

1.2. A cikk felépítése

A cikk felépítését a 2. számú ábra mutatja be, Elsőként a nyersolaj-kitermelés szakaszát vizsgálom meg, mivel a láncban utána következő pontok mindenekelőtt ennek a fázisnak a biztosítottságától függenek.



2. számú ábra. A cikk felépítése⁶

⁶ Forrás: saját szerkesztés.

A kitermelési szakasz tárgyalása során a Marion King Hubbert által szemléltetett problémát (miszerint elérkezik egy olyan csúcspont, miután a további kőolajtermelés mértéke jelentős mértékben visszaesik) és annak okát vizsgálom először. Az alapvetésem megtétele után olyan fizikai akadályozó tényezőket vizsgálok, mint a kőolajbányászati technológiák és a kitermelhetőség végessége, amelyre néhány, ezen határok feszegetésére alkalmas technológiát ismertetek

Ezután a kitermelést fenyegető, a politikával kapcsolatos tényezőket vizsgálom, mint például az olajállamok instabil berendezkedése vagy a hajlamosságuk a fegyveres konfliktusok kezdeményezésére. Majd ismertetem a MOL Group Magyarország ellátása szempontjából kiemelkedő fontosságú kitermelési helyszíneit.

A szállítási és tárolási szakasz vizsgálatánál a különböző szállítási módok, valamint a tárolás közben felmerülő technológiai és emberi hibák miatt bekövetkező, ellátást veszélyeztető tényezőket keresem, tekintettel a MOL Nyrt.-nél jellemzően megjelenő problémákra. Külön alfejezetben kifejtem a politikai konfliktusok esetén felmerülő további kockázati tényezőket, mint például a háborúk, embargók, terrorizmus és a kibertéri fenyegetések.

A finomítás szakaszában már specifikusan a Dunai Finomítónál korábban felmerült problémákat vizsgálom, a technológiai, politikai és emberi mulasztások területén. A tanulmány végén a Magyar Honvédség és a MOL Nyrt. kapcsolatát, a beszerzés menetét, illetve a MOL-kártyás rendszert mutatom be, majd összegzem a kutatómunkám során feltárt eredményeket.

A tanulmány elkészítéséhez kutatásokat és hivatalos dokumentációkat elemeztem, valamint a MOL Nyrt. vállalat logisztikáért és nagykereskedelméért felelős dolgozóival készítettem interjút. Emellett felkerestem a HM Védelemgazdasági Hivatal és az MH Tartalékképző és Támogató Parancsnokság munkatársait.

2. UPSTREAM

A kőolaj- és földgázipari műveletek alapvetően három részre oszthatók. Ebből az első az úgynevezett upstream fázis, amely a kőolajlelőhelyek feltárásával és a nyersanyag kitermelésével foglalkozik. Ha az ellátásbiztonságot hosszútávon szeretnénk vizsgálni, legelőször felmerülhet a kőolajnak, mint a fosszilis üzemanyagok alapanyagának rendelkezésre állása, kitermelhetősége.

2.1. Olajhozamcsúcs

A kitermeléssel kapcsolatban több ellátási kockázat is fennáll. Az egyik ilyen az olajhozamcsúcs-elmélet (Hubbert-elmélet) által szemléltetett probléma, mely szerint a globális olajtermelés üteme közel van a csúcshoz vagy már meg is haladja azt, és hamarosan hosszú távú hanyatlásnak indul.

Az olajhozamcsúcs nem azt jelenti, hogy nincs több kőolaj, hanem azt a pontot, ahol a globális termelési mennyiséget már nem lehet fenntartani vagy növelni. Maga az elmélet rendkívül vitatott. Több számítás van a Hubbert-elmélet szerint, hogy mikor következne be az olajhozamcsúcspontra. Ennek időpontja újra és újra módosításra kerül, többek között azért, mert a tényleges földalatti tartalékok meghatározása valószínűségi adatokon alapul.

Azonban azt kijelenthetjük, hogy a huszonegyedik századi magas kereslete egyértelműen nem fenntartható sem gazdaságilag, sem természeti szempontból. „A Hubbert-féle elmélet tehát, ha kvantitatívan nem is teljesen pontos, de kvalitatívan igen, a rendelkezésünkre álló, nem megújuló energiaforrások egyszer el fognak fogyni.”⁷

Az olajhozamcsúcs-elméletet támogatja az a tény, hogy az új, jövedelmező kőolajmezők felfedezésének üteme az elmúlt évtizedekben csökkent. Az olajhozamcsúcs-elmélet két irányból közelíthető meg. Az egyik, hogy a feltételeken kialakuló „olajhiány” vagy „csökkenés” a kínálatban elsősorban azért következik be, mert a föld tartalékai nagymértékben kimerültek. A másik irány szerint a kialakuló kőolajhiányok politikai és gazdasági okokra vezethetők vissza.

Jelenleg nagyobb hatást gyakorol az elérhető kőolajmennyiségre a Kőolaj-exportáló Országok Szervezete (Organization of the Petroleum Exporting Countries, továbbiakban: OPEC) és az egyéb kőolajkartellek és -társulások által előidézett „bőség hiánya”, amelynek célja inkább az árak kedvező szinten tartása, mint a tényleges kőolajtartalék mennyiségének fogyása.⁸

⁷ Mácza Andrea - Nyomárkay Kristóf - Svastits Áron - Szabó Gábor Péter - Németh Tamás - Piltik Marcell: *Történelmi áttekintés a kőolajról*, 2021. 21 o.

https://miau.my-x.hu/miau/277/NXEG_MA_NT_SA_SZG_NYK_PM.pdf

⁸ Bridge Gavin - Andrew Wood: *Less is more: Spectres of scarcity and the politics of resource access in the upstream oil sector*, *Geoforum* 41.4, 2010, 566-572. o. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2010.02.004>

„A nemzetközi olajkereskedelemben a bőség megakadályozása - és annak az árra gyakorolt korrozív hatása - alapvető feszültséget jelentett, amely az 1970-es évek óta az OPEC létrehozásához vezetett, és strukturálta az OPEC-tagok és az olajimportőrök közötti kapcsolatot.”⁹ Az optimista megközelítés szerint az átmeneti ellátási hiányok serkentik az innovációt, ezzel lehetővé téve a korábban már (a technológiát tekintve) „teljesen” kitermelt kőolajmezők további hasznosítását. Emellett ezek az innovációk serkenthetnék az olajtermékek hatékonyabb és takarékosabb felhasználását.

A téma kutatását azzal az alapvetéssel folytatom, hogy a kőolajellátás upstream-szintű akadozása politikai, gazdasági vagy technológiai okokból jelenik meg, nem a kőolajtartalékok mennyiségének drasztikus csökkenése miatt.

2.2. A kitermelés technológiai korlátjai

Nem lehet eltekinteni a kitermelés során tapasztalható technológiai korlátoktól. Egy olajmező kihasználásának három szakasza van. Az első az elsődleges kinyerés, melyben a természetes tartályhajtási mechanizmusok által és pumpákkal, tradicionális kutak segítségével, egyéb anyag befecskendezése nélkül nyerik ki a lelőhelyben található kőolaj 10-25%-át.

A másodlagos kinyerés során gázt vagy vizet fecskendeznek a kőzetképződménybe, hogy újra nyomás alá helyezték, és ezzel további 15-25%-ot hozhassanak felszínre.

A harmadik fázis az enhanced oil recovery, azaz a fokozott kinyerés (továbbiakban: EOR). Ezek által akár az olajcsapdában található kőolaj 60%-át is felszínre lehet hozni. Ez akkor is alkalmazásra kerülhet, amikor a második fázis által kinyerhető maximumot még nem érték el, de nagyobb hatékonyságot kívánnak elérni a kitermelők. Ezek a technológiák lehetnek kémiaiak, termikusak, „elegyedők” vagy mechanikusak.

A kémiai eljárások a kitermelendő kőolaj és a lelőhely egy vagy több tulajdonságára hatnak, mint a mobilitás, a kőzet nedvesíthetősége és a határfelületi feszültség. Ezekhez polimereket, felületaktív anyagokat

⁹ Bernard Mommer: *Global Oil and the Nation State*, Oxford, Oxford University Press, 2002. ISBN 9780197300282.

vagy lúgokat alkalmaznak. Itt használnak nanotechnológiás eljárásokat is, amelyek a hagyományos módszerek hatékonyságát növelik.¹⁰

A termikus kinyerést leginkább a nehéz és extra nehéz kőolajok kitermelésénél használják, melyek viszkozitása nem megfelelő a tradicionális kitermeléshez, de hő hatására megfelelővé válik. Ennek a módszernek több típusa van. Az első típus forró folyadék injektálásán alapszik, ilyen például a gőzbefecskendezés, valamint a Cyclic Steam Injection, azaz a ciklikus gőzbefecskendezés (továbbiakban: CSI). A második a hasonló elven működő forró vízzel való elárasztás. Ezen beavatkozások úgy módosítják a kőolaj viszkozitását, hogy az a termelőkúthoz könnyebben áramolhasson. A harmadik eljárás az in situ égetés vagy más néven a tűzzel való elárasztás, mely során oxigén tartalmú gázt juttatnak a tározóba, azt lánggra lobbantják, és a keletkező hővel érik el az olaj kellő mobilitását.

A CSI abban tér el az egyszerű gőzbefecskendezéstől, hogy további két fázisból áll. A gőz befecskendezése után a kút hosszabb időre lezárják, hogy a hőeloszlás egyenletesebb legyen, majd az utolsó fázisban termelik ki a kőolajat, és ezt a folyamatot addig ismétlik, amíg a kút fenntartása gazdaságos marad.¹¹

A Steam Assisted Gravity Drainage (továbbiakban: SAGD) egy mechanikus és egy termikus eljárást is tartalmaz. Két, egymás fölött elhelyezkedő vízszintes furatot hoznak létre a homokköves olajmezőben, majd a felső járatba forró gőzt fecskendeznek be. Ez a kőolajat kiolvasztja a homokszemcsék közül, amely így könnyebben kitermelhetővé válik. A gravitáció hatására az anyag a második, alatta elhelyezkedő furatba szivárog, ahol elhelyezésre került a szivattyú.¹²

Az elegyedő elárasztás során nitrogént, szén-dioxidot és földgázt használhatnak a befecskendezéshez, ezek elegyednek az olajjal, és növelik a nyomást, így lehetővé téve a további kitermelést.¹³

¹⁰ Pablo Druett - Patrizio Raffa - Francesco Picchioni: Chemical enhanced oil recovery and the role of chemical product design, Applied Energy, Volume 252, 2019, ISSN 0306-2619, 1-2 o. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113480>

¹¹ James G. Speight PhD: *Introduction to Enhanced Recovery Methods for Heavy Oil and Tar Sands*, Gulf Professional Publishing, 2016 ISBN: 9780128018750.

¹² Chonghui Shen: *Enhanced Oil Recovery Field Case Studies*, Gulf Professional Publishing, 2013, ISBN 9780123865458, 413-445. o.

¹³ John R. Fanchi: *Principles of Applied Reservoir Simulation*, Gulf Professional Publishing, 2018, ISBN 978-0-12-815563-9

Mechanikus eljárások közé tartozik a Cold Heavy Oil Production With Sand (továbbiakban: CHOPS), a hidraulikus repesztés és az irányított, vízszintes fúrás. A CHOPS egy olyan technológia, melyben nem alkalmaznak hőt, ezért hideg eljárásnak is nevezik.

A porózus homokkövekben található kőolaj esetében a kis kőolajcseppek nehezen nyerhetők ki. A tradicionális kutak az ilyen kőzetekből körülbelül a kőolaj 2-3%-át tudják kitermelni a homokszemcsék közül, ezért nagyobb szívással rendelkező kutakat alkalmaznak, amelyek az ott található olaj 10-15%-át ki tudják nyerni úgy, hogy az olajjal együtt a homok is távozik a felszínre. Így hosszú, de vékony „féreglyukak” keletkeznek a homokrétegben, amely segíti a további bányászást.

Ez az arány még mindig viszonylag kicsi, hisz a föld alatt marad a készlet ~90%-a, ennek ellenére a CHOPS még mindig alkalmazott technika, kisebb fejlesztésekkel.¹⁴

A frakkolást vagy más néven a hidraulikus rétegrepesztést kevésbé áteresztő, agyagpala-, homokkő-, mészkő- és karbonit-rétegekből való olajkinyeréshez alkalmazzák. Ennél a technológiánál nagy mennyiségű vizet, gázt vagy homokot fújnak be a kőzetbe akkora nyomással, hogy az megrepessze a réteget.¹⁵

A természetes felszín alatti tározók legtöbbször nagyobb vízszintes kiterjedéssel rendelkeznek, mint függőlegessel. Ezt célozza meg a vízszintes fúrás, melynél a belépési pontban még vertikális fúrás történik, hogy a megfelelő rétegeket áttörjék, majd egy ívelt szakasz után a fúrás iránya közel vízszintessé válik, és addig folytatódik, míg a kívánt fenékfúrás pontot el nem éri. Ezek alapján látható, hogy rengeteg innováció jelenik meg a szektorban, és új kitermelési módok is jönnek létre, de ezek még mindig nem teszik lehetővé a földalatti rétegben található kőolaj teljes mennyiségének felszínre hozását.

Az is megfigyelhető, hogy minél technológiaigényesebb a kitermelés, annál költségesebb. Így mikor a könnyen megközelíthető és kitermelhető olajmezők kiürülnek, a költséges eljárások és azok árnövelő hatása vagy a kitermelési eljárások hiánya szintén veszélyeztetheti az ellátást.

¹⁴ Mike Crabtree: CHOPS: but not for your BBQ, Saskatchewan Research Council website, 2015 <https://www.src.sk.ca/blog/chops-not-your-bbq>

¹⁵ Melissa Denchak: Fracking 101, Natural Resources Defense Council Inc. website, 2019 <https://www.nrdc.org/stories/fracking-101#whatis>

2.3. A politikai dimenzió kritikus pontjai

A legtöbb híres olajtermelő állam petrostate vagy úgynevezett olajállam, amelynek gazdasága erősen függ az olaj vagy földgáz kitermelésétől és exportjától. A nagymennyiségű kőolaj- vagy földgázkitermelés még nem jelenti egyértelműen, hogy az a nemzet olajállam, a lényeges pont az ebből származó bevétel magas aránya az összes állami bevételhez, valamint a gazdaság exportbevételéhez képest. Léteznek olyan államok is, amelyeknek ugyan jelentős az olajkitermelése, de megfelelően diverzifikált a gazdasága. Ilyen például Norvégia, Kanada vagy az Amerikai Egyesült Államok, amelyek ezért nem tekintethők olajállamnak.

Jellegzetesen olajállam a legtöbb OPEC-tagország, mint például Nigéria, Szaúd-Arábia, Katar, Irán, Líbia és Venezuela. OPEC-en kívüli olajállam még Oroszország is, amely az MH hajtóanyagellátási láncának szempontjából is fontos. Ezek az országok gyakorta küzdenek államon belüli konfliktusokkal, és kevésbé jellemző rájuk a demokratikus berendezkedés. Az alacsony gazdasági diverzifikáltságuk magas kockázatokat hordoz magában, azonban ennek orvoslása helyett az állami tulajdonban lévő olajtársaságokat támogatják a közpénzekből. Ezzel együtt jár a nagymértékű állami foglalkoztatottság, amely gyakorta párosul nagyvonalú szociális támogatásokkal, hogy a társadalmi elégedetlenséget csökkentsék.¹⁶

Az előző bekezdésben leírt berendezkedés komoly kockázatait jól példázza Venezuela esete, amely a becslések szerint a világ legnagyobb kőolajtartalmújával rendelkező ország.

Venezuela egy bukott olajállam, ahol az állam bevétele nagymértékben függ a kőolaj és földgáz kivitelétől. A hatalom és a vagyon egy keskeny társadalmi réteg kezében összpontosul, így jelentős a korrupció. Venezuelának csökken a termelése, hatalmas az államadóssága, hiperinflációval küzd, amely nagyban köszönhető annak, hogy hosszabb ideje autokrata rendszer jellemzi.¹⁷ Az olajipari alkalmazottak bérezése rendkívül alacsony, így kevés a dolgozó, aki a szakmában marad. A külföldi befektetők kivonták a befektetett tőkéjüket a megté-

¹⁶ Emma Ashford: *Petrostates in a Changing World*, Cayman Financial Review, 2015. <https://www.cato.org/commentary/petrostates-changing-world>

¹⁷ Amelia Cheatham - Diana Roy - Rocio Cara Labrador: *Venezuela: The Rise and Fall of a Petrostate*, 2021. <https://www.cfr.org/backgrounder/venezuela-crisis#chapter-title-0-2>

rülés hiánya miatt, illetve az Egyesült Államok szankciókat vetett ki Venezuelára 2019-ben. A nem karbantartott olajkutak, feldolgozó területek és csővezetékrendszerek folyamatosan szennyezik a vizet és az élővilágot, robbanással járó ipari belesetek is előfordulnak, ellehetetlenítve a lakosok életét. A kivitelre kerülő kőolaj kevés bevételt eredményez, és a fennmaradó készleteket vagy beföldön adják el veszteségesen vagy hitelek visszafizetéseként juttatják el Kínának vagy Oroszországnak.

Ezekben az olajtól függő államokban az olajár volatilitásával, csökkenésével párhuzamosan politikai instabilitás jelenhet meg. Ezzel együtt a szociális támogatások csökkenésével is jár, amely a társadalmi hangulatot is befolyásolja, ezzel fokozva a már létező belső konfliktusokat. Ebből következően, az ellátási láncot fenyegethetik a kitermelő országok belső és külső konfliktusai.

Az olajállamokról kimutatta Cullen Hendrix, hogy agresszívabbá válnak a környező országokkal szemben, amikor az olajárak hirtelen megemelkednek. „Jeff Colgan, a Brown Egyetem munkatársa 1945 és 2001 között 170 országban elemezte a militarizált államközi vitákat, és megállapította, hogy azok az országok, ahol a nettó olajexport bevétele a GDP 10 százalékát meghaladja, a világ legerőszakosabb államai közé tartoznak.”

Mikor az olajbevételek megnőnek, az csökkenti az ország vezetőinek elszámoltathatóságát, és növelik a katonai képességeket, mert nagyobb forrásokat biztosítanak a katonai kiadások fedezésére.¹⁸ Az olaj- és gáztermelésből származó bevételek lehetővé teszik a nagyobb katonai kapacitás fenntartását és a hadiipar fejlesztését, kompromisszumok kötése nélkül. Bár a nagyobb haderő kiépítése nem jelenti, hogy annak harcképessége is megfelelő. Mégis a nagymértékű katonai kiadások növelhetik a fegyveres konfliktusokra való hajlamot, mert a magabiztos vezetők összetévesztik a haderő méretét a tényleges képességekkel. Így nagyobb valószínűséggel kezdenek háborút, de nagyobb eséllyel is veszítik el azokat.¹⁹

¹⁸ Maria Snegovaya: *Think of Russia as an ordinary petrostate, not an extraordinary superpower*, The Washington Post, 2015.
<https://www.washingtonpost.com/news/monkey-cage/wp/2015/03/09/to-understand-russia-think-of-it-as-an-ordinary-petrostate-as-opposed-to-an-extraordinary-superpower/>

¹⁹ Emma Ashford: *The Problem With Being a Petrostate*, 2022

2.4. A MOL Group kitermelő tevékenysége

A MOL Group több országban folytat kitermelést. Ezek közül a közép- és kelet-európai területet vizsgálom, mert a Dunai Finomító által feldolgozott kőolajat ezekről a területekről szállítják be, és így ez van közvetlen hatással a Magyar Honvédség ellátási láncára.

A magyarországi termelő területeken is használják a korábbi fejlettségben kifejlesztett EOR-technológiákat az érettebb kutak további használatához. Ezen EOR-technológiák közül a leggyakrabban alkalmazott eljárás a vízzel való elárasztás, amelyet Demjén, Budafa, Kiskunhalas, Algyő, Pusztaföldvár, Kiskundorozsma területén fúrt kutaknál alkalmaznak. Használnak még gőzzel való elárasztást, különböző gázinjekciókat, in-situ égetést és szilikátgél-befecskendezést is.²⁰ Magyarország területén 35,1 ezer hordó olajegyenérték-kőolaj/nap a termelés, ez körülbelül a Dunai Finomítóban feldolgozott kőolaj 10%-át teszi ki²¹.

A Magyarországon kitermelt kőolajok összetétele és tulajdonságai változóak a kitermelési területtől függően. Összetételüket tekintve inkább hasonlítanak az Ural-típusú kőolajra, mint az Adria-típusúra. Például az Algyőn kitermelt kőolajból nagyobb mennyiségben lehet előállítani kenőolajat, míg a zalai kőolaj nagy hozamot biztosít bitumen kinyerésre.²² Kimondható, hogy kőolajellátás tekintetében Magyarország önállósága kizárható a jelenlegi fogyasztás mellett, így importra mindig szükség lesz.

Horvátország a másik fontos kitermelési területe a MOL-csoportnak. Az éves termelése 27,2 ezer hordó olajegyenérték-kőolaj/nap, amely a vállalat termelésének 23%-át teszi ki, ezen felül, az Adria-olajvezetékén keresztül beszerzett olajmennyiség is – mely a finomító kapacitásának 30%-át teszi ki - szintén Horvátországon keresztül érkezik.

Oroszország területén is kitermel a vállalat, ugyan jelentősen kevesebbet, csak 4,4 ezer hordó olajegyenérték-kőolaj/nap, de az Oroszországból más cégek kitermeléséből importált Ural-kőolaj adja a finomítóban feldolgozott kőolaj jelentős részét.

<https://foreignpolicy.com/2022/06/19/petrostates-oil-production-weapon-foreign-policy-war-economy/>

²⁰ Mol Group hivatalos honlapja: *Olajipari vegyszerek és technológiák*. 2022.

<https://molgroup.info/hu/uzleteink/innovativ-uzletagak-es-szolgalatasok/olajipari-vegyszerek-es-technologiak>

²¹ Mol Nyrt. hivatalos honlapja: *Üzemanyag-ellátás*, 2022.

<https://mol.hu/hu/uzemanyag-ellatas/>

²² Farkas Ádám Balázs- Mol Nyrt. interjú 2022.

Összefoglalva a fejezet tartalmát, a kitermelési szakaszt fokozottan növekvő mértékben veszélyeztetheti a kőolajtartalékok teljes kimerülése. Mivel a kőolaj emberi léptékben mérve nem megújuló erőforrás, így kijelenthető, hogy az egyszer elfogy. Ennek ellenére a jelenleg tapasztalható termelési vagy kínálati csökkenések oka nem a föld alatti készletkifogyásnak tulajdonítható, hanem a technológiai lehetőségek korlátozottságának, illetve gazdaságpolitikai döntések következményeinek. A kitermelés technológiai határait újabb és újabb módszerekkel igyekeznek feszegetni. Ezen módszerek kifejlesztése és alkalmazása egyre költségesebb, mely a kőolajárak növekedéséhez vezethet. Ez veszélyezteti az energiabiztonság egyik tényezőjét, a megfizethetőséget. Az ellátást upstream-szinten fenyegetik politikai tényezők is, mint az olajállamok hajlamossága az agresszióra és az ebből következő nemzetközi háborúk, valamint országon belüli konfliktusok. Az emberi tényezők okozta hibák ugyan megjelennek a kitermelési műveletek folyamán is, de ezek nem járnak jelentős ellátási kiesésekkel.

3. MIDSTREAM

A kőolaj- és földgázipari műveletek következő fázisa a midstream-szakasz. Kevesebbszer kerül említésre az ipar tárgyalásánál, ám ez nem jelenti, hogy kisebb jelentőséggel bírna, mint a kitermelési vagy a finomítási terület. Ez a középső szakasz köti össze a két fő termelői egységet, magában foglalva a kőolaj szállítását és tárolását a különböző feldolgozottsági szinteken.

A MOL-csoporton belül a logisztika működteti az elsődleges és másodlagos szállítással összefüggő folyamatokat mindegyik szállítási mód esetében (csővezeték, uszály, vasút és közút). A 2021-es jelentés szerinti fontosabb szállítási és tárolási paraméterek a következők: 2200 km vezetékhálózat, több mint 1800 vasúti kocsi, 1 725 000 m³ rendelkezésre álló tárolókapacitás.²³ Ennek kapcsán azt vizsgálom, hogy milyen előnyei és hátrányai vannak a különböző szállítási módoknak, és milyen események, tényezők veszélyeztetik az ellátást és a tárolást.

²³ Mol Nyrt. Downstream, Logisztika: *Környezetvédelmi jelentés 2021. év.* <https://molgroup.info/storage/documents/standard-based-man-sys-and-cert/mol-hu/pdf/a-mol-rol/vallalatiranyitas/szabvanyos-iranyitasi-rendszerek-es-tanusitvanyok/kornyeztvedelmi-jelentes-Logisztika-2021.pdf>

3.1. Vízi szállítás

A tartályhajók adnak lehetőséget olyan szállítások lebonyolítására, ahol a szárazföldi megoldások nem költséghatékonyak vagy nem megvalósíthatók. A legelterjedtebb tartályhajótípusok: a nyersolajszállítók és a termékszállítók. A termékszállítók szállíthatnak „tisztá”, feldolgozott kőolajtermékeket (pl.: benzin, repülőgép-üzemanyag stb.) vagy „szennyezett” termékeket, mint a feketeolajok.

Egy átlagos tartályhajó egy vasúti tartály negyven-negyvenötszörösét tudja elszállítani. Ez nagyobb hatékonyságot jelent, de a nagyobb mennyiség nagyobb kárt tud okozni a környezetben egy-egy kiömlés esetén. A természetbe jutott anyag visszanyerése és a kármentesítés is jóval nagyobb erőfeszítést igényel. Ennél a szállítási módnál baleset esetén a súlyos környezetszennyezés mellett az elvesztett árumennyiség és a követelt emberáldozat is magasabb. A folyami uszályok esetében a szállítható mennyiség szintén nagyobb egy vasúti kocsinál, de nem annyival, mint a tengeri változatánál. Ezt a szállítási módot a MOL Nyrt. kész vagy félkész termékek exportjára és importjára használja. Magyarország természetes vizekben gazdag ország, de áruszállításra csak a Dunát alkalmazzák, amely évente 1-2 hónapon keresztül nem rendelkezik hajózáshoz megfelelő vízállással. Illetve csak Komáromban, Csepelen és Százhalombattán van uszálytöltő és lefejtő képesség.²⁴ Az elmúlt években több tengeri vagy édesvízi kőolajszennyezésről lehetett olvasni. A legfrissebb nagyméretű olajszennyezés Peru partjai mellett történt 2022 januárjában, mely egy áru kitérőzése közben bekövetkezett esemény volt. Még tisztázatlan, hogy a hajó elmozdulását a csővezeték-től a legénység hibája vagy a Tonga vulkán kitörése okozta abnormális hullámok okozták.

A hajók elsüllyedését a víz hajótestbe való bejutása okozza, melynek okai a következők lehetnek: túlterhelés, szélsőséges időjárás és szerkezeti hibák (a hajó burkolatának nem megfelelő integritása vagy a hajó hibás kialakítása). Süllyedést okozhat még fedélzeti robbanás, ütközés másik hajóval vagy egyéb tárggyal, illetve megfeneklés. A kőolajtanker-balesetek oka gyakoriság szerinti sorrendben: emberi hibák és mulasztások, fedélzeti tűz, megfeneklés, ütközés, gépészeti meghibásodások és legutolsóként a burkolatban kialakult repedések. Fontos megjegyezni, hogy az emberi hibák és mulasztások okozta balesetek száma meghaladja a műszaki jellegűeket. A balesetek következtében a vízbe olajtermékek vagy vegyi anyagok ömölhetnek. Ezen anyagok

²⁴ Farkas Ádám Balázs (2022.)

a kiömlés mennyiségétől, elhelyezkedésétől és a semlegesítő lépések gyorsaságától függően több tíz vagy száz kilométeres sugarú körben károsítják a növény- és állatvilágot, ezzel tönkretéve a part közeli halászatból élő családok megélhetését. Így a tankerhajók olajszivárgásai vagy kiömlései nem csak az ellátási láncban okozhatnak kiesést, hanem befolyásolják a környezeti viszonyokat és ebből következően a helyi gazdaságot is.

A MOL-csoport is rendelkezik vízi szállítási képességekkel mind a Dunán, mind a horvát tengerpartnál, ahol nyers kőolajat és készterméket is kezelnek.²⁵ Az uszályos szállítás előnye a vasúti szállítással szemben a kiszámíthatóság, mivel a vasúti szállításhoz a vasúti kocsik elterelt útvonallal rendelkezhetnek, ha nem áll rendelkezésre előre megrendelt és lefoglalt pálya.

Az ellátási láncban felmerülő fennakadások okaként természetesen az emberi és technológiai hibák mellett megjelennek a politikai tényezők is, amelyeket egy későbbi fejezetben fejtek ki.

3.2. Csővezetékes szállítás

A csővezeték számít a legköltséghatékonyabb választásnak, mivel veszteségmentes szállítást tesz lehetővé. A kiépítése költséges, de a fenntartása jelentősen kevesebb kiadással jár, illetve ez a leggyorsabb szállítási mód is.

A Magyarországon áthaladó csővezetékek közül a legjelentősebb az Oroszország felől érkező Barátság I-II, továbbá a horvát tengerpart felől érkező Adria-vezeték. A Barátság I. és az Adria kétirányú vezeték. A Barátság I. 1961-re készült el, a Barátság II. 1972-ben kezdett el működni és kőolajat szállítani a százhalombattai finomítóba.²⁶ A fő vezetékek mellett még a MOL-csoport tulajdonában van 1356 km termék-vezeték. Tekintve a vezeték fél évszázados korát, a folyamatos fejlesztések és javítások mellett is gondot jelentenek a szivárgások. A csővezetékek meghibásodásának, szivárgásainak mechanikai, operatív, korróziós, természeti, bűncselekménnyel kapcsolatos és egyéb (pl. balesetek, terrorizmus, háború) okai lehetnek.

²⁵ Mol Group hivatalos honlapja: *Logisztika. 2022* <https://molgroup.info/hu/uzleteink/downstream/logisztika>

²⁶ FGSZ Zrt. *70 Éves a földgázzalállítás, 2010.* https://fgsz.hu/file/documents/0/0004/70_eves_a_foldgazzsallitas_2010.pdf

Mechanikai okok lehetnek horpadások, anyagminőségi hibák, hegesztési pontatlanságok. A működési vagy operatív meghibásodás a kezelő hibáiból, működési zavarokból (pl.: szivattyúk, turbinák meghibásodása), valamint a biztosítórendszerek meghibásodásából / elégtelenségéből ered, amelyek viszonylag ritkán következnek már be.

Nem gyakoriak a természeti veszélyek, mint villámcsapás, földrengés, fölcsumamlás, árvíz. Az ilyen jellegű meghibásodások elkerülése érdekében a csővezeték telepítése előtt geotechnikai és hidrotechnikai vizsgálatokat végeznek.²⁷

A kőolajvezetékek korróziója lehet belső és külső is. A külső korrózióvédelem érdekében a leggyakoribb alkalmazott technológia a bevonatok alkalmazása, amely az acélcső felületét zárja el a talajban található korrodáló anyagoktól, víztől és oxigéntől. A rossz minőségben felvitt bevonat helyi külső korróziót, gödrösödést, réseket, repedéseket okozhat a betemetett csővezetékeken. A bevonatos kezelések sem biztosítanak teljeskörű védelmet a korrózió ellen.²⁸ A vezetékek belső korrózióját főként a nyersolaj szennyeződései okozzák például széndioxid, nafténsavak, sók és a víz. Ezek kiküszöbölésére belső béléskeket, valamint ugyancsak bevonatokat alkalmazhatnak.²⁹

A MOL-csoport magyarországi területén a csővezetékek állapotát intelligens görényezéssel vizsgálják, amely felderíti a korróziót, a mechanikus sérüléseket, repedéseket, horpadásokat. 2021-ben összesen 374 m hosszúságú vezeték kiváltása valósult meg. A hibás részt kivágnak, az új csővezetékszakaszt helyére emelik, majd összehesztik. A varratokat négyszeres varratvizsgálatnak vetik alá a működési meghibásodások elkerülésének érdekében.³⁰

Ugyan a nyomásfigyelő rendszerek mutatják a megjelenő hirtelen nyomásvesztést, az olajvezetékek megfúrása jelenleg is problémát jelent. A MOL logisztikai szekciójának 2021-es környezetvédelmi jelentésében a következőképpen számoltak be erről: „Jelentős azoknak a

²⁷ Elshaboury Nehal - Abobakr Al-Sakkaf - Ghasan Alfalah - Eslam Mohammed Abdelkader: *Data-Driven Models for Forecasting Failure Modes in Oil and Gas Pipes, Processes* 10, no. 2: 400. 2022. <https://doi.org/10.3390/pr10020400>

²⁸ Muhammad Wasim - Milos B. Djukic: *External corrosion of oil and gas pipelines: A review of failure mechanisms and predictive preventions*, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, Volume 100, 2022. ISSN 1875-5100. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104467>

²⁹ Shaanxi World Iron & Steel Co., Ltd.: *Az Olajvezetékek Korróziója*, 2019 <http://hu.worldironsteel.com/news/the-corrosion-of-oil-pipelines-26125754.html>

³⁰ Mol Nyrt. (2021): i.m. 8-9.

helyszíneknek a száma, ahol illegális vezetékmegfúrások miatt folyik kármentesítés.” Ezek az illegális megcsapolások nem csak a kivételezett mennyiségnyi, hanem a közben elfolyt és utána szivárgó anyagmennyiségnyi veszteséggel járnak. Ugyan ezek nem jelentős mértékűek országos vagy vállalati szinten, de jelentős környezetszennyezéssel, illetve többletköltséggel járnak, mivel a feltárás és a javítás is okozhat átmeneti vezetékzárólást. Akadályt jelenthet a szennyezett olaj bekerülése a csővezetékekbe, mint ahogy az 2019-ben történt, mivel annak tisztítása alatt a szállítási és a feldolgozási képesség jelentősen csökkent.³¹

Egy ország társadalmi és gazdasági jóléte a vezetékek biztonságával összefügg, nem beszélve a vizek/szárazföld szennyezettségének humánegészségügyi és környezeti kockázatairól.

3.3. Vasúti szállítás

A vasúti kőolajszállítás lehetővé teszi a nagy mennyiségű kőolaj továbbítását szárazföldön jelentős távolságokra. Az állandó költségei alacsonyabbak, mint a közútinak, de nagyobbak, mint a csővezetékes szállításnak. Ez a szállítási mód szintén rugalmatlan és nem veszteségmentes, valamint nagyobb környezetkárosító hatással rendelkezik az üvegházhatású gázok kibocsátását tekintve, mint a csővezetékes alternatíva. A vasúti kocsis szállítás ezek ellenére jelentős részét teszi ki az anyagmozgatásnak, mint alternatív szállítási mód, amíg kőolajvezeték kiépítésre nem kerül. Általában már feldolgozott árut mozgatnak vele, viszont a korábban már említett 2019-es szennyezett orosz kőolaj esetében megfelelő átmeneti megoldás volt nyers kőolaj szállítása kapcsán a csővezeték kiváltására is.³²

A legtöbb vasúti szállítással kapcsolatos baleset, kisiklás és elfolyás emberi mulasztásból következik be, amelyeket erősít a vasútvonalak nem megfelelő karbantartottsága, valamint pályaintegritási problémák. Egy ilyen baleset nagyobb eséllyel követel emberéletet, mint a csőve-

³¹ Reuters Staff: *Hungary received 60 000 tonnes of contaminated Russian oil in May, 2019.*

<https://www.reuters.com/article/us-russia-oil-hungary/hungary-received-60000-tonnes-of-contaminated-russian-oil-in-may-sources-idUSKCN1SS1ST>

³² Erjan Akhmedov: *Crude Oil and Refined Products Rail Deliveries from the Caspian Region to the European Union.* (2020). https://www.researchgate.net/publication/339016697_Crude_Oil_and_Refined_Products_Rail_Deliveries_from_the_Caspian_Region_to_the_European_Union

zetékes szállítás esetében. Más szempontból viszont előny, hogy a forgalomtól függő, út közbeni váratlan késés kisebb eséllyel alakul ki, mint a közúti szállításnál.

A MOL Group tulajdonában több mint 1800 vasúti kocsi van, és összesen mintegy 4000 darabot üzemeltetnek a termelési helyszínek és egyéb célállomások között Európa-szerte, logisztikai szolgáltatókkal együttműködve. A MOL-vállalat vasúti szállításainak gyenge pontja a szállítóknak való kitettség. Ezek a fuvarozó cégek a MOL Nyrt.-től függetlenek, a MOL csak addig kezeli az árut, míg az a vasúti kocsiba átfertésre kerül. Egy korábbi fejezetben említésre került, hogy a vasúti szállítás kevésbé kiszámítható a terelt útvonalak és a lassúsága miatt. Míg egy közúti szállítás esetében a járművet nyomon lehet követni GPS segítségével, és meg lehet becsülni a körülbelüli érkezés idejét, vasúton ez kevésbé kiszámítható.³³

3.4. Közúti szállítás

A közúti szállítás jelentős részt tesz ki a midstream-fázisban leginkább a szállítási láncban felmerülő folytonossági hiányok betöltésében, valamint a már feldolgozott petrokémiai termékek szállításában. Az előző fejezetekben tárgyalt módoknál jóval rugalmasabb a célállomást tekintve. Hasonlóan a tankerhajós és a csővezetékes megoldáshoz, közvetlen utat biztosíthat a kitermelő és feldolgozási hely, illetve a feldolgozó és a felhasználási helyek között, ellentétben a vasúti szállítással, amelynél szükséges lehet a vasúti kocsik áthelyezése más sínekre. A közúti szállítás hátránya, hogy a gépjárműflotta fenntartásának és működtetésének költsége - a szállítható mennyiségre elosztva - magasabb a többi szállítási módnál (üzemanyag, biztosítás, tisztítás, munkabér).³⁴

A kritikus pontokat tekintve a MOL-csoportnak 2021-ben 41 veszélyesanyaggal kapcsolatos közúti balesete volt. A közúti szállítás során adódó kiömlések ugyan kevesebb anyagvesztéssel járnak, mint egy csővezeték-törés vagy egy tartályhajó-süllyedés, de a balesetek éves szinten sokkal több emberi áldozattal járhatnak. Nem beszélve a környezetszennyezésről, mely nem csak a növényzetet, állatvilágot és felszíni vizeket, hanem a lakott területeket is beszennyezheti.

³³ Farkas Ádám Balázs (2022.)

³⁴ Aiden Leibel - Callaghan Seagram - Carly McMann - Maia McLellan - Hayden Oliveira - Trusha Savaliya - Kimmy Bhandal: *Transportation of Oil and Gas*, 2020. https://web.uvic.ca/~djberg/Chem300A/GroupLM_OilGasMovement_Proj1.pdf

A kialakuló közúti baleseteket okozhatják a szélsőséges időjárási viszonyok, a rosszul karbantartott járművek vagy infrastrukturális hiányosságok, valamint az emberi gondatlanság. A 2022-es első negyedévi jelentés szerint három, saját munkavállalót, alvállalkozót és harmadik felett érintő halálos kimenetelű közúti baleset következett be.³⁵

„A MOL-csoport cégei 11 országban foglalkoznak a közúti szállítással (Magyarország, Szlovákia, Horvátország, Ausztria, Bosznia, Csehország, Olaszország, Lengyelország, Románia, Szerbia és Szlovénia). A szállított termék nagy része üzemanyagból, gázból, speciális termékekből és polimerekből áll.”³⁶ Így az évi 41 baleset 11 országra levetítve nem nevezhető rendkívül magasnak, de a MOL 2014 óta érvényben lévő „Program Zéró” kezdeményezésében szerepet kap a súlyos közlekedési balesetek további csökkentése.

3.5. A midstream-fázis kritikus pontjai konfliktusok esetén

Egyéb ellátáskiesést okozó tényezők lehetnek a midstream területén is a nemzetközi vagy országon belüli konfliktusok, amelyeket a következőkben ismertetem a vízi és csővezetékes szállítási mód esetében.

A vízi szállításnál - bizonyos tengeri útvonalakon - az elmúlt 20 évben megnövekedett a kalóztevékenység a kőolajszállító hajók esetében is.³⁷ Ezek a hajók tökéletes célpontot nyújtanak a kalózoknak a lassú haladási sebesség és a viszonylag alacsony fedélzeti létszám miatt. A hajók feltartóztatásának célja lehet váltságdíj vagy a termék, amelyet átszivattyúznak egy másik hajóba, majd eladják a feketepiacon. Emellett a hajók lefoglalásának oka lehet még politikai ellentét is, mint 2022 májusában Irán és Görögország között.³⁸ Ezen kívül terroristamadások is érhetik a tengeri olajszállítmányokat.

A csővezetékes szállítást tekintve, a MOL-csoport javította az ellátás biztonságát az elmúlt években azzal, hogy a százhalmombattai fino-

³⁵ Mol-Csoport 2022 Féléves jelentése https://molgroup.info/storage/documents/publikaciok/negyedeves_jelentesek/2022/mol_group_2022h1_report_hun.pdf

³⁶ Mol Group (2022): *Logisztika*

³⁷ C.Guedes Soares, A. P. Teixeira: *Risk assessment in maritime transportation*, Reliability Engineering & System Safety, Volume 74, Issue 3, 2001, ISSN 0951-8320, 299-309 o. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(01\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(01)00104-1)

³⁸ Megan Hinton: *Fears oil price will rise again after Iran accused of piracy for seizing Greek oil tankers*, 2022. <https://www.lbc.co.uk/news/iran-accused-piracy-seizing-greek-oil-tankers/>

mítóban elkezdtek növelni az Adria-vezetéken érkező kőolaj feldolgozását, csökkentve ezzel az orosz Ural-nyersolajtól való függést. Ez akkor az orosz-ukrán konfliktus kapcsán következett be, amely a 2022. augusztusi esethez hasonlóan a fizetéseképtelenséghez kötődött. Ekkor kezdtek az Adria-csővezetéken Magyarország felé árut is szállítani, nem csak az ellenkező irányba.³⁹ Ez a jelenlegi fokozódó nemzetközi helyzetben kissé csökkenthetné az ellátással kapcsolatos aggodalmakat, azonban az adriai kőolaj feldolgozására kisebb kapacitással rendelkezik a finomító a két kőolaj eltérő kémiai összetevői miatt. Alternatíva lehetne még az Ural-kőolajhoz hasonló összetételű nyersolaj importálása, de a logisztikai (szállítási és tárolási) lehetőségek mind a Barátság-vezeték kiszolgálására lettek kialakítva. Így, ha a megfelelő összetételű nyersolajat sikerülne is beszerezni, a tároló és egyéb logisztikai kiszolgáló egységek kiépítése huzamosabb időbe kerülne, amely átmeneti üzemanyagellátási kieséssel járhatna. Ez legfőképp az alapanyag-tárolókapacitás megnövelését kívánná, új egységek építésével vagy régi tárolók felújításával.

A nehezen helyettesíthető orosz nyersanyagról való átállás hosszú és költséges folyamat. Éppen ezért az Európai Unióban jelenleg még kivételt képez az Oroszországgal szembeni embargó alól a kőolajvezetéken importált kőolaj.⁴⁰ Amennyiben az embargó alól már nem mentesülne Magyarország, az orosz kőolaj beszerzése még nem lenne teljesen kizárt. A háború kezdete óta Kína és India a legnagyobb importőre az orosz olajnak. Ezen országok feldolgozzák az orosz kőolajat, és úgy juttatják be Európába. Emellett gyakori embargókerülő manőver lett, hogy a tengeri szállítás során az orosz hajókról átféjtek a kőolajat egy semleges ország hajójába, így a kőolaj eredete nehezebben visszakövethető.⁴¹ Így az orosz kőolaj beszerzése Magyarország számára is elérhető lenne, csak jóval magasabb áron és kevésbé megfelelő politikai körülmények között.

Az energiabiztonság három aspektusát is fenyegeti az olajembargó: a forrásokhoz való hozzáférhetőséget és az attól függő termelés megvalósulását, a finomítók működésbiztonságát, illetve a megfizethető árakat.⁴²

³⁹ Farkas Ádám Balázs (2022.)

⁴⁰ Mol Nyrt. (2022): *Üzemanyag-ellátás*

⁴¹ Dóka Milán: *Az olajembargó vesztese: Európa*, Magyar Nemzet, 2022.

<https://magyarnemzet.hu/gazdasag/2022/06/az-olajembargo-vesztese-europa>

⁴² Németh Viktória: *Európai uniós szankciók és az energiabiztonság kérdése*, 2022. <https://www.oeconomus.hu/irasok/europai-unios-szankciok-es-az-energiabiztonsag-kerdesei/>

Az embargók okozta fizetési képtelenség miatt az ukrán területen áthaladó vezetékág átmeneti zárolása ideiglenesen megakadályozta a nyers kőolaj áramlását a finomítóba.⁴³ A MOL Nyrt. készül az esetleges átállási kényszerre, és egyeztet a horvát JANAF-céggel a kőolaj-csővezetéken keresztüli szállításának megoldására, ha a Barátság-csővezetékeken ez már nem lenne lehetséges. Ez ismét költségesebb megoldás, mivel a horvátországi Sziszek és a határ közötti csővezeték szakasz kapacitása nem elégséges, így nagyobb beruházásra van szükség, hogy az eleve magasabb árú termékek beszállításra kerülhessenek.⁴⁴

Az orosz-ukrán háborúval kapcsolatban nem csak az embargó veszélyezteti a kőolaj beáramlását Magyarországra, hanem fizikai veszélyek is, például 2022 áprilisában robbantások következtében kigyulladt egy olajtározó Brjanszkban, illetve a Barátság II. vezeték mellékcsövei és alkatrészei sérültek meg 2022 júniusában.⁴⁵

3.6. Kibertéri kockázatok

Természetesen az olaj- és a földgázipari cégek is áldozatul esnek kibertéri támadásoknak. 2017 óta 35 alkalommal ért energiaipari szolgáltatót jelentős kibertámadás, az esetek felében ezek olaj- vagy ahhoz kapcsolódó céget jelentettek.⁴⁶ A zsarolóvírus-támadások száma 150%-kal nőtt az elmúlt években, és ezek egyre sikeresebbek, miközben a hagyományos védekezés gyakran nem megfelelő. A zsarolóvírussal való támadás a legjelentősebb és legtermékenyebb technika, amellyel az olaj- és földgázipari vállalatokra nyomást tudnak helyezni.

A támadás célja lehet „váltásdíj” kikényszerítése zsarolóvírusok alkalmazásával, ipari eljárásmodok és egyéb érzékeny adatok megszerzése pszichológiai manipuláció (angolul social engineering) technoló-

⁴³ Barbara Lewis - Jason Neely - Jane Merriman: *Ukraine halted oil flows to Europe over payment issue*, Russia's Transneft says, 2022. <https://www.reuters.com/business/energy/russia-suspends-oil-exports-via-southern-leg-druzhba-pipeline-due-transit-2022-08-09/>

⁴⁴ Farkas Ádám Balázs (2022.)

⁴⁵ Koren-Karczub Tímea: *Megpróbálták felrobbantani a Barátság kőolajvezetékét*, Magyar Nemzet, 2022. <https://magyarnemzet.hu/kulfold/2022/06/megprobaltak-felrobbantani-a-baratsag-koolajvezeteket>

⁴⁶ S&P Global Commodity Insights: *Energy Security Sentinel An interactive study of geopolitical risk and energy prices* (2022.) <https://www.spglobal.com/commodityinsights/PlattsContent/assets/files/en/specialreports/oil/oil-security-sentinel.html>

giákkal, illetve a tényleges munkafolyamat megzavarása. Ezek a támadások veszélyeztetik a kőolaj-feldolgozás mindhárom fázisát. Fenyegetik a tárolólétesítményeket, a csővezeték-rendszereket, a lelőhelyek kutatását és kitermelését, valamint a finomítók működését. Ezek okozhatnak üzemi vagy termelési leállást, szállítási problémákat és észrevétlen szivárgásokat.⁴⁷

2021-ben a DarkSide hackercsoport adatlopás után egy zsarolóvírus elterjesztésével a Colonial-csővezeték - amely az egyik legfontosabb olajvezeték az Egyesült Államokban - leállítását érte el, amely majdnem egy teljes hétig tartott. Ez az esemény a hajtóanyagárak növekedéséhez vezetett, valamint repülőgéphajtóanyag-hiányt eredményezett, mindamelllett a lakosság pánikszerű vásárlási rohama bizonyos területeken valódi áruhiányt okozott.

Nem csak az Amerikai Egyesült Államokat érte támadás az elmúlt időszakban, hanem Európát is. Egy 2022. január végén indított akció Németország és Belgium összesen 17 terminálját érintette, mely során kikötők be- és kirakodó rendszerét bénították meg, ezzel korlátozva az ellátást.⁴⁸ Ezen kívül, egyes zsarolóprogramok egyre gyakrabban alkalmaznak folyamatleltető listákat, ezzel bizonyítva, hogy képesek leállítani az ipari folyamatokat az operatív környezetben, így nem csak adatok kiszivárogtatásával tudják kontrollálni a céget, hanem a munkafolyamatok fizikai leállításával is.⁴⁹

3.7. Tárolás

A tárolást is ugyanaz a három tényező veszélyezteti, mint a többi folyamatleltető: az emberi mulasztás, a technológiai meghibásodások és a politikai konfliktusok. A tárolást érintő balesetek 85%-a robbanás-hoz és tüzesetekhez kapcsolódik. A technológiáját tekintve a legtöbb baleset az úszótetős tartályoknál keletkezett. Üzemeltetési problémák lehetnek a túlnyomás, a helytelen hegesztés vagy a tartályok nem megfelelő tisztítása, amely nemkívánt exotermikus reakciókat okozhat,

⁴⁷ Parsosns: *Cybersecurity threats to the oil & gas industry* (2022.) <https://www.parsosns.com/wp-content/uploads/2017/08/Cybersecurity-Oil-Gas.pdf>

⁴⁸ Prajeet Nair: *Cyberattack Cripples European Oil Port Terminals* (2022) <https://www.france24.com/en/live-news/20220203-european-oil-port-terminals-hit-by-cyberattack>

⁴⁹ Casey Brooks: *Cyber Risk High for Oil & Natural Gas Organizations Around the Globe* (2022.) <https://www.dragos.com/blog/industry-news/cyber-risk-high-for-oil-natural-gas-organizations-around-the-globe/>

ezzel berobbantva a tartály tartalmát. Repedések, szivárgások, a statikus elektromosság és olyan természeti hatások, mint a villámcsapás, vihar és a földrengések szintén veszélyeztetik a tárolók épségét és az anyagok biztonságos tárolását. Itt az előzőktől eltérően az emberi hiba kisebb szerepet játszik a balesetek bekövetkezésében.

A tüzesetek nagy része a technológiai hibákból, de akár emberi figyelmetlenségből is bekövetkezhetnek, ilyen például egy cigarettacsikk eldobása.⁵⁰ A kőolaj-finomítók és a tárolók is kiemelt célpontot jelentenek fegyveres konfliktusok esetén, illetve terrorizmus célpontjává válhatnak, mint a kritikus infrastruktúra részei. „Feltételezhető, hogy egyes raktárak könnyen megközelíthetőek voltak, és azért voltak vonzó célpontok, mert nagyméretű gazdasági javakat jelentettek. Ráadásul az olajraktárak égése látványos tüzet okoz, amely garantálja a befektetés megtérülését a közösségi médiában.”⁵¹ A Magyarországon történt tartályrobbanások és -balesetek az elmúlt 6 évben a tartálytöltés, szabálytalan munkavégzés és technológiai meghibásodások miatt keletkeztek.⁵²

Magyarországnak legalább 90 napi készlettel kell rendelkeznie, ez a mennyiség félkész és kész termékekből is áll. Azt, hogy pontosan mennyi a 90 napra elegendő anyag, az előző évi fogyasztásból számítják ki. Kőolajból 608,8, gázolajból 262,5, benzinből 187,1, kerozinból 2,2 kilotonna-olajegyenérték volt készletezve 2022. augusztus 31-én, amely 73 készletnapnak megfelelő mennyiség. A tárolt készlet mennyisége 2022 júniusa óta folyamatosan csökkenő tendenciát mutat (lásd 1. számú táblázat), utoljára 2019-ben volt a meghatározott 90 nap alatti érték.

A tartalékok részben MOL-tulajdonú tárolókban (telephelyeken és a finomító területén) és a MOL Nyrt. leányvállalatainak, például a Terméktároló Zrt. és a MOLTRADE-Mineralimpex Zrt. tárolóiban kerül letárolásra. A stratégiai készlet többi része a Magyar Szénhidrogén Készletező Szövetség és a HEXUM Tartálypark Zrt. által kerül készletezésre.⁵³

⁵⁰ James I. Changa - Cheng-Chung Lin: *A study of storage tank accident*, (2006) Journal of Loss Prevention in the Process Industries 19 (1):51-59 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.05.015>

⁵¹ Kjøl Åshild - Lia Brynjar: *Terrorism and oil – an explosive mixture? A Survey of Terrorist and Rebel Attacks on Petroleum Infrastructure 1968-1999* (2001) ISBN: 82-464-0540-3

⁵² Tóth András - Siposné Kecskeméthy Klára - Endrődi István: *A magyar szénhidrogéniparban előfordult katasztrófák, azok tanulságai és a megelőzés módzatai* 2. rész, Hadmérnök 16. évfolyam (2021) 1. szám 129–144. <http://doi.org/10.32567/hm.2021.1.8>

⁵³ Magyar Szénhidrogén Készletező Szövetség honlapja.

BIZTONSÁGI KÉSZLETEK MOBIL MENNYISÉGE

1. számú táblázat

2022									
Készlet típusa	01.31	02.28.	03.31.	04.30.	05.31.	06.30.	07.31.	08.31.	09.30.
Kőolaj- és kőolajtermék-készlet mennyisége (ktonna)									
<i>Kőolaj</i>	614,3	629,8	659,2	639,2	618,5	646,6	666,8	704,6	704,6
<i>Gázolaj</i>	498,8	499,0	452,5	431,1	431,1	403,0	396,4	243,1	245,4
<i>Benzin</i>	265,2	254,6	250,8	250,8	231,1	213,3	197,1	173,2	173,1
<i>Kerozin</i>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<i>Készlet- napok száma</i>	99	100	97	94	92	90	84	73	73
Kőolaj- és kőolajtermék-készlet mennyisége kőolaj-egyenértékben (ktoe)									
<i>Kőolaj</i>	530,7	544,1	569,5	552,3	534,4	558,7	576,1	608,8	608,8
<i>Gázolaj</i>	538,7	538,9	488,7	465,6	465,6	435,3	428,1	262,5	265,0
<i>Benzin</i>	266,4	275,0	270,9	270,6	249,6	230,4	212,9	187,1	187,0
<i>Kerozin</i>	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2

Forrás: Saját szerkesztés a Magyar Szénhidrogén Készletező Szövetség honlapján közzétett információk alapján:

<https://www.husa.hu/2022/02/22/biztonsagi-keszletek-mobil-mennyisege-2022/>

4. DOWNSTREAM - A FINOMÍTÁS KRITIKUS PONTJAI

4.1. Emberi tényezők

A korábbi fejezetekből már kiderült, hogy az ellátási lánc minden szintjén bekövetkező zavarok keletkezhetnek emberi mulasztásból vagy hibából, például, amikor egy dolgozó a technológiai hibát nem

veszi észre vagy figyelmen kívül hagyja. Az ilyen technikai hibák észlelését segíti a minél magasabb szintű automatizálás, bár az emberi jelenlét így is elengedhetetlen. A MOL Nyrt. a 2010-15-ös évek óta munkaerőhiánnyal küzd, és magas fokú a dolgozók létszámingadozása, amely azt eredményezheti, hogy kevesebb a nagy munkatapasztalattal rendelkező alkalmazott, amely növeli az emberi mulasztásokból kialakuló hibák kockázatát.⁵⁴

4.2. Technológiai határok

A finomítóknál a megfelelő működéshez szükséges az időszakos karbantartás. Az esetenkénti leálláskor nem az összes üzem áll le, így csak kapacitáscsökkenés történik. A termelésben kulcsfontosságú üzemek csak ritkán kerülnek leállításra. 2022 nyarán indították el a Dunai Finomító eddigi legnagyobb karbantartását, amelynek első fázisa közel két hónapig tartott. Ennek a végrehajtása korábbi időpontra volt kitűzve, viszont a politikai helyzet miatt bekövetkezett keresletnövekedés miatt maximális kapacitáson kellett működnie a finomítónak, emiatt az eredeti időpontban ez kivitelezhetetlen lett volna.⁵⁵ Az ilyen karbantartási időszakokra vagy van megfelelő mennyiségű letárolt alapanyag, vagy exporttal (Rijekából vagy Pozsonyból) egyenlíti ki az igényeket.

Haváriaesemények is történhetnek a finomítóban. 2022 júniusában tűz ütött ki a finomító területén, emiatt az egyik üzemnek két hétre le kellett állnia, amellyel napi 8000 tonna termelés kiesés keletkezett.⁵⁶ A nyár második felében arra láthattunk példát, hogy az időjárás is befolyásolhatja a működésbiztonságot. Ekkor egy villámcsapás következtében zavar keletkezett a finomító elektromos rendszerében, amely ugyan nem járt termelés kieséssel, de üzemzavarokat okozott.⁵⁷

4.3. Politikai tényezők

A feldolgozást nem csak úgy akadályozhatja a jelenlegi, Oroszországgal szembeni embargó, hogy az alapanyag beszállítása kerül veszélybe. A finomítóknál alkalmazott technológiák nagy mennyiségű hőenergia-felhasználással járnak, és ezt földgázzal való fűtéssel oldják

⁵⁴ Farkas Ádám Balázs (2022.)

⁵⁵ Hecker Flórián: *Folytatja a karbantartást a Mol, nehéz hetek elé néznek a dízelautósok* (2022.) <https://www.vg.hu/vilaggazdasag-magyar-gazdasag/2022/09/folytatja-a-karbantartast-a-mol-nehez-hetek-ele-neznek-a-dizelautosok>

⁵⁶ MTI-Népszava: *Tűz volt a Mol százhalombattai finomítójában* (2022) https://nep-szava.hu/3160176_mol-szazhalombatta-finomito-tuz

⁵⁷ Városi Kurír/Blikk: *Villámcsapás a Mol Dunai Finomítójában - Majdnem még nagyobb lett a baj a benzinkutaknál* (2022) <https://varosikurir.hu/villamcsapas-a-mol-dunai/>

meg. Amennyiben a földgázellátás is akadozna vagy megszűnne, más, kisebb hatékonyságú anyagokkal kellene a megfelelő hőmérsékletűre melegíteni a feldolgozáshoz a kőolajat, amely költségnövekedéssel, a termelési kapacitás csökkenésével járna.

Az orosz-ukrán háború óta csak orosz kőolaj-bedolgozással működik a Dunai Finomító; ez azt jelenti, hogy nem dolgoznak fel Adria-kőolajat, csak Ural-típusút, mivel az nagyobb hozamot biztosít.⁵⁸

5. A MAGYAR HONVÉDSÉG ELLÁTÁSA

5.1 A Magyar Honvédség és a MOL Nyrt kapcsolata

A MOL Nyrt.-től való vásárlás védelmi beszerzés keretében történik. Az ellátás menete: a Magyar Honvédség leadja a megrendelését, amelyet a vállalatnál felvesznek, bevezetik egy Systems Applications and Products (továbbiakban: SAP), és ezután kerül az anyag kiadásra. A hajtóanyagokat különböző, – a költséghatékonyság alapján meghatározott – MOL-telepekről közúti szállítással juttatják el az alakulatokhoz

A JET üzemanyagot közúton és vasúton, erre kialakított szabványoknak megfelelő tárolókban juttatják el a légierő bázisaira. Emellett Kecskemétre csővezetékes szállítás is megoldott egy mellékvezeték segítségével, amely a Százhalombatta-Szajol termékvezetékéből ágazik le. A kecskeméti telepen nem áll meg az anyag, hanem rögtön halad tovább a repülőbázishoz. A pápai repülőbázis kisebb, de általában heti rendszerességgel kap beszállításokat vasúton.⁵⁹

A MOL Nyrt. üzletileg nem tehet különbséget ügyfél és ügyfél között, vagyis nem részesítheti előnyben a Magyar Honvédség (továbbiakban: MH) ellátását. Ennek ellenére, az MH feladatrendszerét ismerve a MOL Nyrt. mindig igyekszik kielégíteni az MH igényeit úgy, hogy azok időben teljesüljenek, bár nincs a MOL Nyrt. és az MH (vagy inkább az Állam) között stratégiai partnerség. A közelmúltban történt események (kőolajellátási nehézségek, üzemzavarok stb.) nyilvánvalóan negatívan befolyásolták az ellátásbiztonságot, így az MH igényeit is több alkalommal át kellett szervezni, ütemezni. Azonban az MH rendelkezik annyi tartalékkal, hogy ezek az átszervezések ne okozzanak problémát. Így a MOL Nyrt.-vel közösen áthidalásra kerültek az átmeneti hiányok.

⁵⁸ Farkas Ádám Balázs (2022.)

⁵⁹ Farkas Ádám Balázs (2022.)

Az MH és a MOL között van egy hatályos szerződés, amely a 2021-2024 éveket fedi le, és a védelmi beszerzési törvény alapján indított közbeszerzési eljárás eredményeként került megkötésre 2020 végén. A szerződés értelmében a MOL Nyrt. szállítja az MH részére a saját, illetve szerződött partnereinek tartálykocsijaival, valamint vasúton és csővezetéken keresztül a hajtóanyagot (vasúton és csővezetéken jellemzően csak JET-A1 repülőpetróleumot). Ritka esetben az is előfordul, hogy az MH saját eszközeivel megy vételezni a MOL-hoz. A szerződés keretében ESZ-95 motorbenzin (E10), gázolaj (téli extra, biotartalom-mentes), JET-A1 repülőpetróleum és RB-100LL repülőbenzin hajtóanyagokat szállít a MOL.

Az MH más céggel nem áll szerződésben, és a szerződés ideje alatt nem is állhat. Az egyéb üzemanyagokból sokféle kerül beszerzésre több különböző cégtől, többek között a MOL-tól is.⁶⁰

Az MH-ban a benzin felhasználása sokkal kisebb, mint a gázolajé, kevesebb is kerül belőle letárolásra az MH-nál. A benzinüzemű gépjárművek feltöltésére általában MOL-kártyákat alkalmaznak, rendszámra szóló üzemanyagkártyákat és garázkártyákat, amelynek a használója bármilyen (honvédségi tulajdonú) gépjárműbe vételezhet hajtóanyagot, amelyeket összesítve fizet ki az MH.

A kártyás kiszolgálás a Közbeszerzési és Ellátási Főigazgatóság (KEF) központosított közbeszerzéses Keretmegállapodása (KM01UKAR20) alapján történik.

6. ÖSSZEGZÉS

A modern társadalmakban mind a gazdaság versenyképessége, mind a háztartások jóléte kritikusan függ az energiaellátás biztonságától. A katonai erő mobilizálásához is elengedhetetlen, hogy rendelkezésre álljon a megfelelő mennyiségű energia, legyen szó akár a fosszilis üzemanyagokról vagy bármely energiahordozóról. Magyarország a földrajzi elhelyezkedése révén sosem lehet önellátó a fosszilis hajtóanyagokat tekintve. Az ellátásbiztonság - az importfüggőség miatt - a nemzetközi kapcsolatok megfelelő menedzselésén múlik, amely az energiaipar és külpolitika feladata.

⁶⁰ Szalontai Sándor őrnagy (2022.)

Számunkra elsődleges elvárás, hogy az energiaszükségletek kielégítése konzisztensen és megbízhatóan kerüljön végrehajtásra. Ennek a legfontosabb elemei a kockázati tényezők okozta ellátási problémák megelőzése, a tervezés és a válsághelyzetekre való reagálási képesség megteremtése. Ehhez nemzeti szinten biztosítani kell energiaipari beruházásokat, például szállítási infrastruktúra meglétéhez vagy annak fejlesztéséhez. Emellett szükséges biztosítani az infrastruktúra fizikai működtetésének biztonságát és az energiaipari szolgáltatók működési kereteit.⁶¹

A Magyar Honvédség feladatából kiindulva, mint szervezeti elem nem tud az ellátási lánc elején lévő tevékenységekre hatni, mivel az lényegében integrálva van a nemzeti ellátásba. Az egyetlen változó, amelyre hatni tud, az a szerződő partnerének kiválasztása. A tanulmány során vizsgált tényezők (technológia, politikai befolyás és emberi faktor) közül a legnagyobb hatást a technológia tökéletlensége és a geopolitikai környezet változása fejt ki az ellátási lánkra.

A nyersolaj kitermelését tekintve fenyegető tényező lehet a kőolaj-hozamcsúcs bekövetkezése. A kőolaj emberi léptékben nem megújuló energiahordozó, így kimondható, hogy az valamikor elfogy vagy kitermelhetetlenné válik. Ezt a faktort a tanulmány szempontjából kisebb jelentőségűnek értékeltem, mivel cikkemben azokat a tényezőket vizsgáltam, amelyek rövidtávon fenyegetik az ellátást. A kitermelés technológiai határait folyamatosan feszegetik, és létrejönnek olyan új eljárás módok, amelyekkel vagy a hatékonyságot növelik vagy elérik, hogy olyan tározókból lehessen anyagot kinyerni, amelyekből korábban nem volt lehetséges. A kitermelési szakaszt emellett fenyegetik a nemzetközi háborúk, országon belüli konfliktusok, valamint az olajállamok hajlama az agresszióra.

A szállítási és tárolási szakasz technológiai hibái az alkalmazott módtól függenek, de mindenhol megjelennek a tároló / szállító közeg anyagából adódó meghibásodások és az alkalmazott gépi rendszerek hibái. A legnagyobb mértékben a midstream szállítási részét érintik a nemzetközi konfliktusok, embargók, háborúk. Az energiapolitika ilyen fajta befolyásolása természetesen a nemzetközi, hatalmi politika eszköze is egyben, a kibertámadások pedig a lánc minden részét fenyegetik.

⁶¹ Dobos Edina: *Az energiaellátás biztonságának elméleti kérdései*, Nemzet és Biztonság, 2010. Július

A finomítási szakaszt - az ellátási lánc egymásra épülése miatt - veszélyeztetni mindaz, amely az előtte lévő komponenseket is. Amennyiben nincs kitermelt nyersanyag vagy a szállítás van ellehetetlenítve, az attól függő finomítás nem mehet végbe. Magyarország tekintetében a legnagyobb termelést visszavető tényező az lenne, ha a szankciók miatt át kellene állítani a finomítót más típusú nyersolaj feldolgozására.

A technológiai tökéletlenségeket MH szinten csak a belső ellátás rendszerében tudjuk befolyásolni a tároló és szállító eszközeink ciklikus karbantartásával, valamint az emberi tényezők okozta hibákat csökkenteni lehet a szakképzések megfelelő minőségével. A politikai konfliktusokat és azok hatásait a korábban kifejtettek alapján nemzeti szinten kezelik, így a hadseregek is ennek megfelelően kerülnek ellátásra. Az MH hajtóanyag-beszerzése kizárólag a MOL Nyrt.-n keresztül történik védelmi beszerzés és keretszerződés alapján, így a vállaltól való függőség rendkívül magas.

A jelenleg érvényben lévő hatodik szankciós csomag, mely szerint az orosz nyersolaj vagy kőolajtermékek importálása tilos az Európai Unió tagországoknak, amelyre a meghatározott átállási idő 2023 februárjában ért véget. Ez alól az embargó alól átmenetileg kivételt képeznek az olyan uniós tagállamok, amelyek földrajzi helyzete függőséget okoz a csővezetékes orosz nyersolaj-ellátástól, és ennek megszüntetéséhez nem rendelkeznek életképes alternatív lehetőségekkel. Kérdéses, hogy az átmeneti időszak mekkora időtartamot jelent, és addigra megtörténik-e a finomítók átállása vagy az alternatív beszerzési lehetőségek megteremtése. A cikk áttekintés gyanánt készült, mivel a tárgyalt problémák és az egész rendszer részletekben való elemzése rendkívül komplex és szerteágazó feladat. A Magyar Honvédség belső hajtóanyag-ellátási láncának elemzése és azok kritikus pontjainak felderítése a téma továbbfejlesztéseként szerepelhetne.

Rövidítések jegyzéke:

CSI - Cyclic Steam Injection (ciklikus gőzbefecskendezés)

EOR - Enhanced Oil Recovery (fokozott kinyerés)

MH - Magyar Honvédség

OPEC - Organization of the Petroleum Exporting Countries (A Kőolaj-exportáló Országok Szervezete)

SAGD - Steam Assisted Gravity Drainage (Gőzzel segített gravitációs kinyerés)

SAP - Systems Applications and Products (Rendszeralkalmazások és termékek)

IRODALOMJEGYZÉK:

Szakirodalom, szakkikkek:

1. Akhmedov Erjan: Crude Oil and Refined Products Rail Deliveries from the Caspian Region to the European Union. 2020.
https://www.researchgate.net/publication/339016697_Crude_Oil_and_Refined_Products_Rail_Deliveries_from_the_Caspian_Region_to_the_European_Union
2. Ashford Emma: Petrostates in a Changing World, Cayman Financial Review, 2015. <https://www.cato.org/commentary/petrostates-changing-world> Letöltés: 2022.08.01
3. Ashford Emma: The Problem With Being a Petrostate, 2022. <https://foreignpolicy.com/2022/06/19/petrostates-oil-production-weapon-foreign-policy-war-economy/> Letöltés: 2022.08.22
4. Brooks Casey: Cyber Risk High for Oil & Natural Gas Organizations Around the Globe (2022.) <https://www.dragos.com/blog/industry-news/cyber-risk-high-for-oil-natural-gas-organizations-around-the-globe/> Letöltés: 2022.10.18
5. Cheatham Amelia - Diana Roy - Rocio Cara Labrador: Venezuela: The Rise and Fall of a Petrostate, 2021. <https://www.cfr.org/background/venezuela-crisis#chapter-title-0-2> Letöltés: 2022.08.02
6. Collyns Dan: Peru demands compensation for disastrous oil spill caused by Tonga volcano, The Guardian, 2022. <https://www.theguardian.com/world/2022/jan/19/peru-spain-repsol-disastrous-oil-spill>, Letöltés: 2022.08.22
7. Dobos Edina: Az energiaellátás biztonságának elméleti kérdései, Nemzet és Biztonság, 2010. Július
8. Dóka Milán: Az olajembargó vesztese: Európa, Magyar Nemzet, 2022. <https://magyarnemzet.hu/gazdasag/2022/06/az-olajembargo-vesztese-europa> Letöltés: 2022.09.17
9. FGSZ Zrt: 70 Éves a földgázszállítás, 2010. https://fgsz.hu/file/documents/0/0004/70_eves_a_foldgazszallitas_2010.pdf
10. Gavin Bridge - Andrew Wood. Less is more: Spectres of scarcity and the politics of resource access in the upstream oil sector. Geoforum 41.4, 2010, 566-572. o. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2010.02.004>

11. Hecker Flórián: Folytatja a karbantartást a MOL, nehéz hetek elé néznek a dízelautósok (2022.) <https://www.vg.hu/vilaggazdasag-magyar-gazdasag/2022/09/folytatja-a-karbantartast-a-mol-nehez-hetek-ele-neznek-a-dizelautosok> Letöltés: 2022.10.18
https://www.spglobal.com/commodityinsights/PlattsContent/_assets/files/en/specialreports/oil/oil-security-sentinel.html Letöltés: 2022.10.12
12. Leibel Aiden - Callaghan Seagram - Carly McMann - Maia McLellan - Hayden Oliveira - Trusha Savaliya - Kimmy Bhandal: Transportation of Oil and Gas, 2020.
https://web.uvic.ca/~djberg/Chem300A/GroupLM_OilGas-Movement_Proj1.pdf
13. Lewis Barbara - Jason Neely - Jane Merriman: Ukraine halted oil flows to Europe over payment issue, Russia's Transneft says, 2022. <https://www.reuters.com/business/energy/russia-suspends-oil-exports-via-southern-leg-druzhba-pipeline-due-transit-2022-08-09/> Letöltés: 2022.08.22
14. Mommer Bernard: Global Oil and the Nation State, Oxford, Oxford University Press, 2002. ISBN 9780197300282.
15. Nehal Elshaboury - Abobakr Al-Sakkaf - Ghasan Alfalah - Eslam Mohammed Abdelkader: Data-Driven Models for Forecasting Failure Modes in Oil and Gas Pipes, Processes 10, no. 2: 400. 2022. <https://doi.org/10.3390/pr10020400>
16. Shen Chonghui: Enhanced Oil Recovery Field Case Studies, Gulf Professional Publishing, 2013, ISBN 9780123865458, 413-445. o.
17. Soares C.Guedes, A. P. Teixeira: Risk assessment in maritime transportation, Reliability Engineering & System Safety, Volume 74, Issue 3, 2001, ISSN 0951-8320.
[https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(01\)00104-1](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(01)00104-1)

Internetes források:

18. Åshild Kjøk - Lia Brynjar: Terrorism and oil – an explosive mixture? A Survey of Terrorist and Rebel Attacks on Petroleum Infrastructure 1968-1999 (2001)
<https://www.ffi.no/en/publications-archive/terrorism-and-oil-an-explosive-mixture-a-survey-of-terrorist-and-rebel-attacks-on-petroleum-infrastructure-1968-1999> Letöltés: 2022.10. 18

19. Changa James I. - Cheng-Chung Lin: A study of storage tank accident, (2006) Journal of Loss Prevention in the Process Industries 19 (1):51-59 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.05.015>
20. Crabtree Mike: CHOPS: but not for your BBQ, Saskatchewan Research Council website, 2015. <https://www.src.sk.ca/blog/chops-not-your-bbq> Letöltés: 2022.08.20
21. Denchak Melissa: Fracking 101, Natural Resources Defense Council, Inc. website, 2019. <https://www.nrdc.org/stories/fracking-101#whatis> Letöltés: 2022.07.11
22. Druett Pablo - Patrizio Raffa - Francesco Picchioni: Chemical enhanced oil recovery and the role of chemical product design, Applied Energy, Volume 252, 2019, ISSN 0306-2619, 1-2 o. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113480>
23. Fanchi John R.: Principles of Applied Reservoir Simulation, Gulf Professional Publishing, 2018, ISBN 978-0-12-815563-9.
24. Hinton Megan: Fears oil price will rise again after Iran accused of piracy for seizing Greek oil tankers, 2022. <https://www.lbc.co.uk/news/iran-accused-piracy-seizing-greek-oil-tankers/> Letöltés: 2022.08.22
25. Koren-Karczub Tímea: Megpróbálták felrobbantani a Barátság kőolajvezetékét, Magyar Nemzet, 2022. <https://magyarnemzet.hu/kulfold/2022/06/megprobaltak-felrobbantani-a-baratsag-koolajvezeteket> Letöltés: 2022.08.22
26. Mácz Andrea - Nyomárkay Kristóf - Svastits Áron - Szabó Gábor Péter - Németh Tamás - Pitlik Marcell: Történeti áttekintés a kőolajról, 2012. https://miau.my-x.hu/miau/277/NXEG_MA_NT_SA_SZG_NYK_PM.pdf
27. Magyar Szénhidrogén Készletező Szövetség honlapja. <https://www.husa.hu/kapacitasok/> Letöltés: 2022.09.19
28. MOL Group hivatalos honlapja: Logisztika, 2022. <https://molgroup.info/hu/uzleteink/downstream/logisztika> Letöltés: 2022.08.01
29. MOL Group hivatalos honlapja: Olajipari vegyszerek és technológiák, 2022. <https://molgroup.info/hu/uzleteink/innovativ-uzletagakes-szolgalatasok/olajipari-vegyszerek-es-technologiak> Letöltés: 2022.08.01

30. MOL Nyrt. Downstream, Logisztika: Környezetvédelmi jelentés 2021. év. <https://molgroup.info/storage/documents/standard-based-man-sys-and-cert/mol-hu/pdf/a-mol-rol/vallalati-ranyitas/szabvanyos-iranyitasi-rendszerek-es-tanusitvanyok/kornyezetvedelmi-jelentes-Logisztika-2021.pdf> Letöltés: 2022.08.01
31. MOL Nyrt. hivatalos honlapja: Üzemanyag-ellátás, 2022. <https://mol.hu/hu/uzemanyag-ellatas/> Letöltés: 2022.08.01
32. MOL-csoport 2022 Féléves jelentése <https://molgroup.info/storage/documents/publikaciok/negyedev-es-jelentesek/2022/mol-group-2022h1-report-hun.pdf> Letöltés: 2022.10.18
33. MTI-Népszava: Tűz volt a Mol százhalombattai finomítójában (2022) https://nepszava.hu/3160176_mol-szazhalombatta-finomito-tuz Letöltés: 2022.10.18
34. Nair Prajeet: Cyberattack Cripples European Oil Port Terminals (2022) <https://www.france24.com/en/live-news/20220203-european-oil-port-terminals-hit-by-cyberattack> Letöltés: 2022.10.18
35. Németh Viktória: Európai uniós szankciók és az energiabiztonság kérdése, 2022. <https://www.oeconomus.hu/irasok/europai-unios-szankciok-es-az-energiabiztonsag-kerdese/> Letöltés: 2022.08.22
36. Parsons: Cybersecurity threats to the oil & gas industry (2022.) <https://www.parsons.com/wp-content/uploads/2017/08/Cybersecurity-Oil-Gas.pdf> Letöltés: 2022.10.12
37. Reuters Staff: Hungary received 60,000 tonnes of contaminated Russian oil in May: sources, 2019. <https://www.reuters.com/article/us-russia-oil-hungary/hungary-received-60000-tonnes-of-contaminated-russian-oil-in-may-sources-idUSKCN1SS1ST> Letöltés: 2022.08.22
38. S&P Global Commodity Insights: Energy Security Sentinel, An interactive study of geopolitical risk and energy prices (2022.)
39. Shaanxi World Iron & Steel Co., Ltd.: Az Olajvezetékek Korróziója, 2019. <http://hu.worldironsteel.com/news/the-corrosion-of-oil-pipelines-26125754.html> Letöltés: 2022.08.12
40. Snegovaya Maria: Think of Russia as an ordinary petrostate, not an extraordinary superpower, The Washington Post, 2015. <https://www.washingtonpost.com/news/monkey-cage/wp/2015/03/09/to-understand-russia-think-of-it-as-an-ordinary-petrostate-as-opposed-to-an-extraordinary-superpower/> Letöltés: 2022.08.12

41. Speight James G. PhD: Introduction to Enhanced Recovery Methods for Heavy Oil and Tar Sands (Second Edition), Gulf Professional Publishing, 2016 ISBN: 9780128018750.
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/cyclic-steam-injection>
42. Tóth András - Siposné Kecskeméthy Klára - Endrődi István: A magyar szénhidrogéniparban előfordult katasztrófák, azok tanulságai és a megelőzés módozatai 2. rész, Hadmérnök 16. évfolyam (2021) 1. szám 129–1 <http://doi.org/10.32567/hm.2021.1.8>
43. Városi Kurír/Blikk: Villámcsapás a MOL Dunai Finomítójában – Majdnem még nagyobb lett a baj a benzinkutaknál (2022) <https://varosikurir.hu/villamcsapas-a-mol-dunai/> Letöltés: 2022.10.18
44. Wasim Muhammad - Milos B. Djukic: External corrosion of oil and gas pipelines: A review of failure mechanisms and predictive preventions, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 100, 2022, ISSN 1875-5100.
<https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104467>

Interjúk:

Szalontai Sándor őrnagy- Magyar Honvédség 2022.

Farkas Ádám Balázs - MOL Nyrt. 2022

Hegedűs Ferenc¹

EGY HADITECHNIKAI ESZKÖZ ÉLETCIKLUS- KÖLTSÉGEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA A LYNX KF41 PÉLDÁJÁN KERESZTÜL LEVEZETVE

SUMMARY OF THE LIFE CYCLE COSTS OF A MILITARY
EQUIPMENT, USING THE LYNX KF41 IFV AS THE EXAMPLE

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-161](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-161)

Absztrakt

A tanulmány egy haditechnikai eszköz életciklusköltségeinek felépítését mutatja be a LYNX KF41 harcjárműbeszerzést használva példaként. Betekintést nyújt az új eszköz igényének születésétől a piackutatáson, az új harceljárások és doktrínák kidolgozásán, a hadiipari termelés létesítésén, az előállított haditechnikai eszközök rendszerbe állításán, használatán keresztül a rendszerből történő kivonásáig keletkező költségekbe. A tanulmány zárásaként röviden bemutatom a hadiipari fejlesztések hosszútávú, pozitív társadalmi és gazdasági vonzatait.

Kulcsszavak: életciklusköltségek, hadiipar, LYNX KF41

Abstract

The study introduces the structure of the life cycle costs of military technology, using the acquisition of the LYNX KF41 IFV as an example. It reviews the costs generated from the birth of the need for new military equipment, through the establishment of defence industry production capacity, the introduction of the product into the armed forces, and its usage until the phasing out of said product. The study closes with a short summary of the long-term positive economic and societal effects of armed forces development.

Keywords: life cycle costs, defence industry, LYNX KF41

¹ Hegedűs Ferenc főhadnagy, Magyar Honvédség Kinizsi Pál 30. Páncélozott Gyalogdandár, Helyőrségtámogató Parancsnokság, Logisztikai és Gazdálkodási alosztály, Gazdálkodási részleg, beosztott tiszt (részlegvezető helyettes)
ORCID: 0000-0003-0447-2817
e-mail: hege9313@gmail.com, hegedus.ferenc@mil.hu

1. Bevezetés

A tanulmány témájaként egy haditechnikai eszköz életciklusköltségeinek² összefoglalását választottam, amellyel céloom kutatni, megismerni és perspektívába helyezni a jelenleg is folyó Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Programra (a továbbiakban: ZHHP)³ fordított kiadásokat. Megkísérlem szemléltetni, hogy miért nem csak annyiból áll egy ilyen jellegű beruházás költségeinek bemutatása, hogy összegezzük a folyamat során megvásárolt egyes haditechnikai eszközök bekerülési árait. Az így kapott számok ugyanis nem tükrözik a beszerzés teljes értékét, mivel ahhoz hozzá kell adni az olyan életciklusköltségeket is, mint például a K+F+I tevékenység, a termelő intézmények létesítése, a folyamatban résztvevő humán erőforrás képzése és ellátása, a fenntartási és karbantartó anyagok, valamint az eszköz élettartamának végével a rendszerből történő kivonása.

Hódmezővásárhelyre, a korábbi nevén MH 5. Bocskai István Lövészdandár Kikülönített Szervezeti Eleméhez (2023. január 1-től az MH Kinizsi Pál 30. Páncélozott Gyalogdandárhoz⁴) 2022 novemberében érkezett az első két LYNX KF41 harcjármű,⁵ melyek közel sem nevezhetők kész terméknek jelenlegi állapotukban. A csapatpróba is a gyártási folyamat része, ahol az összegyűjtött tapasztalatokat feldolgozzák és visszacsatolják a vállalat számára. Ennek köszönhetően minden hamarosan megérkező LYNX más és más felszereltséggel kerül beszállításra az alakulathoz, melyeket egyesével kell tesztelnie a kezelőszemélyzetnek. Ilyen és ehhez hasonló járulékos költségekre gondolok a tanulmány megírásakor, hiszen a munkaerőt meg kell fizetni a csapatpróba során, a technikát szállítani kell a tesztpályákra, ellátni és szállásolni kell a feladatra beosztott állományt ezeken a helyszíneken stb.

² Krajncz Zoltán (főszerk.) – Hadtudományi Lexikon, Új kötet, Budapest, Dialóg, 2019, pp. 365-366.

³ Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program, Budapest, Zrínyi, 2017, (online) https://web.archive.org/web/20180306144605/https://honvedelem.hu/files/files/108409/zrinyi2026_190_190_7.pdf (Letöltve: 2022.01.20.)

⁴ 55/2022. (XII. 28.) HM utasítás a Magyar Honvédség Parancsnoksága és a Magyar Honvédség harcképessége, reagálóképessége, vezetési rendjének egyszerűsítése, valamint a bürokrácia csökkentésével összefüggő egyes feladatokról szóló 32/2022. (VIII. 11.) HM utasítás módosításáról

⁵ Honvedelem.hu – Hiúz Hódmezővásárhelyen (online) <https://honvedelem.hu/hi-uz-hodmezovasarhelyen.html> (Letöltve: 2022.11.27.)

Azonban ez mind csak a kezdet, hiszen Zalaegerszegen épül a LYNX gyár,⁶ mely működtetéséhez új ellátási láncokat kell kialakítani, azok tagjait szigorú nemzetbiztonsági vizsgálatnak kell alávetni. Természetesen a beszállított alkatrészek árképzésénél a vállalatok összes járulékos költségével is számolni kell, hiszen sok esetben a Föld másik feléről kell átszállítani egyes komponenseket, melyek nélkülözhetetlenek a modern haditechnikai eszköz működéséhez. Az ilyen kiterjedt ellátási láncok esetében pedig már maga a globális kereskedelmi hálózatot érő külső behatások is komoly veszélyt jelenthetnek, gondolva itt az elmúlt évek koronavírus-pandémiájára vagy az orosz-ukrán háborúra. A kockázatkezelés pedig mindig még több költséget generál.

A haderőfejlesztés teljes spektrumának egy szeletét vizsgálom a tanulmányban: az eszközbeszerzést, illetve egy konkrét haditechnikai eszköz életciklusköltségének meghatározását befolyásoló tényezőket. Az új haditechnikai eszközök rendszerbe állításán túl azonban rendkívül kiterjedt fejlesztési rendszert takar a fogalom. Magába foglalja többek között a haderő utánpótlási bázisának megerősítését (hazafias nevelés, Honvéd Kadét Program)⁷, létfontosságú infrastruktúra fejlesztését (pl.: infokommunikációs gerinchálózat modernizációja),⁸ új harcelljárások kidolgozását (például az osztott műveletek koncepciója)⁹ és a nemzeti ellenállóképesség növelését.¹⁰ Mindezek együttes vizsgálata meghaladja jelen kutatás területét, azonban a téma kiterjesztésére kiváló lehetőség a jövőben.

2. Igénytámasztás

Ahhoz, hogy életciklusköltségekről tárgyaljunk, először is rögzíteni kell, hogy ezen tanulmány szempontjából, hogyan értelmezzük egy

⁶ Innovációs és Technológiai Minisztérium – A tervezett ütemben épül a LYNX harcjármű-gyár Zalaegerszegen, (online) <https://kormany.hu/hirek/a-tervezett-utemben-epul-a-lynx-harcjarmu-gyar-zalaegerszegen> (Letöltve: 2022.11.27.)

⁷ Kun Szabó István – A honvédelmi nevelés színterei napjainkban, *Hadtudományi Szemle* 2018 (4.), pp. 353-365.

⁸ Bleier Attila – Új generációs hálózati megoldások alkalmazása a Magyar Honvédség stacioner hálózatának modernizációjában, *Hadmérnök*, 2009 (2.), pp. 19-28.

⁹ Kiss Roland – A rajzó hadviselés és az osztott műveletek kialakulása, *Hadtudományi Szemle* 2020 (6.), pp. 3-15.

¹⁰ Kádár Pál – Keszely László – A nemzeti ellenállóképesség megerősítésének keretszabályai, elvi irányok és várható trendek beazonosítása, In: Kádár Pál (szerk.) – Védelmi biztonsági szabályozási és kormányzástani műhelytanulmányok 2022/20., Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Védelmi-Biztonsági Szabályozási és Kormányzástani Kutatóműhely, 2022.

haditechnikai eszköz életciklusának fogalmát. Két megközelítés létezik a Hadtudományi Lexikon szerint: szűkebb értelemben a haditechnikai eszköz beszerzésétől a megsemmisüléséig, tágabb értelemben az eszköz szükségletének megjelenésétől a rendszerből történő kivonásig tartó folyamat. Én a tágabb értelmezésben fogom alkalmazni a fogalmat, és eszerint fogom az eszköz életútjának egyes állomásait vizsgálni. Tehát az életciklus magában foglalja az új képesség igényének születésétől a rendszeresítésem, a beszerzésem, a rendszerbe állításon, a rendszerben tartáson (üzemeltetés, üzemfenntartás, tárolás), a fejlesztésem (korszerűsítés) keresztül a rendszerből való kivonásig (selejtezés, értékesítés) történő folyamatokat.¹¹

Az új harceszköz igénye a Magyar Honvédség technikai hadrafoghatósági mutatóinak romlása, komplett képességek elvesztése,¹² nemzetközi szankciók miatt fenntarthatatlan alkatrészbeszerzések¹³ időszakában fogalmazódott meg. Első lépésként Magyarország kormánya a 1298/2017. (VI. 2.) számú határozatában¹⁴ jóváhagyta a ZHHP végrehajtását, melynek célja az ország védelmi képességeinek újrasztrukturálása a honvédelem összes ágazatában. A Program nem csak a Magyar Honvédség előregedő eszközparkjának korszerűsítését célozza meg, hanem ezzel egyidőben a védelmi ipari bázist is meg kívánja újítani. Ezen célok teljesülése haditechnikai eszközök exportján és bilaterális megállapodások alapján alapított hadiipari vegyesvállalatokon keresztül valósul meg.

Mind közül legprominensebb a német Rheinmetall-lal közösen létrehozott vegyesvállalat Zalaegerszegen¹⁵, de ezen kívül a francia Airbus Gyulán létesített alkatrészgyárat,¹⁶ Kaposváron pedig a török Nurol Makina páncélozott járműveit fogják felszerelni híradó

¹¹ Hadtudományi Lexikon (Ij. 2.)

¹² Seprődi-Kiss Árpád – Sticz László – A Magyar Honvédség képességfejlesztése, a korszerű haderő megteremtése, Hadtudomány 2020 (4.), pp. 3-21.

¹³ Európai Tanács – Az Oroszországgal szemben az ukrán válság nyomán bevezetett uniós korlátozó intézkedések (2014 óta), (online) <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/sanctions/restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/#sanctions> (Letöltve: 2023.04.30)

¹⁴ 1298/2017. (VI. 2.) Korm. határozata Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program megvalósításáról

¹⁵ Innovációs és Technológiai Minisztérium (Ij. 5.)

¹⁶ Portfolio – Megnyitotta kapuit a gyulai Airbus-üzem – Itt vannak a részletek (online) <https://www.portfolio.hu/global/20220728/megnyitotta-kapuit-a-gyulai-airbus-uzem-itt-vannak-a-reszletek-558501> (Letöltve: 2022.11.27.)

eszközökkel.¹⁷ Importból – többek közt – a Leopard 2A7HU harckocsikat, Ejder Jalcin 4x4 Gidrán páncélozott személyszállító harcjárműveket (a továbbiakban: PSZH), valamint a légierő új forgó- és merevszárnyas eszközeit és légvédelmi rendszereit szerzi be az állam.¹⁸

Azonban a LYNX KF41 a felsoroltak közt egyedülálló abból a szempontból, hogy egyik országban sem állt még hadrendben, hazánk lesz az első.¹⁹ Ez előny abból a szempontból, hogy magyar katonák lesznek az első, akik használhatják a világ egyik legmodernebb harcjárművét, viszont hátrány abból a szempontból, hogy járatlan utakra terelődik a haderőmodernizáció legnagyobb darabszámú beszerzése. Nem állnak rendelkezésre adatok hosszútávú üzemeltetésről, harci körülmények közti használatról. Az eszköz fejlesztése jelenleg is zajlik a magyar katonák bevonásával – Hódmezővásárhelyen ideiglenes kiképző alegység került létrehozásra, kizárólag erre a célra – az ő igényeik, tapasztalataik figyelembevételével. Ilyen nagyfokú testeszabhatóságra csakis egy teljesen újszerű, előremutató befektetés esetén nyílhatott lehetőség, csak így van esély a folyamat kezdetén megfogalmazott igények maximális kielégítésére.

Költségelemként ebben a szakaszban a szakértői kidolgozó munkára fordított forrásokat lehet figyelembe venni, vagyis a beszerzések műszaki követelményeinek kidolgozását, a jogszabályok összeállítását, a potenciális partnerek felkutatását és a tárgyalások lefolytatását.

3. Beszerzés

Békeidőben a hadiipari vállalatok a piac igényeinek megfelelő mértékű gyártókapacitást építenek ki. Amikor megindul egy regionális haderőfejlesztési hullám, az igények emelkedését nem tudja ez a meglévő kapacitás kielégíteni. A beérkező megrendelések hosszú, többéves várólistára kerülnek, mellyel egyidőben – a kereslet növekedésének hatására – kapacitásbővítési beruházások megvalósításába kezd a vállalat. Az ilyen irányú fejlesztéseket bizonyos esetekben a

¹⁷ Gyömbér Béla – A BM Heros lesz a Nurol Makina egyik partnere a Gidrán gyártásban (online) <https://jogalappal.hu/a-bm-heros-lesz-a-nurol-makina-partnere-a-gidran-gyartasban/> (Letöltve: 2022.11.27)

¹⁸ Maróth Gáspár – Resetting Defence: Modernization of the Hungarian Defence Forces and reestablishing the national defence and aerospace industry, *Katonai Logisztika* 2021. (1-2): pp. 193-202.

¹⁹ Ocskay István – A Lynx harcjárműcsalád fejlesztése, technikai leírása és jövője III. rész. *HADITECHNIKA* 2021 (2). pp. 56-62.

megrendelő állam finanszírozza, ahogy ez hazánkban, például a zalaegerszegi LYNX gyár esetében is megvalósult. A magyar állam létrehozott a Rheinmetall Land Systeme Gmbh-val (a továbbiakban: RLS) egy közös vegyesvállalatot, és felépített egy gyártóüzemet, elsősorban saját igényeinek kielégítésére, másodsorban a prognosztizált kereslet-növekmény exporttal történő kielégítésének reménye érdekében.

Egy ilyen gyár felépítése hatalmas költségekkel jár, melybe az alábbiak tartoznak:

- az építési telek megvásárlása;
- az építési tervek, dokumentációk, hatástanulmányok elkészítése;
- engedélyek beszerzése;
- a gyártóüzem felépítése;
- a gyártósorok importálása, telepítése;
- mindezzel párhuzamosan a leendő munkaerő toborzása, kiküldése az anyavállalat külföldi gyárába az összeszerelési folyamatok betanulására;
- piackutatás a leendő beszállítók iránt;
- az új vállalat ellátási láncainak megtervezése;
- a gyár működési költségei, rezsizsámlája.

A felsorolásból látszik, hogy a gyakran ismételt idézet még mindig megállja a helyét: „a háborúhoz három dolog szükséges: pénz, pénz és pénz”²⁰. Mindezek után kezdődhet csak meg a termelés, azaz bevételi oldalon még nullán áll a projekt, miközben a kiadási oldal egyre csak gyarapodik. A LYNX gyár esetében a legnagyobb megrendelő a magyar állam, az a Magyar Honvédség igényeit fogja kielégíteni elsősorban, csak azután kezdődhet meg az exportra történő termelés, amellyel először lehetne ténylegesen – a tulajdonosi részarány alapján – állami bevételről beszélni. A jövőbeni potenciális vásárlók felkutatásához hatalmas marketingkampányt, valamint államok közti tárgyalásokat kell lebonyolítani. Az utazások, a munkaértekezletek, konferenciák megrendezése szintén a kiadási oldalt növelik.

Ebben a fejezetben a haditechnikai eszköz előállításának költségeit mutattam be. Fontos kiemelni azt a tényt, hogy a magyar állam jelentős

²⁰ Montecuccoli, Raimondo – Memoire, Ed. Colonia, 1704, p. 54.

kockázatot vállal azzal, hogy még az eszköz rendszeresítése előtt elkötelezte magát a projekt mellett egy gyárkomplexum felépítésével. Azonban az ilyen védelmi jellegű beruházások esetében – a hatalmas forrásigény és a bizonytalan megtérülés idő miatt – nem lehet tisztán piaci logika alapján döntéseket hozni. Mindenképpen érdemes párhuzamot vonni az importból történő beszerzésnek (annak relatív egyszerűségével, vagyis egy kész termék megvásárlásával) és a termelés belföldön történő kialakításával, annak kézbentartásával és felügyeletével, azaz az ellátásbiztonság megteremtésével járó prognosztizált előnyök között. A következő fejezetben az előállított eszköz rendszerben tartásának költségeit vizsgálom.

4. Rendszeresítés, rendszerben tartás

Modern haditechnikai eszközök esetében a gyártási folyamat fejlesztése, tökéletesítése is egy rendkívül időigényes folyamat. A LYNX KF41 harcjárművek esetében az első 46 darab a németországi üzemben kerül legyártásra, azonban ez a mennyiség csak a konstrukció véglegesítésére szolgál. A Hódmezővásárhelyre érkező eszközök prototípusok, ahogy már említettem, a LYNX KF41 Magyarországon kerül először rendszeresítésre. Ezeket a harcjárműveket a kezelőszemélyzet folyamatosan üzemelteti a német gyár munkatársainak jelenlétében és iránymutatásai alapján. A fokozott igénybevételnek köszönhetően minden héten derülhetnek ki konstrukciós hibák, melyeket azonnal visszacsatolnak a termelőüzemnek, és a következő darabok már azok kijavításával érkeznek. A tervek szerint 2023-ban megérkező LYNX-ek közül csak néhánynak lesz tüzelésre alkalmas tornya például, ezért lögyakorlatot eddig még nem is tudtak végrehajtani, csak vezetési gyakorlatokat.

A gyártási tervben szerepel több „retrofit” állomás, amikor a LYNX-eket vissza kell szállítani Németországba, ahol beszerelésre kerülnek azokba is a már működőképes elemek. Ezzel a folyamattal lehet eljutni odáig, hogy az első 46 darab teljesen üzemképes és funkcionális eszköz lesz. Ez egyben a magyar szakemberek kiképzését is szolgálja, akik majd Zalaegerszegen fogják a gyártás második ütemében a fennmaradó 172 LYNX-et már eleve teljesen üzemképes változatban legyártani.²¹ Ezek a

²¹ Huszák Dániel – A világ egyik legjobb páncélosát kapta meg Magyarország – Itt van 5 érdekes tény az új magyar fegyverről (online) <https://www.portfolio.hu/global/20221017/a-vilag-egyik-legjobb-pancelosat-kapta-meg-magyarorszag-itt-van-5-erdekes-teny-az-uj-magyar-fegyverrol-573395> (Letöltve: 2022.11.27.)

szállítások és képzési kiadások is mind járulékos költségei a gyártási folyamatnak.

A LYNX-projekt tervezett életciklusa minimum 20 éves időtartamot fed le. Ezalatt a gyártó által meghatározott gyakorisággal az időszakos karbantartásokat el kell végezni. Mivel ez egy teljesen új eszköz, nincsenek a hosszútávú használat tapasztalataira alapozott karbantartási útmutatások, ezért valamilyen szintű kockázatot hordoz magában a fenntartási időszak is. A gyártó emiatt túlbiztosítja az eszköz karbantartási igényeit, több szintű kötelező szervizperiódust határozott meg a havonta esedékes „rutin” átvizsgálástól a 10 éves nagygenerál javításig. Azonban ahhoz, hogy mind a 218 tervezetten hadrendbe álló LYNX havonta egyszer átessen egy átvizsgáláson, növelni kell a lak-tanyai Technikai Kiszolgáló Állomások számát, amely szintén újabb költségeket jelent.

A fenntartási folyamat gördülékenyebbé tétele érdekében javítóüzemek létesítése szükséges az ország több pontján, célszerűen a LYNX-szel felszerelt alakulatok helyőrségeiben. Ide szakképzett munkaerőt kell toborozni, akiket a gyártó akkreditál a javítások végrehajtására. A pótalkatrészek legyártása, majd elszállítása a felhasználás, beépítés helyszínére újabb költségeket vonz magával a használat során. Általánosnak mondott elv, miszerint egy ilyen beszerzés során a csomag teljes árának 1/3-át teszi csak ki az eszköz megvásárlása, 2/3-át pedig a teljes élettartam alatti üzembentartása.²²

Az eddigi próbahasználat során keletkezett tapasztalat, hogy az RLS csak olyan magas szabványoknak megfelelő anyagokat enged használni az eszközök kötelező karbantartása során, melyet Magyarországon nagyon nehéz beszerezni. A szerződésben lefektették, hogy a fogyóanyagokat a magyar fél biztosítja a próbahasználat során, gondolva itt a hajtóanyagra, kenőanyagokra, de a csavarokra, alátétekre stb., azaz a rezsianyagokra is. Ezek beszerzéséhez az RLS biztosított egy listát a dandár páncélos- és gépjárműtechnikai szakága számára, mely közel 2000 tételt tartalmaz, mindegyik minőségi jelölésekkel ellátva. A piackutatás során kiderült, hogy hazai vállalatok nem forgalmazzák az ilyen magas minőségű rezsianyagokat, azokat csak Németországból tudják beszerezni, azonban a rendelkezésre álló előirányzat értékében – csapathatáskörű beszerzés esetében 15 millió forint,²³ de

²² Sokri, Abderrahmane – Life Cycle Costing of Military Equipment, In: Proceedings of the International Conference of Control, Dynamic Systems, and Robotics, Ottawa, Ontario, Canada, May 15-16 2014, Paper No. 45

²³ 2022. évi XXV. törvény Magyarország 2023. évi központi költségvetéséről 77. §

a dandár kiszolgálására irányuló más, hasonló jellegű beszerzésekkel történő egybeszámítási kötelezettség miatt ez valójában kevesebb összeg – nem hajlandók ekkora projektbe belekezdeni, árajánlatot benyújtani a felhívásra.

Például, a meghatározott futásteljesítmény elérése esetén a lánctalp első és hátsó csillagkerekeit fel kell cserélni, azonban a rögzítőelemeket – csavarok, alátétek, anyák stb. – az RLS nem engedi ismét felhasználni, azokat cserélni kell. Az említett magas minőségi követelmények miatt egy ilyen művelet anyagköltsége a becsléseink alapján 100 000 forintot elérő összeg egy jármű esetében, és ezt a műveletet egy évben többször is végre kell hajtani a próbahasználat intenzitásától függően. Ez egy olyan problémát vet fel, hogy a karbantartás fogyóanyagköltsége hamarosan meg fogja haladni a beszerzések nemzeti értékhatárát, már a LYNX-mennyiségek 2023-as évre tervezett beérkezésekor. Mindenképpen szükséges egy központi rezsianyag-közbeszerzés lefolytatása – melyre a dandárnak nincs jogosultsága – annak érdekében, hogy az eseti beszerzések helyett egy éves keretszerződés álljon rendelkezésre. Így a piaci versenynek köszönhetően csökkenthető a beszerzési ár, valamint a megnövekedett keretösszeg miatt elérhető, hogy a piaci szereplők tegyenek ajánlatot.

A magas üzemeltetési költségek miatt a kiképzés rendszere is teljesen át fog alakulni. Sokkal nagyobb hangsúly kerül a szimulátoros foglalkozásokra, melyekkel költséghatékonyabban lehet majd képezni a kezelőszemélyzetet. Ennek köszönhetően csökkenteni lehet a vezetési kiképzések óraszámát, így a magas hajtóanyag-fogyasztáson, futásteljesítmény utáni kötelező karbantartásokon és a gyakorlótereknek a lánctalpak okozta károk miatt szükséges helyreállításán megtakarítás érhető el. Az éleslövészetek száma is csökkenni fog, hiszen az új torony már képes a hagyományos löszereken kívül intelligens, páncéltörő rakétákat is indítani, melyek az eddig rendszeresített eszközök árának többszörösébe kerülnek. Évi egy-két éleslövészettel lehet észszerűen számolni, azok viszont mindenképp nagy láthatóságú, kötelekben végrehajtott gyakorlatok lesznek a „0” ponti lőtéren, a Bakonyban. Ide is szállítani kell az eszközöket, mivel közúti forgalomra – az érvényben lévő szabályzók szerint – alkalmatlanok, és a vasúti szállítás is speciális előkészületeket igényel a LYNX-ek magassága miatt. Minden közúti szállításra igaz, hogy túlméretes szállítmányként útvoalköteles, és csak éjszaka hajtható végre, vasúti berakás esetében pedig civil vállalattól kell darut bérelni, mivel a biztosítást nem tudja a Honvédség saját eszközzel megoldani. Ezek további költségnövelő tényezők.

A kezdeti fázisban magas forrásigénye van ezeknek a szimulátorcsarnokoknak, hiszen azokat fel kell építeni és be kell rendezni a szükséges eszközökkel, valamint a kiképzőket be kell iskolázni külföldön. De ezt a bekerülési költséget össze kell vetni az imént említett megtakarítások lehetőségével, és így láthatjuk, hogy hosszútávon megtérülő befektetésekről van szó, mindemellett ezáltal a katonák kiképzésére is lényegesen több munkaóra lesz fordítható.

Továbbá a személyi juttatások területén is komoly emelkedés prognosztizálható, hiszen ugyanazért a fizetésért magasabban képzett munkaerőt nem lehet toborozni. A munkaerőpiacon észlelhető komoly versenyhelyzet miatt a béreket olyan szintre kell emelni a Magyar Honvédségben, amellyel alkalmazni és megtartani lehet azt a szintű munkaerőt, akire magabiztosan rá lehet bízni a legmodernebb haditechnikai eszközök üzemeltetését.

Ebben a fejezetben a modern haditechnikai eszközök használatával járó költségeket mutattam be. A kiképzés és az üzembentartás költségei a teljes élettartam alatt – a LNYX KF41 első rendszeresítéséből fakadó bizonytalanságok miatt – akár többszörösen is meghaladják a beszerzési értéket. Azonban az élettartam végén újabb költségek merülnek fel, melyeket a következő fejezetben mutatok be.

5. Modernizálás, rendszerből történő kivonás

Egy haditechnikai eszközzel a tervezett élettartamának kitöltésével két dolog történhet. Az első lehetőség, hogy az eszközt jelentős mértékben modernizálják, azaz az adott időpontban elérhető és felhasználható legkorszerűbb technológiákkal szerelik fel, és meghosszabbítják élettartamát. Második lehetőség, hogy amennyiben a modernizációhoz nem áll rendelkezésre a szükséges technológia, a művelet gazdaságosan nem kivitelezhető, vagy folyamatban van egy új haditechnikai eszköz beszerzése, amely teljesen kiváltja ennek betöltött szerepét, akkor élettartamát kifutottnak nyilvánítják, és kivonják a rendszerből, azaz inkurrenciává²⁴ válik. Ekkor letárolják, majd értékesítik más nemzeteknek, akiknek megfelel az állapota abban a formában, vagy pedig szétbontják és újrahasznosítják elemeit.

A modernizációhoz ipari kapacitás szükséges, ahol nagyon komoly hadiipari K+F+I tevékenység zajlik, és képesek növelni a harceszköz

²⁴ Hadtudományi Lexikon (Ij. 2.) p. 494.

képességeit az új követelményeknek megfelelően.²⁵ Az inkurrenciává nyilvánítás után az eszközt le kell tárolni, melyhez megfelelő infrastruktúra szükséges. Ennek kialakítása, őrzés-védelme, fenntartása újabb költségeket von maga után. Addig marad ebben az állapotban az eszköz, amíg az említett két lehetőség közül az egyik feltételei rendelkezésre nem állnak. Az értékesítéshez ugyanolyan marketingtevékenységet kell végezni, mint a termék eredeti legyártása esetében, csupán a célközönség lesz más. Míg akkor ez a harcjármű a legmodernebbnek számított, és az exportértékesítés az azonnal hadihasználható, magas harcértékű eszközöket beszerezni kívánó államokat célozta meg, addig az életciklus végén már más jellegű piackutatást kell végezni a kihasznált haditechnikai eszközök potenciális vásárlóinak megszólítása érdekében. Olyan államok kerülhetnek itt szóba, melyek rendelkeznek a felújításra berendezkedett iparral vagy egyszerűen megfelel számukra a jelenlegi állapot is. A harmadik lehetőség gyakorlatilag az újrahasonosítás, mely során darabjaira szerelik szét a technikát, és alapvető alapanyagaira bontják vissza azokat szétvágással, beolvasztással, egyéb módszerekkel. Erre az eshetőségre a civil ipar is képes lehet, hiszen ilyen képességgel alapvetően rendelkezik egy ország, és bár ez a megoldás nem igényli új infrastruktúra kiépítését, haditechnikai eszközök esetében jellemzően magas az elvégzett munkafolyamatok költségtérítése, valamint nemzetbiztonsági szempontból szigorúan vissza is kell ellenőrizni azokat, nem kerültek-e ki alkatrészek (pl. fegyverzeti anyagok) illetéktelen kezekbe.

A haderő képességvesztésének elkerülése érdekében célszerű a rendszerből történő kivonását és a következő generációs haditechnikai eszköz beszerzési eljárásának, rendszerbe állításának időszakát összehangolni. Viszont így egyszerre jelentkezik két jelentős forrásigényű folyamat, azaz egy új haditechnikai eszköz rendszeresítésekor további forrásokra van szükség a korábbi generáció rendszerből történő kivonásához. Emiatt fordul elő sok esetben, hogy az előző generáció értékesítésére törekednek az államok, hiszen az ott megtermelt bevételt könnyen vissza lehet forgatni a jövő fejlesztésébe. Hazai példaként Magyarország teljes BMP-1 állományának 2007-2008-as értékesítését lehet említeni, mintegy 471 millió HUF értékben,²⁶ ezzel szemben a 2010-ben kivont MiG-29 vadászgépállomány a cikk megírásának idejében is eladásra vár. Legutóbb 2019-ben került a csomag árverezésre

²⁵ Gyulai Gábor – A hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés komplex megközelítése, 2016, Hadtudomány 26. (különszám): pp. 103-117.

²⁶ Haraszti Gyula – Vizsgálják a katonai hulladéküzleteket, (online) <https://magyar-nemzet.hu/archivum-magyar-nemzet/2011/09/vizsgaljak-a-katonai-hulladekuzleteket> (Letöltve: 2023.04.30)

2,9 milliárd forintos kikiáltási árral, azonban nem találtak az eszközök és tartozékaik vevőre.²⁷

Rendhagyó példákat is találunk kiszolgált haditechnikai eszközök értékesítésére. Az orosz-ukrán háború hatására egyre több olyan esetet láthatunk, ahol szovjet haditechnikai eszközöket ajánlanak fel Ukrajnának, cserébe hatalmas kedvezményeket érnek el nyugati, amerikai eszközök beszerzésében. Legjobb példaként Szlovákia így szabadult meg 13 darab teljeskörű felújításra szoruló MiG-29 vadászgépétől, cserébe 12 darab amerikai Bell AH-1Z típusú harcihelikoptert kap mintegy 1 milliárd USD értékben, melyből 660 millió USD-t kompenzációként fizet ki az Egyesült Államok az adományért cserébe, 250 millió EUR-t pedig az Európai Védelmi Alap finanszíroz a vételárból.²⁸ Tehát tizedáron jutottak hozzá szomszédjaink egy számukra teljesen új katonai képességhez, ugyanis támadó helikopterekkel nem rendelkeznek jelenleg.

Ebben a fejezetben röviden ismertettem a haditechnikai eszköz kivonásával járó költségeket, értékesítésének esetleges bevételi lehetőségeit. Ezen összegek eredményét bele kell kalkulálni egy új eszköz bevezetésének forrásigényébe. Így már könnyebben látható, hogy miért kihívásokkal teli az új beszerzési folyamat elindítása. A következő fejezetben viszont bemutatok pár kapcsolódó jelenséget, melyekből közvetett módon, de szélesebb körben profitálhat a gazdaság és a társadalom.

6. A haditechnikai eszköz fejlesztésének indirekt pozitív hatásai

Egy teljesen új haditechnikai eszköz fejlesztésének a hatalmas költségei mellett értékteremtő vonzatai is vannak. A gyártói bázis létesítése hazai vállalatok bevonásával történik, magyar szakemberek foglalkoztatásával a gyárban, akiknek lehetősége van Nyugat-Európában tanulni és a legkorszerűbb technológiákat elsajátítani. A beszállítói láncokba magyar vállalatokat lehet bevonni, akiknek alkalmazkodnia kell a magasabb technológiai színvonalon gyártott alkatrészek előállításához, és ez a technológiai diffúzió hozzájárulhat a nemzetgazdaság

²⁷ Gyömbér Béla - Váratlan fordulat: újraindult a MiG-29-esek értékesítése, (online) <https://jogalappal.hu/varatlan-fordulat-ujraindult-a-mig-29-esek-ertekesitese/> (Letöltve: 2023.05.12)

²⁸ Aljazeera – Slovakia delivers first four Soviet-era MiG-29 jets to Ukraine, (online) <https://www.aljazeera.com/news/2023/3/24/slovakia-delivers-first-4-soviet-era-mig-29-jets-to-ukraine> (Letöltve: 2023.04.30)

termelékenységi szintjének növekedéséhez. A fenntartás időszakában is magyar munkaerő fogja végrehajtani a karbantartási feladatokat, és – részben – magyar innovációval lehet megvalósítani a modernizációt is az eszköz életciklusának egyes szakaszaiban.

Ezek mind magas hozzáadott értékű munkák, melynek aránya meghatározza a jövedelem termelésének szintjét, és így közvetetten kihat a gazdaság és a társadalom valamennyi területére.²⁹ A nemzeti jövedelem emelkedésével ugyanis nagyobb összeg juthat olyan területekre is, mint az egészségügy, a közoktatás, az infrastruktúra, az energetikai beruházások, azaz a gazdaság humán és tárgyi feltételeire. Ha ehhez egy stabil infrastrukturális és energetikai háttér is párosul, akkor lehetőség nyílik olyan termékek előállítására, melyek innovatív technológiákkal készülnek. Ezeket a termékeket magasabb áron lehet értékesíteni az exporttevékenység során, amely cserébe jobban növeli a GDP-t, és ezzel újra kezdődik a körforgás, egy önmagát erősítő spirál jön létre a gazdaságban.³⁰

7. Összegzés

A tanulmányban összefoglaltam egy haditechnikai eszköz életciklus-költségeit a LYNX KF41, a Magyar Honvédség legmodernebb eszközének példáján keresztül. A teljes kiadás definiálása nem olyan egyszerű, hogy egy eszköz bekerülési értékét felszorozom a beszerzett darabszámmal, hiszen az így kapott szám közelében sem lenne a beruházás teljes értékének. Az ehhez hozzáadandó járulékos elemeket mutattam be a haditechnikai eszköz életciklusának egyes fázisaiban. A termelés feltételeinek megteremtése, a humán erőforrás képzése, az anyagok szállítása, a marketingtevékenység a projekt kezdeti fázisában merülnek fel, míg a fenntartási, karbantartási, javítási költségek, majd az újrahazsnosítás költségei a középső és végső fázisban.

Igényeink importból történő kielégítése esetén késztermékhez jut a haderő, jelentősen csökken az eszköz újszerűségéből fakadó kockázat, valamint az első fázis költségei megtakaríthatók, viszont elvész a hazai ipar technológiai fejlődésének és a jövőbeni exportra való termelésnek a lehetősége. Azonban import és saját termelés esetén sem

²⁹ Taksás Balázs – Trinity of Defense Industry, 2019, Economics and Management 2019. (1): pp. 71-78.

³⁰ Taksás Balázs – A hadiipari kutatások jelentősége, 2017, Hadmérnök 12. (3): pp. 167-174.

kerülhetők el a fenntartás és a rendszerből kivonás költségei, melyeket részleteztem a tanulmányban.

Ezeket a költségeket a társadalommal el kell fogadtatni ahhoz, hogy széleskörű támogatottságot tudjanak a ZHHP megalkotói maguk mögött. Egy turbulens belpolitikai helyzetben, ahol az egészségügy és a közoktatás háttérbe szorul a haderőfejlesztés mögött, nem könnyű ezt megvalósítani, nem is beszélve arról, hogy ennek az üzenetnek a társadalomhoz történő eljuttatása sincs ingyen. A cikkben kitértem a haditechnikai eszköz fejlesztésének járulékos értékteremtő aspektusaira is, amelyek hosszútávon egy öngerjesztő spirálként képesek a lakosság életszínvonalát növelni, tovább emelve a projekt elfogadottságát.

Felhasznált irodalom

- 1298/2017. (VI. 2.) Korm. határozat a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program megvalósításáról
- 55/2022. (XII. 28.) HM utasítás a Magyar Honvédség Parancsnoksága és a Magyar Honvédség harcképessége, reagálóképessége, vezetési rendjének egyszerűsítése, valamint a bürokrácia csökkentésével összefüggő egyes feladatokról szóló 32/2022. (VIII. 11.) HM utasítás módosításáról
- Aljazeera – Slovakia delivers first four Soviet-era MiG-29 jets to Ukraine, (online) <https://www.aljazeera.com/news/2023/3/24/slovakia-delivers-first-4-soviet-era-mig-29-jets-to-ukraine> (Letöltve: 2023.04.30)
- Bleier Attila – Új generációs hálózati megoldások alkalmazása a Magyar Honvédség stacioner hálózatának modernizációjában, Hadmérnök, 2009 (2.), pp. 19-28.
- Európai Tanács – Az Oroszországgal szemben az ukrán válság nyomán bevezetett uniós korlátozó intézkedések (2014 óta), (online) <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/sanctions/restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/#sanctions> (Letöltve: 2023.04.30)
- Gyömbér Béla – A BM Heros lesz a Nurol Makina egyik partnere a Gidrán gyártásban (online) <https://jogalappal.hu/a-bm-heros-lesz-a-nurol-makina-partnere-a-gidran-gyartasban/> (Letöltve: 2022.11.27.)
- Gyömbér Béla – Váratlan fordulat: újraindult a MiG-29-esek értékesítése, (online) <https://jogalappal.hu/varatlan-fordulat-ujraindult-a-mig-29-esek-ertekesitese/> (Letöltve: 2023.05.12)

- Gyulai Gábor – A hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés komplex megközelítése, 2016, Hadtudomány 26. (különszám): pp. 103-117.
- Haraszi Gyula – Vizsgálják a katonai hulladéküzleteket, (online) <https://magyarnemzet.hu/archivum-magyarnemzet/2011/09/vizsgaljak-a-katonai-hulladekuzleteket> (Letöltve: 2023.04.30)
- Honvédelem.hu – Hiúz Hódmezővásárhelyen (online) <https://honvedelem.hu/hirek/hiuz-hodmezovasarhelyen.html> (Letöltve: 2022.11.27.)
- Huszák Dániel – A világ egyik legjobb páncélosát kapta meg Magyarország – Itt van 5 érdekes tény az új magyar fegyverről (online) <https://www.portfolio.hu/global/20221017/a-vilag-egyik-legjobb-pancelosat-kapta-meg-magyarorszag-itt-van-5-erdekes-teny-az-uj-magyar-fegyverrol-573395> (Letöltve: 2022.11.27.)
- Innovációs és Technológiai Minisztérium – A tervezett ütemben épül a LYNX harcjármű-gyár Zalaegerszegen, (online) <https://kormany.hu/hirek/a-tervezett-utemben-epul-a-lynx-harcjarmu-gyar-zalaegerszegen> (Letöltve: 2022.11.27.)
- Kádár Pál – Keszely László – A nemzeti ellenállóképesség megerősítésének keretszabályai, elvi irányok és várható trendek beazonosítása, In: Kádár Pál (szerk.) – Védelmi biztonsági szabályozási és kormányzástani műhelytanulmányok 2022/20., Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Védelmi-Biztonsági Szabályozási és Kormányzástani Kutatóműhely, 2022.
- Kiss Roland – A rajzó hadviselés és az osztott műveletek kialakulása, Hadtudományi Szemle 2020 (6.), pp. 3-15.
- Krajncz Zoltán (főszerk.) – Hadtudományi Lexikon, Új kötet, Budapest, Dialóg, 2019
- Kun Szabó István – A honvédelmi nevelés szinterei napjainkban, Hadtudományi Szemle 2018 (4.), pp. 353-365.
- Maróth Gáspár – Resetting Defence: Modernization of the Hungarian Defence Forces and reestablishing the national defence and aerospace industry, Katonai Logisztika 2021. (1-2): pp. 193-202.
- Montecuccoli, Raimondo – Memoire, Ed. Colonia, 1704
- Ocskay István – A Lynx harcjárműcsalád fejlesztése, technikai leírása és jövője III. rész. HADITECHNIKA 2021 (2). pp. 56-62.

- Portfolio – Megnyitotta kapuit a gyulai Airbus-üzem – Itt vannak a részletek (online) <https://www.portfolio.hu/global/20220728/megnyitotta-kapuit-a-gyulai-airbus-uzem-itt-vannak-a-reszletek-558501>
(Letöltve: 2022.11.27.)
- Seprődi-Kiss Árpád – Sticz László – A Magyar Honvédség képességfejlesztése, a korszerű haderő megteremtése, Hadtudomány 2020 (4.), pp. 3-21.
- Sokri, Abderrahmane – Life Cycle Costing of Military Equipment, In: Proceedings of the International Conference of Control, Dynamic Systems, and Robotics, Ottawa, Ontario, Canada, May 15-16 2014, Paper No. 45
- Taksás Balázs – A hadiipari kutatások jelentősége, 2017, Hadmérnök 12. (3): pp. 167-174.
- Taksás Balázs – Trinity of Defense Industry, 2019, Economics and Management 2019. (1): pp. 71-78.
- Zrínyi 2026 honvédelmi és haderőfejlesztési program, Budapest, Zrínyi, 2017, (online) https://web.archive.org/web/20180306144605/https://honvedelem.hu/files/files/108409/zrinyi2026_190_190_7.pdf
(Letöltve: 2022.01.20.)

Végyári Zsolt¹

A 3D NYOMTATÁS FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEI A MŰVELETI LOGISZTIKÁBAN

USAGE POSSIBILITIES OF 3D PRINTING IN OPERATIONAL LOGISTICS

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-177](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-177)

Absztrakt

Az additív gyártástechnológia, ezen belül is a 3D nyomtatás ma már nélkülözhetetlen az iparban. A módszer teret nyert a haditechnikai eszközök gyártásánál is, de ennél sokkal többet is kínál a katonai alkalmazás szempontjából. A technológia felhasználható a haditechnikai eszközök üzemeltetésére és javítására, akár műveleti területen is.

Kulcsszavak: 3D nyomtatás, additív gyártástechnológia, műveleti logisztika

Abstract

Additive manufacturing technology, including 3D printing, is now indispensable in the industry. It has also gained ground in the production of military equipment, but it offers much more than that in terms of military applications. The technology can be used to maintain and repair military equipment, even in the field of operations.

Keywords: 3D Printing, Additive Manufacturing; Operational Logistics

A 3D nyomtatás katonai alkalmazásának lehetőségei

Napjainkra az additív gyártástechnológia és azon belül a különféle 3D nyomtatási eljárások már szerves részét képezik a mindennapoknak. Az ipar és a szolgáltatói szektor bizonyos részei már jó ideje

¹ Végyári Zsolt, Vegvari.Zsolt@uni-nke.hu

komolyan profitálnak ezekből a viszonylag új technológiákból, de a honvédelmi szektor sem mellőzheti ezeket. A 3D nyomtatás katonai alkalmazására az alábbi lehetőségek kínálóznak [1]:

1. gyors prototípus előállítása, egy fejlesztési folyamat részeként;
2. komplex geometriájú alkatrészek Additive Manufacturing (anyagfelrakáson alapuló) sorozatgyártása;
3. kis darabszámú vagy egyedi alkatrészgyártás;
4. gyártó által már nem támogatott eszközök üzemidejének meghosszabbítása;
5. műveleti területen történő javításhoz pótalkatrész-előállítás.

Amint látható, a felsorolás első négy eleme a gyártástechnológia szempontjából nem tartalmaz semmilyen különleges katonai követelményt, mivel azok a haditechnikai K+F, illetve a hadiipari termelés egyes funkcióihoz kapcsolódnak, amelyek részei a logisztikai támogatásnak, de nem tartoznak a műveleti logisztika területéhez.

Gyors prototípusgyártás

A gyors prototípus-előállítás manapság már teljesen általánosan alkalmazott módszer a kutatás-fejlesztés során, hiszen ez a folyamat alapvetően béke körülmények között vagy legalábbis a hátszágban történik. A legtöbb hadsereg esetében a K+F feladatok többségét már nem is katonák végzik, hanem a hadiipar és az akadémiai szektor a hadsereg igényeinek (és megrendelésének) megfelelően [2]. Ennek a trendnek megfelelően mára a Magyar Honvédségnél is csak minimális „saját” K+F tevékenység zajlik, azok alapvetően kutatási szerződések formájában kihelyezésre kerülnek az adott területen releváns vállalkozásokhoz, illetve esetenként nemzetközi együttműködés keretében, pl. Európai Védelmi Ügynökség², Európai Védelmi Alap³) valósulnak meg.

A haditechnikai K+F tevékenységeket közel 100 évig a méltán ismert Haditechnikai Intézet folytatta. E szervezet jogutódjai ma már csak a Magyar Honvédség (tehát nem HM tárca) szintű K+F tevékenységek koordinálásáért, menedzseléséért felelősek. A kézirat leadását nem sokkal megelőzve fejeződött be az MH átszervezése, amelynek keretén belül a K+F+I tevékenységet koordináló MH Modernizációs Intézet, mint önálló költségvetési szerv megszűnt és igazgatóságként (de a korábbi

² European Defense Agency – EDA

³ European Defense Fund – EDF

tevékenységet jogfolytonosan végezve) beolvadt az MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokságba (MH HTP).

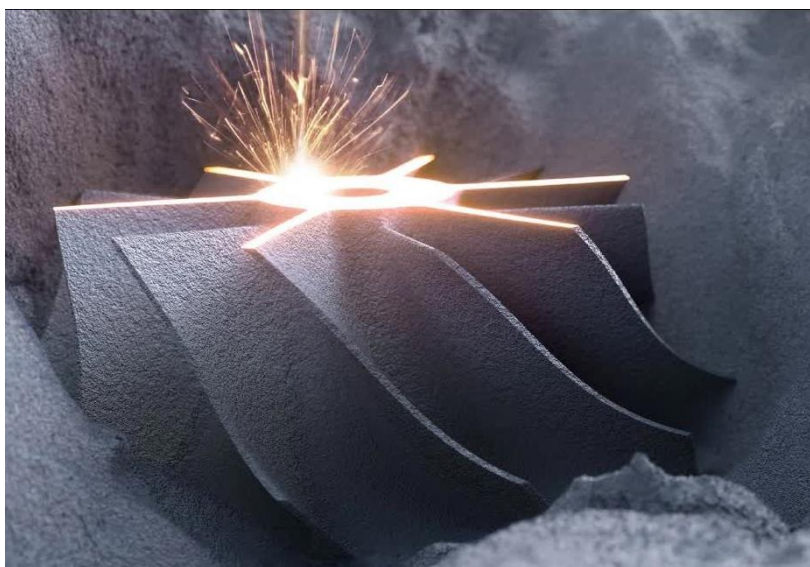
Az MH HTP (illetve jogelődjeként az MH MI) számos hazai fejlesztés, valamint nemzetközi együttműködés lebonyolításáért felelős, illetve a haderőfejlesztés több tárcaszintű feladatában biztosítja a szakmai felügyeletet. Ugyanakkor ezek során jellemzően egy konkrét végtermék (tanulmány, technológiai demonstrátor, prototípus, 0-széria vagy sorozatgyártott eszköz) előállítását egy külső partner (vállalkozás, egyetem, konzorcium) végzi, az MH megrendelésére. Az ilyen típusú szerződések teljes lebonyolítását az MH HTP (MH MI) végzi, ideértve a követelmények támasztását is. Ugyanakkor a megrendelő többnyire nem írja elő, hogy a kutatást kivitelező milyen gyártástechnológiát alkalmazzon a fejlesztésközi mintadarabok és/vagy a végtermék legyártása során [2], ezt a szerződött partner gazdasági és/vagy technológiai szempontok alapján maga döntheti el.

Komplex geometriájú elemek sorozatgyártása

Hasonló a helyzet a szériagyártásnál is. Ilyenkor általában egy bizonyos mennyiségű eszköz, részegység, alkatrész legyártását rendeli meg az MH az egyik beszállítójától. Itt a gyártástechnológia többnyire adott, hiszen a cég kész gyártási dokumentáció birtokában indítja a gyártást, akár ő fejlesztette azt a bizonyos eszközt, akár nem. Amennyiben gazdasági vagy bármilyen egyéb okból esetleg át szeretne térni valamilyen additív technológiára, pl. 3D nyomtatásra [3], akkor ezt a szerződés tartalmának megfelelően az MH jóváhagyásával vagy akár anélkül is megteheti, amennyiben a késztermék megfelel valamennyi, korábban megfogalmazott és rögzített megfelelőségi kritériumnak.

Komplex eszközök esetében a jellemzően külföldi gyártó gyakran előzetes jelzés nélkül is cserél egy-egy alkatrészt vagy részegységet, amelyhez minden joga megvan, hiszen az MH, mint megrendelő általában csak blackbox⁴-minőségellenőrzést végezhet. Sokszor még a megvásárolt eszköz belső működésével sincs teljesen tisztában a megrendelő, nemhogy az alkalmazott gyártástechnológiával, vagyis ebben az esetben is megvan a szerződött partner szabadsága a leginkább megfelelő gyártástechnológia kiválasztását illetően.

⁴ Az adott elemnek csak bizonyos vizsgálati paramétereknek kell megfelelnie, az nem fontos, hogy ez milyen módon történik.



1. számú ábra. SLS⁵ technológiával készülő turbinalapát [4]. Szubsztraktív (anyagleválasztásos) technológiával, például forgácsolással nagyon nehéz egy ilyen formát elkészíteni

Egyedi vagy kis darabszámú alkatrész gyártása

A kis darabszámban szükséges vagy egyedi gyártmányokat sem jellemzően a haderők állítják elő saját maguk számára, hanem arra is szerződnek. Ha rendelkezésre áll a gyártási dokumentáció, akkor egy egyszerű megrendelés keretében, ha gyártmányfejlesztés is szükséges, akkor kutatási szerződés keretében, de szinte minden esetben külső partner végzi a gyártást, a saját, de a megrendelő által akkreditált minőségbiztosítási rendszerének keretén belül.

Pótalkatrész előállítása üzemidő-hosszabbításhoz

Ezt a kört bővíti a gyártói támogatással már nem rendelkező haditechnikai eszközök üzemidejének meghosszabbítása is. A Magyar Honvédség, illetve számos szomszédos ország esetében itt jellemzően még a Varsói Szerződés időszakából visszamaradt gyártmányokról van szó, amelyek gazdasági vagy egyéb okokból nem kiválthatóak egy újabb eszközzel, így azok (akár a tervezett időt meghaladó) további alkalmazása nemzetbiztonsági érdek. Számos ilyen eszközhöz politikai okok miatt nem lehetséges az eredeti alkatrész biztosítása, de az is gyakori, hogy az adott gyár időközben már meg is szűnt. Ha

⁵ Selective Laser Sintering: szelektív lézeres szinterelés (vagy zsugorítás vagy olvasztás).

rendelkezésre áll a gyártási dokumentáció, akkor visszakanyarodtunk az egyszerű megrendeléshez. Ha nincs ilyen vagy az eszközt nem meglévő formájában, hanem modernizálva kívánja tovább használni az adott haderő, akkor K+F tevékenység is szükséges, de az eljárásrend akkor is a korábban részletezett módok valamelyike.

Jelen felsorolásban azért képez külön kategóriát, mert más megfontolások alapján kerülhet alkalmazásra a 3D nyomtatás, illetve ebben az esetben komoly szerepet kaphat egy, jellemzően a 3D nyomtatástechnológia részét képező eljárás, a 3D szkennelés. Leggyakrabban lézert használva lehet letapogatni egy tárgy felületét, és létrehozni annak méretpontos 3D modelljét, de ahol fontos a belső szerkezet, ott rendelkezésre áll a röntgensugarakkal operáló ipari CT⁶ berendezés is. Ezekkel a módszerekkel gyártási dokumentáció hiányában is előállítható a 3D modell.

A fentiek közül egyik eset sem támaszt az előállítás szempontjából különleges katonai követelményeket. Az additív gyártástechnológia esetleges alkalmazása egy racionális döntési folyamat eredménye, de a 3D nyomtató - akár egy hagyományos CNC eszterga - egy cég telephelyén üzemel, és az, hogy a végtermék katonai célra készült, az alkalmazott gyártástechnológia szempontjából irreleváns.

3D nyomtatás műveleti területen

A fentiekén túl az additív gyártástechnológia, illetve ezen belül a 3D nyomtatás, egy egészen új lehetőséget is felvet. Kimondottan katonai műveleti környezetben (tehát nem ideértve a haderő határvédelmi vagy katasztrófaelhárítási alkalmazását) egy honi, vagy akár nem honi területen folyó fegyveres konfliktus vagy missziós szerepvállalás során viszont a 3D nyomtatás egészen új távlatokat nyit a katonai logisztika területén. Ha egy fegyveres konfliktus során megsérül, elromlik, vagy csak eltűnik egy eszköz, és azt az adott katonai egység saját készletből nem tudja pótolni, akkor csökken a harcértéke. A legtöbbször persze valamelyik raktárbázisban van pótalkatrész, de ennek műveleti területre juttatása nem triviális. Közismert, hogy minden katonai művelet Achilles-sarka az utánpótlás. Az ellenség (legyen az reguláris hadsereg vagy gerilla haderő) előszeretettel támadja a logisztikai támogatás útvonalait. Egy missziós szerepvállalás esetében kisebb a kockázat,

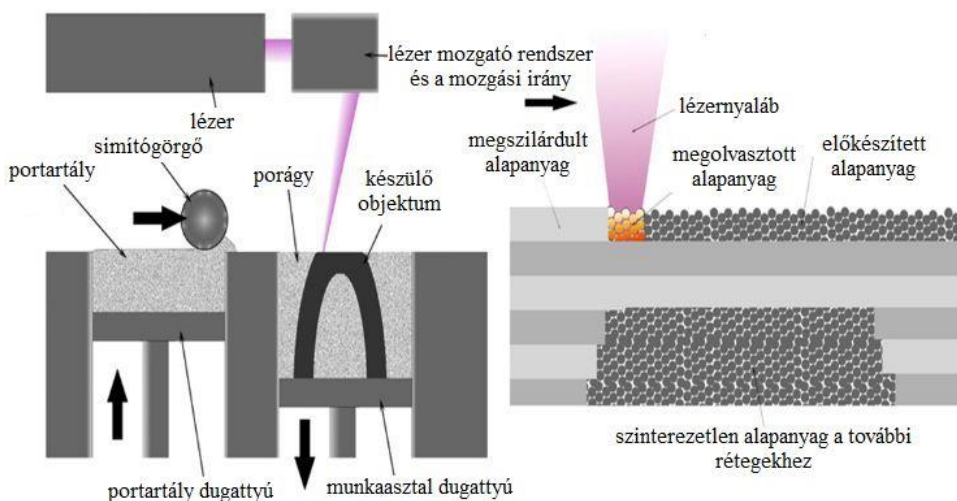
⁶ Komputertomográf

de akkor is hosszú ideig tart és többnyire rendkívül költséges, hogy egy cseredarab a hátországi raktárból eljusson az első vonalba. Persze mindennek csak akkor van jelentősége, ha az adott katonai szervezet javító alegysége egyébként képes az alkatrészcsereére. Amennyiben igen, akkor a hosszú logisztikai lánc problémájára elvben megoldás lehet az in situ 3D nyomtatás [3], de a tényleges kivitelezés számos kihívást rejt.

A 3D nyomtató elvben tehát lehetne egy olyan logisztikai „svájci bicska”, amelynek segítségével a meghibásodott vagy hiányzó alkatrészek egy része magánál a felhasználó alakulatnál, akár műveleti területen is előállítható lenne. Ezzel elvben jelentősen lecsökkenne az alkatrész rendelkezésre állásának ideje, másrészt csökkenne a logisztikai ellátólánc terhelése is. Ez tulajdonképpen a digitális raktár [5] koncepciójának átültetése katonai környezetbe, amely rendkívül vonzó lehetőség; nem véletlen, hogy a nemzeti haditechnikai K+F tevékenységeken túl, a Magyarországot is a tagjai közt tudó EDA [6] és a NATO Kutatás-Fejlesztési Szervezete⁷ [7] is a zászlójjára tűzte. Ugyanakkor a 3D nyomtatótechnológia elhelyezése a műveleti logisztika rendszerében, vagyis egy 3D nyomtató üzemeltetése egy katonai alakulatnál egyáltalán nem kézenfekvő, hiszen a mai napig nincs róla információ, hogy ez egy pilot-projektnél magasabb szinten bárhol megvalósult volna. Vegyük hát számba, hogy melyek azok a tényezők, amelyek miatt még nincs ott az első lépcsős alakulatok felszerelésjegyzékében a 3D nyomtató, illetve vizsgáljuk meg, hogy van-e lehetőség a korlátozó tényezők kiküszöbölésére a belátható jövőben.

Ennél a pontnál érdemes arra kitérni, hogy a műanyagalapú 3D nyomtatók mára óriási fejlődésen mentek keresztül, így az első modellekhez képest a jelenleg elérhető berendezések jóval kisebbek, gyorsabbak és pontosabbak. Ugyanakkor a haditechnikai eszközök rendkívül mostoha üzemeltetési környezethez lettek tervezve, a hasonló polgári eszközöknél szignifikánsan kevesebb műanyagot tartalmaznak, és azok minősége (környezetállósága) is igen magas. Így szinte nincs is olyan példa, amikor egy műanyag alkatrész hiánya tesz használhatatlanná egy katonai eszközt. Tehát a műveleti környezetben végzett, logisztikai támogatási célú 3D nyomtatás alatt 99%-ban fémm nyomtatást kell érteni. Ez pedig jelenleg még egy kevésbé kiforrott terület, ahol számos kompetitív technológia van jelen a piacon, illetve áll még fejlesztés alatt.

⁷ NATO Science & Technology Organization – NATO STO



2. számú ábra. A DMLS rendszerű fémnyomatók egyszerűsített működési elve (a szerző szerkesztése [8] alapján)

A 3D nyomtatók műveleti területen történő alkalmazásának korlátozó tényezői

A problémák megértéshez vegyünk alapul egy jelenleg igen elterjedt fémnyomató típust, és ennek műszaki és üzemeltetési paraméterei alapján vizsgáljuk meg, hogy miként lehetne ezt az eszközt a műveleti logisztikai támogatás eszköztárába vonni. Legyen ez az eszköz az ismert német EOS cég terméke, az M sorozat. Az EOS egyike a legtapasztaltabb fémnyomatókat gyártó és forgalmazó cégeknek. Az EOS nyomtatók már is Magyarországon legalább egy évtizede elérhetők, és jelenleg is számos helyen, autógyárakban, egyetemeken üzemelnek megbízhatóan. A EOS cég termékei nem hobbieszközök, minden olyan sajátossággal rendelkeznek, amely lehetővé teszi, hogy professzionális környezetben is egy termelési folyamatot alapozzanak rájuk.

Az EOS M sorozat egy DMLS⁸ technológiájú eszköz, amely jelenleg a legelterjedtebb az ipari fém 3D nyomtatási technikák között. Itt a nyomtató egy vékony (0,01-0,04 mm) porréteget terít a munkaasztalra a választott fém alapanyagból, amelyet aztán nagy teljesítményű lézerrel vagy lézerekkel megolvaszt a szeletelő program által meghatározott pontokon. Ezután a munkaasztal lesüllyed, és egy következő

⁸ Direct Metal Laser Sintering – Közvetlen Lézeres Fémolvasztás

rétegben is megtörténik a szinterezés. A nyomtatási folyamat végén el kell távolítani a fel nem használt (meg nem olvasztott) fémport és kiemelni a kész elemet. Az alábbi táblázat tartalmazza az M sorozatú EOS nyomtatók főbb paramétereit.

AZ EOS M SOROZATÁBA TARTOZÓ, DMLS TECHNOLÓGIÁJÚ IPARI
FÉMNYOMTATÓK FŐBB ADATAI

1. számú táblázat

	M 100	M 290	M 300-4	M 400
tömeg (kg)	580	1250	5 500	4 635
méret (m)	0,8x0,95x2,25	2,5x1,3x2,19	5,22x2,68x2,34	4,18x1,61x2,35
telepítési helyigény (m)	1x3x2,5	4,8x3,6x2,9	8,8x5,2x3,5	6,5x6,0x3,3
átlagos teljesítményigény (kW)	0,6	2,4	26	16,2
maximális teljesítményigény (kW)	1,7	8,5	36	50,2
lézerteljesítmény (W)	200	400	4x400	1000
maximális tárgyméret (mm)	100 ⁹ x95	250x250x325	300x300x400	400x400x400
inertgázigény (l/perc)	500	330	250	330

(a szerző szerkesztése [9] alapján)

Tömeg és kiterjedés

Az M 300-4 típusú 4 lézeres konfiguráció igényli a legtöbb helyet. Teljes tömege a hozzátartozó kiegészítő berendezésekkel (3D szkenneregység, gáztartály, porkezelő eszközök) több, mint 5500 kg. A berendezés teljes kiterjedése 5 221 x 2 680 x 2 340 mm, és a telepítéshez javasolt minimális tér kb. 8 800 x 5 200 x 3 500 mm). Mivel a katonai műveletek dinamikusak, a nyomtató csak olyan platformon helyezhető el, amely lehetővé teszi a gyors áttelepülést. Erre a fix teherautó-felépítményeken kívül gyakorlatilag csak a konténerek alkalmasak. Az alábbi táblázat tartalmazza a katonai alakulatok által is széles körben használt szabványos ISO 20 és 40 lábas konténerek főbb jellemző adatait.

⁹ Az M 100 nyomtató maximum 10 cm átmérőjű köralapra képes nyomtatni.



2. számú ábra. Egy jól képzett EOS M 300-4 típusú ipari 3D nyomtatóállomás [10]. Ezek a gépek a műanyag nyomtatókkal szemben nem férnek el egy asztalon

A SZABVÁNYOS 20 ÉS 40 LÁBAS SZÁLLÍTÓKONTÉNEREK FŐBB PARAMÉTEREI

2. számú táblázat

típus	hossz (mm)	szélesség (mm)	magasság (mm)	önsúly (kg)	terhelhetőség (kg) ¹⁰
10 lábas	3 050	2 438	2 591	1 250	9 000
20 lábas	6 058		2 591	2 250	25 000
20 lábas magasított			2 896	2 350	
40 lábas			12 192	2 591	3 750
40 lábas magasított	2 896			3 900	

a szerző szerkesztése [11] alapján

¹⁰ Típusonként eltérő lehet, kb. 1700 kg/m²



3. számú ábra. A Magyar Honvédségnél rendszeresített Rába MAN H25 konténerszállító terepjáró tehergépkocsi egy 20 lábás szabványkonténer szállítására alkalmas [12]

A táblázattal összevetve látható, hogy még a legkisebb, M 100 modell sem fér el egyetlen 20 lábás konténerben, a különféle részegységei a telepítési ajánlásokat figyelmen kívül hagyva valószínűleg elhelyezhetőek lennének kettő 20 lábásban. Az M 300 és M 400 modelleket már jelentősen át kellene szabni, hogy két 40 lábás vagy három-négy 20 lábás konténerben elhelyezhetőek legyenek. Itt azt is figyelembe kell venni, hogy a 40 lábás konténerek közúton jobbra csak nyergesvontatókkal szállíthatók, terepjáró konténerszállító tehergépjárművekkel a Magyar Honvédség (és a haderők többsége) is csak a 20 lábás konténerekhez rendelkezik.



4. számú ábra. A MAN HX32 szintén egy 20 lábás konténerrel szállít, de azt a Hammer 190 HB típusú oldalrakodó segítségével önállóan képes le- és felrakodni [12]

Mindezekhez képest a nyomtatókban előállítható nyomat legnagyobb mérete $7-64 \text{ dm}^3$ között változik. A tárgyasztal által mozgatható tömegre a gyártó nem közöl adatot, de ha a fenti mérettartományban csak egyszerű rozsdamentes (304-es acél) acéltömböket állítanánk elő (ennek természetesen semmi értelme nem lenne), azok tömege az M 100-nál kb. 50 kg-ra, míg az M 400-nál kb. 500 kg-ra adódna, amelyet nem valószínű, hogy kezelni tudnának ezek a berendezések; jóval valószínűbbek az 5-50 kg körüli maximális tömegű nyomatok. Vagyis látható, hogy a meglehetősen terjedelmes és súlyos 3D nyomtatókkal csak viszonylag szerény méretű és tömegű nyomatok készíthetők.

Gyártási sebesség

Persze a gyártáshoz felhasznált eszköz és a gyártmány méret- és tömegaránya önmagában nem jelent túl sokat, hiszen az hasonló a hagyományos szubsztraktív megmunkáló eszközök (esztergák, forgácsolók) esetében is. Viszont a termelékenységben már óriási különbségek vannak ez utóbbiak javára. A gyártmány komplexitásától függően egy CNC esztergának mindössze pár percre van szüksége egy-egy példány előállításához, addig ez a DMLS technológiánál órákban mérhető.



4. számú ábra. A tömeggyártáshoz használt esztergaközpont jelenleg még verhetetlen sebességet biztosít [13]

Míg a szubsztraktív megmunkálásnál a megmunkálás ideje szinte csak a gyártmány bonyolultságától függ, addig az additív eljárásnál azt elsősorban a szükséges anyag mennyisége határozza meg, illetve

nagyban befolyásolja a fém típusa (mennyi ideig kell a lézernek megvilágítani, hogy megolvadjon), illetve az alkalmazott felbontás. Példaként egy hagyományos lövedék tömör kúpos felületének kialakítása egy esztergával alig néhány másodperc. Mindeközben az EOS M nyomtatóknál, amelyek a kategóriájukban kimondottan gyorsnak tekinthetők, az elérhető maximális sebesség alig $0,1 \text{ dm}^3$ óránként.

Az additív technológia egyik nagy hátránya még, hogy ha az egyébként is igen hosszú nyomtatási folyamat pl. áramszünet miatt megszakad, a legtöbb esetben nem lehet újraindítani azt. A DMLS technológiánál, ha a fémfelület egyszer lehűlt, és azt újból felhevítjük, az szilárdsági problémákat, csaknem biztosan törést okoz [14].

Energia

A hagyományos megmunkálóeszközök teljesítményigénye sem csekély, de látható, hogy a DMLS technológia (és jellemzően az összes fémolvasztáson alapuló eljárás) teljesítményfelvétele egészen brutális. Egy átlagos háztartás átlagos pillanatnyi villamos teljesítményfelvétele kb. 0,3 kilowatt¹¹, addig az EOS nyomtatóknál a minimum érték ennek duplája, míg a maximum akár kétszázszorosa is lehet, vagyis egy komoly EOS M berendezés energiaigénye akár egy kisebb településével is vetekedhet. Ekkora mennyiségű villamos energia biztosítása, ráadásul szünetmentes módon, tábori körülmények között nem egyszerű, hiszen az csaknem kizárólag dízelüzemű aggregátorokkal kerül előállításra.

Utómegmunkálás

A 3D nyomtatott fémalkatrészek felületének minősége általában még a legnagyobb felbontással (vagyis a leglassabban) készítve sem éri el a kívánt értéket (vagyis a szubsztraktív technológiával előállított alkatrészek minőségét). Tehát utólagos megmunkálásra van szükség, amely többnyire valamilyen csiszolásjellegű eljárást jelent: kézi vagy gépi csiszolást, polírozást, esetleg nagy nyomású levegős, folyadékos „tisztítást”, illetve vibrációs vagy egy újabb lézer energiájának felhasználását [15]. Ennek idő- és energiaigénye még hozzáadódik a tényleges nyomtatás idejéhez. Ha az alapanyag edzhető acél, akkor a gyártástechnológiától függetlenül el kell végezni az edzést is. Ha ettől, illetve a csiszolástól eltekintünk, akkor a DMLS esetében nincs további munkafolyamat, a fel nem használt por egyszerűen lefújható a

¹¹ Az MVM által megadott átlagos áramfelhasználási hely 2503 kWh/év értékkel számolva

gyártmányról. Viszont léteznek olyan additív technikák, ahol a nyomtatás végén még van egy technológiai lépés, amely szükséges a végleges anyagminőség biztosításához. Egyes műanyagokat pl. UV fényvel szilárdítanak meg, míg az ADAM¹² fémnyomtatási technológia esetében a nyomatból először ki kell oldani az ideiglenes kötést biztosító vegyi anyagot, majd egy kemencében kell kisütni a teljes szilárdság eléréséhez, amely közben a nyomat térfogata is lecsökken.

Minőségbiztosítás

A legtöbb ipari felhasználású fém napjainkban már 3D nyomtatással is megmunkálható. Az EOS nyomtatókhoz több, mint 40 féle fémalapanyag használható. A teljesség igénye nélkül: a hagyományos rozsdamentes acél-, edzhető acél-, szerszámacél-, alumínium-, réz-, bronz-, titán-, kobalt-króm- és nikkelötvözetek, illetve nemesfémek a legtöbb katonai igényt is kielégítik. Mára alig van, és folyamatosan csökken azon iparban alkalmazott fémek száma, amelyek még nem használhatóak 3D nyomtatásra. Ez tehát nem jelent korlátot a technológia katonai célú alkalmazása során. Viszont fontos, hogy a 3D nyomtatással a legtöbb esetben egy hagyományos öntvény minőségében állíthatóak elő alkatrészek. A kovácsolt alkatrészek jóval magasabb minőséget nyújtanak, amelyet a porolvasztás még nem képes biztosítani. Mind ezen felül minden gépben, berendezésben azok az alkatélemek hibásodnak meg a leggyakrabban, amelyek a legnagyobb igénybevételnek vannak kitéve. Ilyenből számos van a gépjárművekben, míg a fegyveralkatrészek szinte mindegyike ilyen. Tehát, ha 3D nyomtatással kívánunk egy alkatrészt legyártani, akkor előtte vizsgálati úton meg kell bizonyosodni arról, hogy a nyomat megfelel minden olyan követelménynek, amely az eredeti alkatrész esetében előírásra került.

Egyéb technológiai igények

A legátlagosabb acélolvasztás minősége is jobb, ha azt oxigénmentes környezetben végezzük, viszont bizonyos alapanyagok (pl. titán) egyáltalán nem is színterezhetőek ilyenkor, mert az erősen robbanásveszélyes. Vagyis a DMLS nyomtatók a munkateret valamilyen inert gázzal, általában argonnal töltik fel, és tartják azt túlnyomás alatt a nyomtatás teljes folyamata alatt. Mivel a nyomtatási idő hosszú, még erősen komprimált gáz esetében is jelentős mennyiségre lehet szükség, amelynek biztosítása műveleti területen egyáltalán nem triviális.

¹² Atomic Diffusion Additive Manufacturing



5. számú ábra. A fémporok biztonságos kezeléséhez védőfelszerelés szükséges [8]

A DMLS eljárás sajátossága az is, hogy rendkívül finom szemcsés fémpor az alapanyag, amely már önmagában is rendkívül veszélyes tud lenni, nem igazán egészséges a belégzése [8], vagyis mind a portartály feltöltése, mind a nyomtatás után fennmaradó por leszitalása nagy odafigyelést és megfelelő védőfelszerelést igényel. A 3D fémnyomtató helyiségek sztenderd felszerelése a szűrőkkel ellátott klímaberendezés és a nagy teljesítményű ipari porszívó. A fémporok többsége igen érzékeny a nedvességre, így azok tárolására is különleges eszközök szükségesek.

Jogi kérdések

A digitális raktár koncepciójának alapja, hogy a rendelkezésünkre áll a „raktárkészlet” digitális 3D modellje. Még ha valami úton hozzá is jutunk egy alkatrész modelljéhez, fontos kérdés, hogy azt fel lehet-e jogszerűen használni. Az egy külön kérdés, hogy az egyes haditechnikai eszközöknél a felhasználó katonai szervezet rendelkezik-e az ahhoz kapcsolódó szellemi termékekkel. Egy hazai fejlesztésű eszköz esetében a fejlesztési szerződés tartalmától függően ez lehetséges, de egy külföldről vásárolt eszköz esetében szinte biztosan nem rendelkezik azokkal. Márpedig a gyártók többnyire ragaszkodnak az ilyen jogaikhoz, hiszen az alkatrészellátás legalább akkora üzlet, mint az alapanyag eladása.

Személyi feltételek

Ahogy a hagyományos szerszámgépek, úgy a 3D nyomtatók esetében sem egyszerű azok működtetése, az minden esetben komoly

felkészültséget igényel. A fém 3D nyomtatás egy meglehetősen komplex eljárás, maga a nyomtató is kellően bonyolult. Még ha egy, az adott technológiával minőségbiztosított alkatrész, megfelelő modellből történő „rutinszerű” előállításáról is van szó, a 3D nyomtató és a kapcsolódó egyéb berendezések működtetése sokrétű, speciális ismeretet kíván. Egy 3D fémnyomtató professzionális üzemeltetéséhez jelenleg még viszonylag magas szintű informatikai, elektronikai, gépészeti és porkohászati ismeretek kellene, ráadásul azok többsége technológia- és típusspecifikus. Így nem is csoda, hogy az ilyen eszközökhöz még nem nagyon létezik középszintű képzés, a működtető személyzet többnyire diplomás szakemberekből áll. Jelenleg még egyáltalán nem életszerű, hogy egy katonai alakulat karbantartó-javító alegységénél szolgáló katonák ilyen képességekkel bírjanak vagy hogy megfelelő képzettségű embereket megfelelő számban tudjanak katonai szolgálatra felvenni.

A 3D nyomtatás műveleti logisztikában történő alkalmazási korlátainak lehetséges feloldása

Tulajdonképpen a jogi kérdések a legkönnyebben megoldhatók. A haderőknek az ipari partnereikkel kötött szerződések során egyszerűen ki kell kötni annak lehetőségét, hogy a kifejlesztett/megvásárolt eszköz alkatrészeit joga legyen műveleti területen (vagy akár a háországban is, ha ahhoz nemzetbiztonsági érdek fűződik) legyártani. Ennek érdekében kötelezni is lehet a gyártókat, hogy az általuk gyártott eszközökhöz mellékeljék azok 3D modelljét is. A műveleti területen történő esetleges gyártás nem okoz érzékelhető veszteséget a gyártónak, mert az természetszerűleg még mindig költségesebb, mint a tömeggyártás, így nyilvánvalóan csak kis tételekre és csak szükség esetre értendő.

A működtetéshez szükséges személyi állomány biztosításának kérdése már kicsit bonyolultabb. A 21. századi haderőknek egyre inkább szüksége lesz a magasan képzett szakemberekre, mérnökökre, technikusokra. Ez általában igaz, nem csupán a 3D nyomtatás technológiájának bevezetése érdekében szükséges. Ennek az igénynek pedig meg kell jelennie a képzési rendszerben is. Ezzel párhuzamosan a fémnyomtatók működtetése is egyre egyszerűbb, ergonomikusabb lesz, amely a technológia evolúciójának természetes eredménye, és amely a 3D műanyag nyomtatók esetében már jórészt le is zajlott.

A 3D nyomtatók műveleti logisztikában történő alkalmazásának logisztikai költségei

Eddig nem esett szó az árról. Nem mintha ez a szempont mellékes lenne, de az közismert, hogyha egy technológia valós képességbővülést jelent a haderő részére, akkor az - függetlenül a költségektől - előbb-utóbb biztosan megjelenik a hadseregek eszköztárában. Tehát jelen esetben még valószínűleg inkább technikai korlátai vannak a katonai bevezetésnek. Annak érdekében, hogy a 3D nyomtatás műveleti területen történő alkalmazásának aktuális lehetőségeit felmérhessük, itt vezessük be a „logisztikai lábnyom” fogalmát. Ez most a karbon lábnyomtól független, egy-egy katonai eszköz mozgatásához, tárolásához, működtetéséhez szükséges logisztikai tevékenységek összességét jelenti.

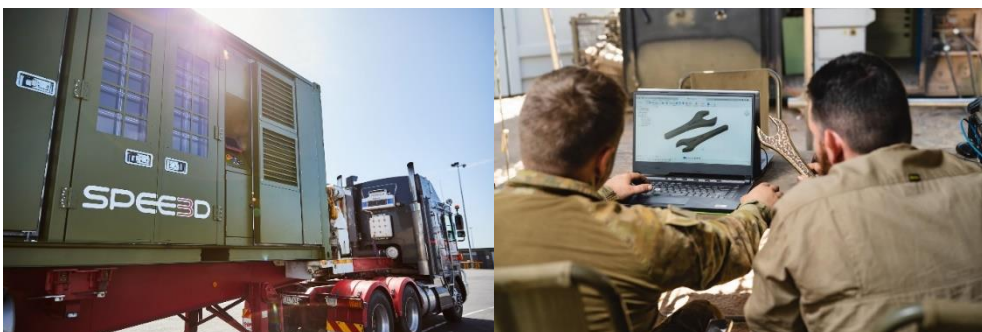
Egy egyszerűsített modellben a logisztikai lábnyom egy honos raktárbázisból történő alkatrészbiztosítás esetén a tárolási tevékenységből, a felhasználás helyszínére történő eljuttatásból, a kapcsolódó anyagmozgatásból és adminisztrációból áll. Az rögtön látszik, hogy tökéletesen egzakt mérőszámot nem tudunk hozzárendelni ezekhez a tevékenységekhez, de ha ennek csak a legköltségesebb és legkockázatosabb részét vesszük, azaz a célterületre történő szállítást, akkor reális lehet egy km x kg dimenzió. Tehát példának okáért egy 20 dkg-os alkatrész 500 km-re történő eljuttatása 100 kmkg. Amennyiben 100 hasonló alkatrészt kell eljuttatni a műveleti területre, akkor összesen 10 000 kmkg logisztikai „költség”-ről beszélhetünk. Tulajdonképpen ennek a „megspórolása” lenne a 3D nyomtatók műveleti területen történő alkalmazásának a hozadéka.

Összehasonlításképpen a 3D nyomtató és kiegészítő berendezéseinek a műveleti területre történő juttatása csupán egy kategóriájában kicsi és könnyű 3 tonnás berendezést tekintve is 300 000 kmkg egyszeri logisztikai költség. Ehhez még hozzá kell számolni a műveleti területen történő energiabiztosítást is. Ha a helyben előállított alkatrészek esetében egy igen moderált 10 órás átlagos nyomtatási időt és 500 W-os átlagos teljesítményfelvételt veszünk figyelembe, akkor összesen 500 kWh energiát használtunk fel a példának vett 100 db alkatrészhez. A gázolaj energiataralma 13,5 kWh/kg [16]. Amennyiben az aggregátor hatásfokát 30%-nak tekintjük, akkor kb. 110 kg gázolajat kell a műveleti területre juttatni. Ennek logisztikai költségénél nem honos területről történő szállítást, hanem egy közelebbi lokációból történő biztosítást, 100 km-es távolsággal számolunk, és így 11 000 kmkg-ot kapunk.

Figyelembe vesszük azt is, hogy helyben történő előállítás esetén csak 10 óra az alkatrész biztosításához szükséges idő, addig hátor-szági szállítás esetén két héttel számolva ez 280 óra, amiért 28-cal megszorozzuk a raktárbázisból történő alkatrészbiztosítás költségét. Nem vettük figyelembe a modellben a helyszíni disztribúció költségét (bár ez mindkét esetben jelentkezik), és még számos tételt (pl. a légi vagy közúti szállítás eltérő költségeit), illetve a példánál mindig a 3D nyomtató helyszíni működtetése szempontjából kedvezőbb értékeket tekintettünk. Így azt találtuk, hogy a példában a 3D nyomtató műveleti helyszíni üzemeltetése nagyságrendileg ugyanakkora terhet ró a logisztikára (311 000 kmkg kontra 280 000 kmkg). Vagyis ebben a példában, az adott kontingens műveleti területen történő ténykedése során 110-120 db olyan, a képességek szempontjából kritikus alkatrészt kellene kinyomtatni, hogy a nyomtató logisztikai (és nem a valós!) költségei megegyezzenek a honos országból történő szállítás logisztikai költségeivel. Amennyiben egy számottevő erejű katonai egység (legalább dandár) tartósan tevékenykedne egy, a honos bázisától igen messze található területen, akkor egy 3D nyomtató helyszíni üzemeltetése már most is előnyös lehetne.

Érdeemes ismét megemlíteni, hogy a modell erősen hiányos. Nem vettük például figyelembe, hogy több alkatrész egyidejű szállítása esetén a logisztikai költség megoszlik, illetve a példában szereplő 100-as nagyságrendű alkatrész előállítása a helyszínen, a nyomtatási időt és az utómunkálatokat tekintve, egy ember közel egy éves tevékenysége. Az mindenestre látszik, hogy a technológia nagyon közel van ahhoz a határhoz, ahonnan az már valós alternatívát jelent a logisztikai ellátás szervezése során. Ettől kezdve azt érdemes vizsgálni, hogy milyen technológiai lehetőségek vannak a fém 3D nyomtatók fejlesztése során, amelyek javíthatnák azok katonai környezetben történő alkalmazását. Az látható, hogy a fém nyomtatás minden technológia esetében számos apró rész nagy energiával történő megolvasztásának sorozatából áll. Ez a folyamat természetesen idő- és energiaigényes. A nyomtatási idő több és/vagy nagyobb energiájú energiaforrás (pl. lézer) alkalmazásával csökkenthető, de ez növeli az energiaigényt, így ezen a fronton nem várható belátható időben áttörés. Marad tehát az a természetes technológiai evolúciós folyamat, melynek során a fémnyomtatók tömege, mérete (továbbá nem mellesleg az ára) és az eljárások komplexitása csökken. A már korábban említett ADAM technológia pl. a nehézkes és kockázatos fémpor helyett már egyfajta filamentet használ alapanyagként, bár ennek az az ára, hogy két plusz technológiai lépés szükséges a kész termék előállításához.

Összegzés



6. számú ábra. Egy ausztrál cég katonai alkalmazásra szánt 3D nyomtatókonténere kívül és belül [17]

Jelen pillanatban a 3D fémnyomtatók műveleti területen történő alkalmazásának legfőbb akadályát azok rendkívül nagy méretében és tömegében, továbbá a bonyolult működtetésükben látjuk. Amennyiben sikerülne egy egyszerű és biztonságos eljárást kidolgozni, és azt egy 10, legfeljebb egy 20 lábás konténerben elhelyezni, akkor már megfontolandó lenne, hogy integrálásra kerüljön a meglévő logisztikai támogatás rendszerébe. Már van is olyan cég, amely ezt kínálja. Az ausztrál Spee3D cég a nevében is utal a sebességre. Az XSpee3D nevű terméküket egyetlen 10 tonnás tömegű 20 lábás konténer tartalmazza, szabadalmaztatott technológiájukkal 100 gramm/perc nyomtatási sebességet ígérnek, amely nagyságrendileg nagyobb, mint a cikkben korábban említett EOS berendezéseké. A technológia jelenleg 12-féle fémrel elérhető, és a katonai sikeres validációja az ausztrál hadsereg által 2022-ben már meg is történt. Egy 2023 márciusában aláírt együttműködés keretében jelenleg a brit hadsereg teszteli a konténert [18]. A segítségével előállított katonai felhasználású eszközökről a cég a brossúrájában egy igen impresszív listát is közzétett.

2021-ben az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma¹³ is aláírt egy 1,4 millió dolláros szerződést az ExOne nevű amerikai céggel, amely szintén egy konténeres kialakítású, terepen is üzemeltethető 3D nyomtatóállomás kifejlesztését tűzte ki célul [20]. A projekt állásáról kevés a publikus információ, de annyi bizonyos, hogy itt egy nagyobb, 40 lábás konténer kerül berendezésre, viszont abban helyet

¹³ DoD – Department of Defense. Nem az európai értelemben vett minisztérium, de funkcióit tekintve megfelel annak.

kap egy 3D szkenneregység is, illetve lehetőség lesz benne kerámia- és műanyagalapú nyomatok legyártására is.

AZ XSPEE3D RENDSZERREL ELŐÁLLÍTOTT KATONAI FELHASZNÁLÁSÚ ESZKÖZÖK LISTÁJA

3. számú táblázat

alkatrész		alapanyag	tömeg	nyomtatási idő
	tömlőfej	6061 alumínium	660 g	24 perc
	M113 harcjármű futógörgő csapágyfedél	alumínium-bronz	2 kg	29 perc
	fegyverzeti kéziszerszám	alumínium-bronz	2 kg	60 perc
	fenékvíz pumpa ház	alumínium-bronz	8,3 kg	83 perc
	szelepfogó	316 rozsdamentes acél	1,2 kg	60 perc
	vízhűtő blokk	6060 alumínium	580 g	40 perc
	rakétafűvókabélés	réz	17,9 kg	199 perc

a szerző szerkesztése [17] alapján

Látható, hogy a 3D fémnyomtatási technológiája igen közel áll ahhoz a ponthoz, hogy valóban megjelenjen a műveleti logisztika eszköztárában. A technológia fejlesztésében élenjáró országokban ezek az eszközök már kiléptek a fejlesztés első fázisaiból, és már a tulajdonképpeni csapatpróbájuk zajlik. Valószínűsíthető, hogy az első 3D nyomtatók 1-2 éven belül rendszeresítésre kerülnek és az ezek nyomán szerzett tapasztalatokra építve 8-10 éven belül szélesebb körben elterjednek, majd a magasabb katonai egységek karbantartó-javító al egységeinél a felszerelés elmaradhatatlan részeivé válnak.

Köszönetnyilvánítás

A kutatási téma kidolgozását a TKP2021-NVA-16 azonosítószámú „Alkalmazott katonai műszaki, had- és társadalomtudományi kutatások a nemzetvédelem, nemzetbiztonság területén a Hadtudományi és Honvédtisztképző Karon” című pályázat segítette. A TKP2021-NVA-16 számú project 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.



GAZDASÁGFEJLESZTÉSI
MINISZTERIUM

Felhasznált irodalom

- [1] Zentay Péter, Hegedűs Ernő, és Végvári Zsolt, „A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei I. rész”, *Haditechnika*, 56 évf., 6. szám, 56–60o., 2022, doi: 10.23713/HT.56.6.09.
- [2] Badiru, Adedej B., Valencia, Vhance V. és Liu, David, *Additive Manufacturing Handbook - Product Development for the Defense Industry*. CRC Press, 2020.
- [3] Kocsis Bence, „Az additív és szubsztraktív technológia katonai vonatkozású alkalmazási lehetőségeinek összehasonlító vizsgálata”, *Műszaki Katonai Közlöny*, 29. évf., 2. sz. 95–104o., 2019, doi: 10.32562/mkk.2019.2.8.
- [4] RJC, „Selective Laser Sintering”, *RJC Mold*. <https://rjcmold.com/3d-printing/selective-laser-sintering/> (Leoltve: 2022. november 5.).

- [5] Attaran, Mohsen „Additive Manufacturing: The Most Promising Technology to Alter the Supply Chain and Logistics”, *JSSM*, 10. évf. 3. szám, 189–206o., 2017, doi: 10.4236/jssm.2017.103017.
- [6] „Activities Search”, *Default*. <https://eda.europa.eu/what-we-do/all-activities/activities-search/additive-manufacturing-3d-printing-feasibility-study-technology-demonstration> (Letöltve: 2022. november 5.).
- [7] Petch, Michael „The Additive Manufacturing industry supports the security and foreign policy course of the German Federal Government, European Union and NATO”, *3D Printing Industry*, 2022. március 4. <https://3dprintingindustry.com/news/the-additive-manufacturing-industry-supports-the-security-and-foreign-policy-course-of-the-german-federal-government-european-union-and-nato-205472/> (Letöltve: 2022. november 5.).
- [8] Ferraro, Alessandra, Pirozzi, Marco, Annacondia, Enrico és Di Donato, Luciano, „Powder bed fusion/sintering machines: safety at workplaces”, *Procedia Manufacturing*, 42. évf., 370–374o., 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.061.
- [9] „Metal 3D printer | EOS Metal Systems”. <https://www.eos.info/en/additive-manufacturing/3d-printing-metal/eos-metal-systems> (Letöltve: 2022. november 5.).
- [10] Davies, Samuel, „GKN validating DP 600 steel on EOS metal 3D printer as IDAM project reaches halfway point”, *TCT Magazine*, 2020. július 21. <https://www.tctmagazine.com/api/content/ba3abbf2-ca78-11ea-bbe2-1244d5f7c7c6/> (Letöltve: 2022. november 5.).
- [11] „Konténer méretek és adatok - Konténer Hungária Kft.” <https://www.kontener.hu/kontener-kisokos/kontener-meretek> (Letöltve: 2022. november 5.).
- [12] Vágner Szabolcs, „Terepjáró képesség fejlesztése a Magyar Honvédségben”, *Katonai Logisztika*, 26. évf. 1-2. szám, 194–227o., 2018, doi: 10.30583/2018/1-2/194.
- [13] „CNC Turning - Process, Operations & Machinery”, *Fractory*, 2020. május 15. <http://https%253A%252F%252Ffractory.com%252Fcnc-turning%252F> (Letöltve: 2022. november 5.).
- [14] Zentay Péter, Hegedűs Ernő, és Végvári Zsolt, „A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei III. rész”, *Haditech-nika*, 57. évf., 2. szám, 57–62o., 2023, doi: 10.23713/HT.57.2.11.

- [15] „Finishing Options for Metal 3D Printed Parts”, *Desktop Metal*.
<https://www.desktopmetal.com/resources/finishing-options-for-metal-3d-printed-parts> (Letöltve: 2022. november 5.).
- [16] Végvári Zsolt, „Akkumulátorok a gyalogos lövészkatonák felszerelésében, a fejlesztés lehetséges irányai”, *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. évf., 2. szám, 85-101o., 2016.
- [17] Spee3D, „Make Metal Anywhere - World’s Fastest Containerised Metal 3D Printer”. Spee3D, 2022.
- [18] „Resources”, *SPEE3D*, 2019. október 25.
<https://www.spee3d.com/resources/> (Letöltve: 2023. május 15.).

Katona István¹

AZ MN 101. FELDERÍTŐREPÜLŐ-SZÁZAD ÉLETÉBŐL: ÁTTELEPÜLÉS MEZŐKÖVESD HADMŰVELETI REPÜLŐTÉRRE

FROM THE LIFE OF THE 101ST RECONNAISSANCE
SQUADRON: RELOCATION TO MEZŐKÖVESD
OPERATIONAL AIRPORT

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-199](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-199)

Absztrakt

Az MN CSRP 1985-ös kiképzési terve, az MN 101. felderítőrepülő-század Mezőkövesd² hadműveleti repülőtérre³ települése⁴, a nagy hatótávolságú diszlokáció⁵ minden oldalú biztosítása, az áttelepülési terv elkészítése, az áttelepülés légi és földi lépcsői, lövészetű és bombavetési

¹ Katona István nyugállományú őrnagy, Nemzeti Közszerológiai Egyetem doktorandusz, e-mail: goldensoldierpilot@gmail.com, ORCID azonosító: 0000-0002-9865-3530

² Mezőkövesd repülőtér – Clementina, hívóneve: „Falu” – Vándor Károly: Légió társbérletben I. VPP Kiadó, Dunakeszi 2009, – a szovjet csapatok és a Magyar Néphadsereg által közösen épített és üzemben tartott repülőtér 1945 után, stratégiai bombázók számára is alkalmassá tett leszállással és bizonyos ideig tartó tartózkodással. (A magyar néphadsereg anyagi forrásai megszüntével a repülőtér teljes kiépítése abbamaradt.) A szovjet csapatok által többször is igénybe vett, repülőegységeik időszakos tartózkodására (többnyire nyáron) használt repülőtér. Elhelyezkedése: Borsod-Abaúj-Zemplén megye, Mezőkövesdtől 5 kilométerre, keletre. Északi szélesség (É-i sz.): 47°48'57,78", Keleti hosszúság (K-i h.): 20°38'16,62" Kelet, 657 hektáros terület, az MN Csapatrepülő Parancsnokság gondozásában.

³ Hadműveleti repülőtér – Katonai terminológiai értelmező szótár (KÉSZ), HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp. 2013; - Repülőegységek, egységek, meghatározott rendű és idejű tevékenysége számára előkészített, szükségberendezésekkel és tartalék anyagkészletekkel ellátott, rendszeresen karbantartott és ellenőrzött, repülőtéri szolgálatra alkalmassá tett területű, füves vagy szilárd burkolattal ellátott, fel- és leszállópályával rendelkező repülőtér. A hadműveleti repülőtér bizonyos esetekben tartalék repülőtérként is megjelölhető, felhasználható. (K. I)

⁴ Áttelepülés – Katonai terminológiai értelmező szótár: HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013 – Valamely köteleknek, szervnek, hadrendi vagy más elemnek az elrendelt időben egyik helyről (körletből) egy másikba történő szervezett helyváltoztatása, manővere.

⁵ Nagy távolságú manőver – Katonai terminológiai értelmező szótár, HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013 – A kedvező erőviszonyok ismételt létrehozása érdekében végrehajtott tevékenység, az egyik irányból (települési helyről) egy másikba való áthelyezés az adott hadműveleti irányban lévő repülőcsoportosítást ért nagy veszteségek pótlására. (Vagy pedig a szárazföldi hadseregcsoport főcsapásirányának megváltoztatására.)

feladatok végrehajtása a hadműveleti repülőtéren, Nádudvar nemzetközi éleslövészeti és bombavetési lőtér célvázlata, a hadműveleti lőtéri településünk tapasztalatai, a mezőkövesdi település repülőeseményei, Taszár repülőtérre történő visszatelepülés.

Kulcsszavak: hadműveleti repülőtér, diszlokáció, földközeli repülés, kötelekrepülés, éleslövészet, bombavetés, célvázlat, áttelepülés, légilépcső, földilépcső, repülőtér-gondnokság, repülőesemények, visszatelepülés

Abstract

Training plan for 1985th year of the Hungarian People's Army Tactical Aviation Command (MN CSRP in Hungarian), 101st reconnaissance squadron relocation to Mezőkövesd operational airport, provision of long-range dislocation on all sides, preparation of the relocation plan, air and ground steps of the relocation, execution of shooting and bombing tasks from the military airport, return to Taszár airport.

Keywords: military airport, dislocation, ground flight, convoy flight, sniper, bombing, target sketch, relocation, aerial staircase, ground staircase, airport guardianship, flight events, return to Taszár airport.

Az áttelepülés előkészítése

Az MN Csapatrepülő Parancsnokság parancsnokának 1985-ös kiképzési terve⁶ előírta az MN 101. felderítőrepülő-század részére: „*Hajtsa végre Mezőkövesd, Kecskemét⁷ és Pápa⁸ repülőterek berepülését.*” (Eredeti írásmóddal K. I.)

⁶ HL-KI MN CSRP 1980-1989, 2689 (doboz) d. 3891 (őrzési egység) őe.

⁷ Kecskemét repülőtér, a repülőtér hívóneve: „Dalnok”, a Magyar Néphadsereg I. osztályú repülőtere, nagysebességű repülőgépekkel (MiG–21-es és MiG–29-es típusokkal), saját készülségi szolgálattal és saját repülőtér-gondnoksággal, repülőtér karbantartó egységgel (REKA). Elhelyezkedése: Bács-Kiskun megye, Kecskemét városától 1 kilométerre, északkeletre. A repülőtér koordinátái: É-i sz: 46°55'03”, K-i h: 19°44'57,14” Vándor Károly- Légierő társbérletben I-II.: VPP Kiadó, Dunakeszi 2009-2010.

⁸ Pápa repülőtér, a repülőtér hívóneve: „Körút”, a Magyar Néphadsereg I. osztályú repülőtere nagysebességű repülőgépekkel (MiG–21-es, MiG–23-as típusokkal), saját készülségi szolgálattal és saját repülőtér-gondnoksággal (REKA-val). Elhelyezkedése: Veszprém megye, Pápa városától 2,5 kilométerre, északkeletre. Koordinátái: É-i sz: 47°21'50”, K-i h: 17°30'02”. 1945 előtt és alatt a Magyar Királyi Honvéd Légierő használta ezt a repülőteret. 1943-ban épült meg a betonos fel- és leszállópályája, melyet már 1944-ben a szovjet légierő gépei is használtak. Az I. generációs sugárhajtóműves repülőgépekre – MiG–15-ös repülőgépekre – itt, Kecskeméten és Taszáron képezték át a kecskeméti és a taszári repülőalakulatok pilótáit. Vándor Károly- Légierő társbérletben I-II.: VPP Kiadó, Dunakeszi 2009-2010.

Ez a kiképzési terv a feladatszabás⁹ könnyebb része volt. A repülőgép-vezetők többsége a szovjet krasznodári¹⁰ repülőtishti főiskola elvégzése után Magyarországon általában a repülőcsapatokhoz történő állományba helyezése előtt Kecskemét repülőtérén¹¹ került beosztásba, majd innen helyezték át őket a különböző harci egységekhez. A repülőterek berepülése azt a célt is szolgálta, hogy a repülőgépvezető-állomány megismerhette így az adott repülőgéptípuson a tartalékként¹² számításba jöhető repülőtereket, s a későbbiekben nem jelenthetett problémát a tartalék repülőterek kiképzési, illetve más esetekben történő igénybevétele az időjárási viszonyok megromlása vagy vészhelyzetek esetén.

Kecskeméten is, mint ahogyan a többi nagysebességű repülőgépet üzemeltető repülőtérén – Pápa, Taszár – volt egy-egy kiképző repülőszázad, melyek a „frissen” végzett hajózókat készítették fel a magyarországi viszonyokra. Ezekhez a kiképző repülőszázadokhoz a szovjet repülőbázison végzett vagy pedig a Kecskemétről elosztott fiatal repülőgépvezetők, illetve a szolgálati érdekből az alakulathoz áthelyezettek kerültek. Ezeknél a századoknál felmérték a repülőszakmai tudásukat, s akiknél még csiszolásra szorult, azt a kiképző repülőszá-

⁹ Feladatszabás – KÉSZ- HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013. A kapott feladatok átalakítása parancsokká, valamint ezek továbbítása az érintett egységekhez.

¹⁰ Egyesített Repülő Műszaki Főiskola, Krasznodar, a Szovjetunió nemzetközi kiképző bázisa Krasznodar repülőbázison. Ezen a bázison a világ minden tájáról több tíz nemzet pilótáit és repülőműszaki szakembereit képezték ki szovjet mesteroktatók, az araboktól kezdve a kubaiakon keresztül dél-amerikai, távol-keleti nemzetekét is. Itt oktatták többek között az amerikai-vietnámi háború vietnámi katonai pilótáit is, amikor a növendéki pilótakiképzésemet megkaptam 1972-től 1974-ig. A magyar pilótáknak ezen a szovjet repülőbázison kívül két csoportja – itt csak a nagysebességű pilótaképzésről beszélek – végzett az armavíri kiképzőbázison. Ott csak ők voltak külföldiek, és ez a két csoport tanulmányi ideje öt és fél éves volt, viszont ők mérnökpilóta képesítést kaptak az iskola végeztével. Ilyen repülőgép-vezetők voltak pl. a 101.felderítő repülőszázad állományából Balogh Imre századparancsnok, Máté László századparancsnok felderítőhelyettes, Vámos József század megfigyelőszolgálat vezető. (K. I.)

¹¹ Repülőtér – „Utasítás a repülés végrehajtására URV-71” Honvédelmi Minisztérium, Bp, 1973. – Repülőtérnek nevezzük a repülőgépek, helikopterek felszállására, leszállására, elhelyezésére és kiszolgálására, valamint a repülőegységek, alegységek településére szolgáló, külön erre a célra előkészített földterületet, építmény- és berendezéskomplexummal együtt.

¹² Tartalék repülőtér – Utasítás a repülés végrehajtására, URV-71 Bp, 1973. HM kiadás 22. oldal, 43.pont – minden olyan repülőtér, amelyet a gépszemélyzet részére leszállásra jelölnek ki arra az esetre, ha a tervezett leszálló repülőtér használhatatlan. Tartalék repülőtér minden repülési váltásra ki kell jelölni, tartalék repülőtér nélkül repülési váltást nem lehet megkezdeni!

zadok nagy tapasztalattal rendelkező oktató-pilótái segítették. Kecskeméten ezt a feladatot az első repülőszázad végezte Arató Ferenc őrnagy vezetésével, más reptereken pedig az adott repülő kiképző századok¹³. Ilyen szempontból a kecskeméti ezredparancsnok kellemes helyzetben volt, hiszen többségében ő ismerte meg elsőként a főiskoláról kikerült repülőgép-vezetőket, s egyből ki is választhatta a szakmailag tehetséges, legígéretesebbeknek tűnőket. Az én végzésem idején egy évet repültünk Kecskeméten, s utána kerültünk az állandó állomáshelyünkre, szolgálati érdekből. Ez lehetett Taszár¹⁴ vagy pedig Pápa repülőtér. Így fordult elő, hogy a kezdetektől az MN 101. felderítő repülőszázad állományából 9 fő már repült Kecskeméten, 4 fő Pápán, a többiek pedig Taszáron. Kecskemétre a nádudvari vagy a Bokros¹⁵ lőtéren történő lövészetek alkalmával már a taszáriak többsége is repült, illetve áttelepült Kecskemét repülőtérre. Így csak a négy pápai repülőgép-vezetőnek volt ismeretlen a kecskeméti repülési körzet.

A léglövész szolgálatok részére a következő feladatot szabta a Csapatrepülő Parancsnok: *„készítsék fel az alakulatok hajózó állományát Nádudvar, Várpalota, illetve Hajmáskér lőtereken történő lövészetek végrehajtására.”* (Eredeti írásmóddal K. I.) Ez a századunk számára azért is volt nagyon érdekes, mert a mi repülőgép-vezetői állományunk 90%-a még sem Várpalota, sem pedig Hajmáskér¹⁶ („Nulla-

¹³ Az is előfordult, hogy akinél problémák adódtak a vadászrepülőgép-vezetői kiképzésnél, s nem tudtak rajta korigálni a repülő kiképző századnál, azt „letiltották” a nagysebességű repülésről, s más, alacsonyabb repülőgéptípuson folytathatta tovább a repülőgép-vezetői pályafutását (szállító repülőgépen, -helikopteren vagy esetleg futárrepülőgépen), de a repülő kiképzése nem mehetett kárba. A legdurvább esetben földi beosztást kapott, vadászirányítóként vagy pedig a repülés más szakterületén.

¹⁴ Taszár repülőtér, a repülőtér hívóneve: „Célszög”, a Magyar Néphadsereg I. osztályú repülőtere, nagysebességű repülőgépekkel (MiG–21-es és Szu–22-es repülőgéptípusokkal), saját készülségi szolgálattal és saját repülőtér-gondnoksággal, repülőtér karbantartó egységgel (REKA). Elhelyezkedése: Somogy megye, Taszár községtől 1 kilométerre, északkeletre. A repülőtér koordinátái: É-i sz.:46°23'37,49", K-i h.:17°55'1,44".

Volt 1945 előtt egy másik, egy füves le- és felszállómezős repülőtér is Taszáron, a településtől 500 méterre, délnyugatra. Ezt a repülőteret a Magyar Királyi Honvéd Légierő 1936-tól használta, 1944-ben rajta kívül a német Luftwaffe és a kassai Magyar Honvéd Repülőakadémia I. évfolyama is alkalmazta. (K. I.) – Vándor Károly – „Légierő társbérletben I.” - VPP Kiadó, Dunakeszi 2009;

¹⁵ Bokros lőtér – Kecskemét repülőtér használati utasításában csak repülőgép fedélzeti gépágyú és NIR-lövészetre kijelölt magyar használatú lőtér, melyet főként a kecskeméti repülőezred használt. (K. I.)

¹⁶ Hajmáskér – összefegyvernemi lőtér. Elhelyezkedése: Veszprém megye, Gyulafirátóttól keletre, Hajmáskértől, Öskütől, Várpalotától északra fekvő, kb. 17X7km-es terület. Vándor Károly – „Légierő társbérletben I.”, VPP Kiadó Dunakeszi, 2009.

pont” vagy „Null-pont”)¹⁷ lőtereken soha nem hajtott végre semmilyen harci alkalmazási feladatot.

Az MN Csapatrepülő Parancsnokság parancsnokának 1985-ös képzési tervében utasítja az alakulatok megfigyelői szolgálatait, hogy biztosítsák az alakulatok előtt álló feladatok sikeres végrehajtása érdekében a hajzó állomány maximális hatótávolságra, illetve a harcászati hatósugárig történő tevékenységének megfigyelői biztosítását a földközeli és a kötelékrepülések légi tájékozódási sajátosságaira tekintettel, különböző időjárási viszonyok között.

Ezen kívül az utasítás kiterjedt a speciális feladatok, a harci körülményeket legjobban megközelítő viszonyok közötti repülések megfigyelői biztosítására, a csökkentett HIR-FRISZ és fénytechnikai eszközök¹⁸ melletti repülésekre történő felkészülésre, a felderítő repülőszázad repülőgépvezető-állományának felkészítésére a felderítési adatok nagy pontosságú meghatározásával, a tartalék, valamint az együttműködő repülőterek berepülésének végzésére a Szu-22M3 és Szu-22UM3 felderítő-repülőgépekkel.

Az MN Csapatrepülő Parancsnokság parancsnoka, az 1985-ös képzési tervével összhangban, a 060/1985. számú intézkedésében¹⁹ elrendelte az MN 101. felderítőrepülő-század Mezőkövesd hadműveleti

¹⁷ Nulla-pont (Kiinduló pont) vagy repülőgép-vezetői szakzsargonnal Null-pont – a Hajmáskér lőtéri szemlélpont, illetve gyakorlatvezetési pontja, a gyakorlat lövészet, bombavetési szemlepontja. Repülőgép-vezetői szempontból a „null-pont” a megfigyelői számításoknál egy kiindulópont, ahonnan a megfigyelői számítások kezdődnek (legyen az lövészet, áttelepülési vagy akár egy hadgyakorlat felvonulási útvonala). Elhelyezkedése: Gyulafirátóttól 2,5 km-re észak-keletre, É-i sz. 47°9'51,29", K-i h. 17° 58' 2,98". Itt volt minden olyan gyakorlat, amelyiken volt bombavetési, gépágyú-, illetve NIR-lövészet – a gyakorlat leglátványosabb része – itt teljesedett ki a gyakorlat a szemlék idején. A Nulla-pontra gyakorlatilag ráépült a szemlepont, egy többszintes építmény a lőtéren, ahol a szemléző bizottság – a honvédelmi vezetés, a kormány vezetői, alkalmanként a külföldi (főként katonai) VSZ EFE vezetők, a szemlézők – helyet foglaltak, s innen nézték végig a gyakorlatok lövészet részének a végrehajtását. Helikopter le- és felszállóhely is kiépítésre került itt. Kocsis Mihály nyugállományú ezredes, az MN CSRP politikai helyettesének visszaemlékezései alapján, Katona István nyugállományú repülő őrnagy megfogalmazásában.

¹⁸ Utasítás a repülés végrehajtására, URV-71, Honvédelmi Minisztériumi kiadás, Bp, 1973. – szabályzat 390. pontjától a 396. pontig – Repülés csökkentett HIR-FRISZ és fénytechnikai eszközökkel.

¹⁹ HL-KI MN CSRP 1980-1989, 2692 d. 3897 öe. – a Magyar Néphadsereg Csapatrepülő Parancsnokság parancsnokának 060/1985. számú intézkedése az MN 101. felderítőrepülő-század áttelepítésének és Mezőkövesd repülőtéren történő tevékenységének mindenoldalú biztosítására

repülőtérre történő áttelepítését, és intézkedett az áttelepítés és a repülőtéri tevékenység mindenoldalú megszervezésére és végrehajtására.

„A 101.felderítőrepülő-század települjön át Mezőkövesd repülőtérre és ott hajtsa végre az 1985.július 10 – augusztus 10-ig tervezett harckiképzési²⁰ feladatait.” – (Eredeti írásmóddal K. I.)

Az áttelepülési feladat Csapatrepülő Parancsnok által megszabott időszaka:

- tervezés időszaka: 1985.06.17-től 1985.06.27-ig;
- előkészítés időszaka: 1985.06.27-től 1985.07.06-ig;
- az előkészítő csoport áttelepülésének időpontja: 1985.07.04;
- az áttelepülési időszak: 1985.07.06-tól 1985.07.10-ig;
- a harckiképzés időszaka a hadműveleti repülőtéren: 1985.07.10-től;
- a visszatelepülési időszak: 1985.08.06-tól 1985.08.10-ig.

Az intézkedés 1. számú mellékletét, „Az erő-eszköz²¹ számvetés”-t a felderítőrepülő-század diszlokációjának²² állományáról és technikájáról a Csapatrepülő Parancsnok hadtáp²³ helyettese, Dr. Csordás Lajos ezredes írta alá 1985.06.26-án.

A felső katonai vezetésünk, összhangban az éves kiképzési tervünkkel, egy nappal a tervezési időszak vége előtt utasította az áttelepülésben résztvevő, illetve közreműködő alárendeltet a szükséges személyi és technikai biztosítás elvégzésére. Felmerült a kérdés: A rendszeren belüli átfutási idő elegendő időt biztosít-e a végrehajtók számára a feladat végrehajtására? Mivel ez egy nagy távolságú, komplex földi és légi

²⁰ Harckiképzés – KÉSZ- HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013. Összesített oktató-nevelő folyamat, tevékenység, amelynek célja a hadsereg állandó harckészültségének elérése és meghatározott szinten tartása. A harckiképzés a hivatásos, a sor- és tartalékos állományra egyaránt kiterjed.

²¹ Erők és eszközök – KÉSZ- HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013. Az adott katonai szervezet(ek)ben (csapatnál) rendszeresített személyi állomány (erők) és az ugyancsak rendszeresített haditechnikai eszközök, illetve anyagok összefoglaló megnevezése.

²² Diszlokáció – KÉSZ HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013 – Egy alakulat elemeinek megoszlása egy bizonyos területen, az egyes egységek harcálláspontjának pontos elhelyezkedése és a nekik alárendelt erők települése.

²³ Hadtáp – KÉSZ HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013 – A hadi (harc)tevékenység minden oldalú anyagi biztosítását végző szervek, szervezetek, intézetek stb., valamint a szükségletek kielégítésére rendelkezésükre álló anyagi-technikai készletek összességének általános megnevezése.

diszlokáció, áttelepülési manőver, melyhez hasonlót a 101. felderítő repülőszázad még soha nem hajtott végre, ennek a begyakorlása és eseménymentes végrehajtása érdekében a manőver minden egyes mozzanata kidolgozására több időt kellett volna biztosítani, hiszen ilyen feladat végrehajtásában ez az alakulat még nem vett részt.

A fentiek figyelembevételével az MN 101.felderítőrepülő-század parancsnoka két nappal később már kiadta parancsát²⁴ minden, az áttelepülési manőverben érintett szakág vezetőjének. Az előkészítő csoportot a CSRP parancsnoka által meghatározott időben, 1985.07.04-én reggel 06:00-kor útba is indította. Ebből a csoportból egy fő tiszthelyettes két fő sorállományú katonával Szentkirályszabadja²⁵ repülőteret érintve elhelyezési anyagokat vételezett, majd ezt végrehajtva folytatta az útját Mezőkövesd repülőtérré.

Az előkészítő csoport másik része, a 91. RTG alakulat²⁶ elhelyezési szolgálatától az áttelepülő állomány élet- és munkakörülményeinek biztosításához - a szükséges létesítmények szemrevételezése után - a meghatározottaknak megfelelően átvette az elhelyezési anyagokat, és a parancs szerint be is rendezte 146 fő részére az elhelyezési körletet, az arra kijelölt zónában biztosította 9 db repülőgép és 27 db gépjármű elhelyezését. Előkészítette a repülőfedélzeti harcanyagok tárolására kijelölt helyiségeket a repülő-szakanyagok beérkezésének fogadására, és megszervezte az átvett objektumok őrzésvédelmi szolgálatának ellátását.

A 101. felderítőrepülő-század parancsnoka utasította a század törzsfőnökét az áttelepülés tervének elkészítésére, melyet előzetes utasítása szerint 1985.07.03-án jóváhagyott, és utasította az áttelepülés időszakára a harckészültségi²⁷ terv módosításának elvégzésére és

²⁴ HL-KI. MN CSRP 1980-1989. BL. 50/01/74, 480/11/1. számú csomag – A Magyar Néphadsereg 101. felderítőrepülő-századparancsnok 074/1985. számú parancsa a század erői és eszközei Mezőkövesd repülőtérré történő áttelepítésének végrehajtására.

²⁵ Szentkirályszabadja helikopter repülőtér – A Magyar Néphadsereg helikopter repülőtere, az MN Csapatrepülő Parancsnokság MN 87. harcihelikopter-ezrede települt itt (Mi-8, Mi-9, Mi-17 és Mi-24-es helikopterekkel). Bálint István nyugállományú ezredes – a Légvédelmi és Repülőparancsnokság Repülőfőnökség helikopterek főszemlélője visszaemlékezései alapján.

A helikopter repülőtér elhelyezkedése: Veszprém megye, Veszprém városától délkeletre, 4, Vándor Károly: „Légierő társbérletben I.” VPP Kiadó, Dunakeszi, 2009.

²⁶ 91. RTG alakulat – a Mezőkövesd repülőtéren települő repülőtér-gondnokság alakulata.

²⁷ Harckészültség – KÉSZ HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013; Harctevékenységre, védelemre vagy oltalmazásra való készenlét. A harckészültségi terv

1985.07.01-ig való felterjesztésére jóváhagyásra a Csapatrepülő Parancsnokságra. Utasította még őt a szételepítés idején történő harckészültségi riasztás rendjének kidolgozására a századtörzshöz tartozó minden szakterület vonatkozásában, amely a harckiképzés zökkenőmentes végrehajtásához szükséges volt. Mindenki ismerte a saját feladatát a rá vonatkozó mértékben. Így az elrendelt diszlokáció, mint egy jól olajozottan működő gépezet megindult a 101. felderítőrepülő-század parancsnokának a vezetésével, Mezőkövesd hadműveleti repülőtérré.

A földi áttelepülés második, a vasúti lépcsővel végrehajtott szakasza 1985.07.07-én került végrehajtásra. A bevagonírozást²⁸ az előkészítés időszakában folyamatosan végezte az erre kijelölt állomány. Alapvetően ebben az oszlopban kerültek átszállításra a repülőtechnika üzemeltetését és kiszolgálását biztosító, valamint a közúti szállításokat végző eszközök. Összességében a vasúti oszlopban áttelepült öt fő tiszt, hat fő tiszthelyettes, valamint 37 fő sorállományú katona és 21 darab gépjármű.

Az áttelepülés első légilépcsőjében a Csapatrepülő Parancsnok intézkedésének diszlokációs terve, az 1985-ös kiképzési terv elképzelésének feladatszabása, valamint a 101. felderítőrepülő-század parancsnokának 074/1985. számú parancsa alapján 1985. július 09-én 07:00-tól egy An-26²⁹ típusú szállító repülőgéppel a 101. felderítőrepülő-század állományához tartozó 17 fő áttelepült Mezőkövesd repülőtérré.

A második légilépcsőben egy An-26-os szállító repülőgépen 24 fő a repülőszázad állományából – közöttük a szovjet garanciális csoport 6 főjével – 1985. július 10-én 07:00-kor felszállt a mezőkövesdi repülőtérré. Szintén ezen a napon az An-26-os repülőgép felszállása után egy Szu-22UM3 gyakorló-harci repülőgéppel Taszár repülőtérről felszállt Balogh Imre alezredes századparancsnok és Lőrincz István őrnagy, a század légilövész-szolgálat főnöke időjárásfelderítésre, ellen-

jelen esetben a felderítőrepülő-század részére külön parancs és sajátos szempontok figyelembevételével előre kidolgozott és a Csapatrepülő Parancsnok által jóváhagyott terve. (K. I.)

²⁸ Málházás – Anyagok, eszközök tervszerű elhelyezése személyeken (katonákon), haditechnikai eszközökön, szállító járműveken/járművekben. A tervszerű málházáshoz, illetve az anyagi-technikai eszközök szállíthatóságának megkönnyítésére különféle rakományrögzítő-kötöző eszközöket és rögzítési módokat alkalmaznak. KÉSZ, HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013.

²⁹ An-26-os repülőgép – Szovjet kéthajtóműves, légcsavaros, gázturbinás katonai szállító repülőgép. A kijevi Antonov tervezőiroda fejlesztette ki. Közel 1400 darabot gyártottak le belőle 1969 és 1986 között. A kínaiak licence nélkül gyártják. (K. I.)

örizve a Mezőkövesd repülőtérre történő áttelepülés útvonalának időjárás viszonyait.³⁰ Leszállás után a magassági állomáson, a parancsnoki eligazítást követően 1985.07.10-én 09:00-tól Taszár repülőtérrel felszállt egy Szu-22UM3 gyakorló-harci repülőgép a Mezőkövesd repülőtéri repülésvezetővel³¹ és annak leszállásirányítójával³², akik Mezőkövesd repülőtéren az érkező repülőgépeket fogadták. Utánuk 15'-es időintervallumonként szállt fel egy-egy géppárkötelék az áttelepülés és a kiképzési feladat végrehajtására Mezőkövesd hadműveleti repülőtéren történő leszállással, végrehajtva az áttelepülési feladatot. 10:00-ás felszállási idővel elindult Mezőkövesd repülőtérre a légitársasággal áttelepülő állományon felül a repülőgép-vezetők utolsó nyolc tagja egy darab Mi-8T³³ típusú helikopterrel.

Az áttelepülést a 101. felderítőrepülő-század parancsnoka mindvégig figyelemmel kísérte rádióösszeköttetés útján a repülésvezetői toronyból vagy pedig telefonon mind az előkészítő csoport, mind a légitársaságok, mind pedig a vasúton utazók áttelepülését az állomány megérkezéséig Mezőkövesd hadműveleti repülőtéren.

A repülőgép-vezetői állomány a megérkezést követő felkészülési napon már vizsgázott Mezőkövesd repülőtér használati utasításának

³⁰ Kétféle tervtábla-variációt dolgoztunk ki az áttelepülésre: egy egyszerű időjárás körülmények (EIV) közöttit és egy bonyolult időjárás viszonyok (BIV) közöttit. EIV között kötetlenrepülésben, míg BIV között egyenként történt volna az áttelepülés a repülőgépekkel. (K. I.)

³¹ Repülésvezető – KÉSZ, HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013 – a repülések vezetésére kijelölt csoport vezetője. Felelős az előírt repülési szabályok betartásáért – a hozzá tartozó repülési körzetben a repülési váltása ideje alatt –, így a repülésekben részt vevő és a repüléseket biztosító teljes állomány előjárója, függetlenül a résztvevők katonai rendfokozatától és beosztásától.

³² Leszállásirányító: a repülésvezetői csoport tagja, RSZP-s (leszállító rádiólokátoros) tiszt, a repülésvezető beosztottja, aki a leszállásirányon a távoli irányadó állomáshoz (TIRÁ) segíti a leszálláshoz besoroló repülőgépeket. A repülőgép-vezetői szakszargon a repülésvezető helyettesét is leszállásirányítónak hívta, nemes egyszerűséggel csak „Leszír”-nek. Ez a tiszt többnyire aktív repülőgép-vezető, és a leszálló repülőgépek leszállásának irányítását veszi át a távoli irányadó állomástól a földet érésig, illetve a kigurulás befejezéséig. A leszálló repülőgép-személyzetet segíti a leszállás végrehajtásában. (K. I.)

³³ Mi-8: szovjet közepes szállító és támogató helikopter. A Mihail Leontyjevics Mil vezetésével álló tervezőirodában fejlesztették ki. A Mi-8 típus fejlesztése 1958 februárjában kezdődött, s a sorozatgyártása 1967-ben kezdődött meg. 24 fő katonára vagy 3000 kg teher szállítására alkalmas. Külső fegyverzettel ellátható. 7,62 mm-es géppuskával, 12 külső blokkon 192 darab SZ-5 nem irányított rakétával (NIR) és 4 darab páncéltörő rakétával szerelhető fel. Több mint 12 000 darabot gyártottak le belőle. A Varsói Szerződés hadseregeiben széles körben elterjedten alkalmazták. (K.I.)

és Nádudvar lőtéren történő lövészeti és bombavetési feladatok végrehajtásának ismeretéből az URV-71 164. pontja alapján. Ennek a vizsgának az eredményét jegyzőkönyvben rögzítette a 101. felderítő-repülő-század parancsnokhelyettese, Vígh Miklós őrnagy, a repülőgép-vezetői állomány pedig a vizsga alapján történő engedélyezést – a lőtéri munka és a Mezőkövesd repülőtéren történő repülés jogosultságát – a saját hajózó könyvébe³⁴ beírta. A vizsgát követő repülőképzési napon légtérkörbejárást³⁵ végeztünk, majd ezután folytattuk az éves kiképzési tervünk szerinti repüléseinket, mintha az „anyarepülőtérünkön”, Taszáron lettünk volna. Ismerkedtünk a repülőtérrel, annak repülési körzetével, fenntartottuk a repüléstechnikai jártasságunkat, majd többek között légtér- és útvonalrepüléseket hajtottunk végre Nádudvar lőtérré és vissza, készülve az elkövetkezendő lövészeti és bombavetési feladatainkra.

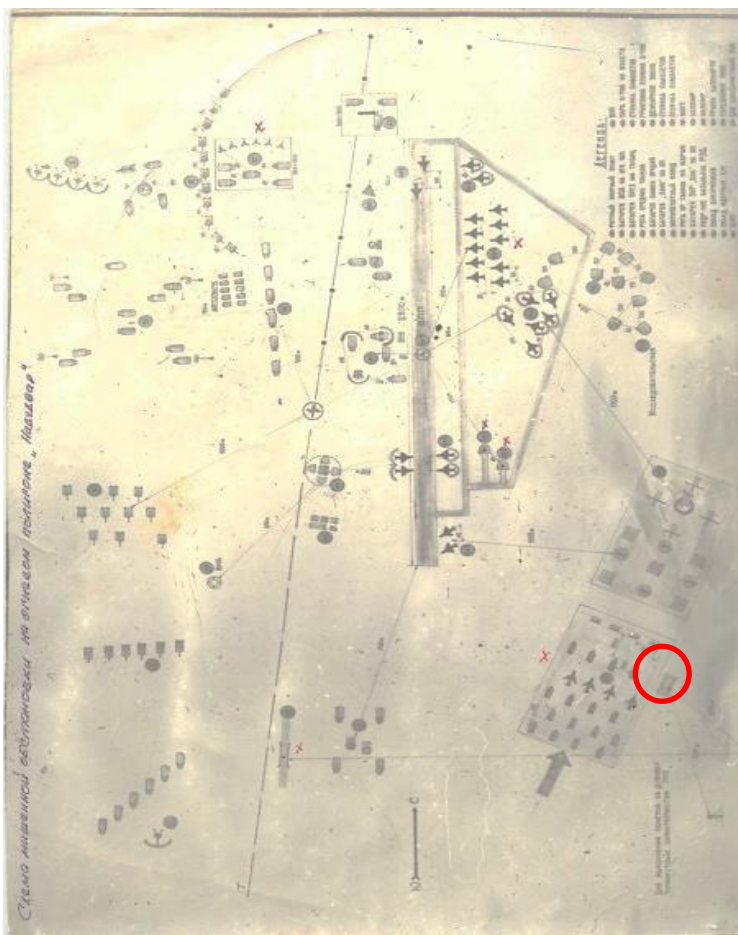
A nádudvari lőtér szovjet tulajdonban és kezelésben volt, így csak akkor tervezhattunk bombavetési és lövészeti feladatokat, amikor a szovjetek nem használták a lőteret. Ennek ellenére jól haladtunk a lövészeti és bombavetési feladatainkkal, azaz a rendeltetésnek megfelelő jártasságunk megszerzésével, mert amikor nem használhattuk a nádudvari lőteret, akkor a repüléstechnikai feladataink végrehajtására fordítottunk minden energiát. Ilyenkor a jártasságunk fenntartása és a kiképzési tervünk végrehajtása volt az elsődleges cél. Az FHT-81³⁶ alapján az éles lövészeti és bombavetési feladataink túlnyomó többségét végrehajtottuk, és a repülőgép-vezetőink túlnyomó többsége Taszár repülőtérre történő visszatelepülésünk időpontjáig a harci alkalmazási feladatainak nyolcvan százalékát a kiképzési tervünk szerint végrehajtotta oly módon, hogy közben a repüléstechnikai feladatait is időarányosan teljesítette.

³⁴ Hajózó könyv – a repülőgép-vezető saját tulajdonú, hivatalos okmánya, amelyben mindent köteles volt rögzíteni: az éves orvosi vizsgákkal kezdve mindenféle vizsgát, a gyakorló katapultálás, az ejtőernyős ugrásokon keresztül az éves kötelező vizsgákat, az osztályba soroló vizsgákat, a kiképzési szinteket és az áttelepülésektől a tartalék repülőterek berepüléséig mindent. Természetesen a repülési időket és a repült repülőgéptípusokat úgyszintén. Mindezeket a repülőgép-vezetői bejegyzéseket, s a bejegyzések naprakészességét a repülőszázad parancsnoka ellenőrizte időközönként és az aláírásával hitelesítette. (K.I.)

³⁵ „Légtérkörbejárás” – repülőgép-vezetői szakzsargon – valamely repülési körzet, repülőtérkörzet körberepülése egy adott magasságon. Az adott repülési körzetben vagy repülőtéren először repülő pilótáknak a repülési körzettel történő megismertetését hívjuk így. (K. I.)

³⁶ FHT-81 – Felderítőrepülő Harckiképzési Tervezete – a Magyar Néphadsereg Honvédelmi Minisztérium kiadványa, Repülési szabályzatok, Bp, 1981

Nádudvar³⁷ – szovjet gondnokságú, nemzetközi lőtér



1. számú kép. A nádudvari lőtér vázlatrajzán egy észak-déli fel-szálló mezővel rendelkező repülőtér „rendeztek be” a szovjetek. A piros körrel a lőtéri repülésvezetői irányítótornyot jelöltem. Az eredeti orosz nyelvű vázlatrajz³⁸ Vándor Károly gyűjteményéből és személyes engedélyével került felhasználásra

³⁷ Nádudvar lőtér – Vándor Károly „Légierő társbérletben I.”, VPP Kiadó, Dunakeszi, 2009. A lőtér elhelyezkedése: Jász-Nagykun-Szolnok és Hajdú-Bihar megye. Nagyivántól 5,5 kilométerre, délkeletre, Nádudvartól 11,5 kilométerre, északnyugatra, Mihályhalmától 4 kilométerre, nyugatra. A lőtér koordinátái: É-i h: 47°27'0,97”, K-i sz: 21°0'9,59”. Az irányítótorony koordinátái: É-i h: 47°25'59,28”, K-i sz: 21°2'36,12”. Hívóneve: „Ciklon”, de mi egyszerűen „poligon-nak” hívtuk (ez lőtér jelent orosz nyelven). A lőtér célsémája egy, a lőtér területére mésszel fel-festett vagy felszórt repülőtér, annak minden eszközével, épületeivel, légvédelmi és repülőtechnikai eszközeivel. (K. I.)

³⁸ Az orosz nyelvű vázlatrajz nagy valószínűséggel a kunmadarasi szovjet repülő-erzd pilótáinak repülési felkészülési tanterméből való (K.I.)

A szovjet hadsereg kezelésében lévő nádudvari nemzetközi lőtér³⁹ – eredetileg „felfestett”⁴⁰ célsémája – észak-déli elhelyezkedésű vázlatrajza (1. számú ábra). A piros körrel jelzett a lőtéri repülésvezetői torony, a lőtéri repülésvezető innen irányította a lövészeti vagy a bombavetési feladatok végrehajtását. Nekünk – magyaroknak – a 101. célcsoport volt kiadva célnak, mi erre hajtottuk végre a lövészeti és a bombavetési feladatainkat. Az alsó célrajzon piros körben feltüntettem a 101. célcsoportot. A mi lőirányunk ezen a lőtéren 20° volt.

A Nádudvar lövészeti és bombalőtér kezelése és üzem-bentartása



2. számú kép. A Nádudvar lőteret üzemeltető szovjet állomány egyik váltása⁴¹, középen a tiszthelyettes, kétoldalt a sorkatonák. Háttérben a lőtéri repülésvezetői torony. A fénykép Vándor Károly fotóarchívumából és az ő engedélyével került felhasználásra.

³⁹ Lőtér – KÉSZ, HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013 – Lőfegyverekkel, rakétákkal, bombafegyverzettel való gyakorlás céljára kialakított, speciálisan berendezett gyakorlóter.

⁴⁰ Felfestett – Az úgynevezett felfestés mésszel és egyéb, por alakú festékanyagok felszórásával történt, melyet időközönként javítottak a láthatóság jobbá tétele miatt (a szovjetek elmondása szerint K. I.)

⁴¹ Vándor Károly: „Légierő társbérletben I.”, VPP Kiadó Dunakeszi, 2009. Települési helyek fejezet, 187. oldal.

A lőtéri szovjet kezelőszemélyzettel a kapcsolatunk mindig nagyon jó volt. Ők, mint lőtér gondnokok, állandó települt állománya voltak a lőtérnek, s nagyon kevés esélyük volt bárhová is eljutni, vásárolni nagyobb településre vagy városba. Hozzájuk a legközelebb eső település Mihályfalva vagy Nagyiván. Így sokszor tőlünk próbáltak némi kis italhoz vagy bármi nemű extra ellátáshoz jutni, ezért ők a lehetőségeikhez mérten mindent elkövettek, hogy kedvünkbe járjanak. A szükségleteik kielégítése érdekében a kiszolgálásunk és a velünk való jó kapcsolatuk kialakításában sok mindenre hajlandóak és képesek voltak, sok mindent meg is tettek. Többnyire tudták, hogy a magyar lőtéri repülésvezető egymás után több napon keresztül is lövészetet fog vezetni. Mindig segítőkészek voltak, amely nagyon megkönnyítette a mi lőtéri munkánkat. Ehhez tudni kell, hogy a szovjet tisztí állomány szolgálati ideje nem kettő év volt külföldi szolgálat esetén, hanem öt év egy szolgálati helyen.⁴²

A lövészeti repülési váltás alatti munka végrehajtása a Nádudvar lőtéri⁴³ repülésvezetői toronyban és a lőtéren

A magyar lőtéri repülésvezető rendszerint helikopterrel jutott a lőtérre a lövészetek alkalmával. A mi alakulatunk erre a célra a Csapatrepülő Parancsnokságtól egy Mi-2-es helikoptert kapott. Ebben a helikopterben a lőtéri repülésvezető magával vihette a számára kötelezően előírt személyzetet (egy fő orvost, egy fő sorállományú katonát, aki az írnok feladatát töltötte be), valamint minden dokumentumot és szabályzatot, amely a lövészeti feladatok végrehajtása idején szükségesnek bizonyulhatott. Ennek előírászerű megléte minden esetben a lőtéri repülésvezető felelőssége és kötelessége volt.

Lőtéri repülésvezetői szolgálatot a felderítőrepülő-század repülőtorzsének tagjai (a századparancsnok, a századparancsnok két helyettese: a felderítőfőnök és az általános helyettese, a század légilövész szolgálat főnöke és a század megfigyelőszolgálat főnöke, valamint a harckiképzési alosztály repülésvezetői) adhattak.

A századparancsnok a repülőképzés és a rendeltetésünknek megfelelő jártasságunk mielőbbi megszerzése érdekében úgy döntött,

⁴² Vándor Károly újságíró, a „Légierő társbérletben” című könyv szerzője visszaemlékezései alapján (K. I.)

⁴³ Vándor Károly: „Légierő társbérletben I.”, VPP Kiadó, 2009. Települési helyek, fejezet, 187. oldal, Torony képfelirat.

hogy a repülőrajok parancsnokai is – természetesen a megfelelő tudásismereti szakanyag elsajátítása és vizsgák megtétele után – adnak lőtéri repülésvezetői szolgálatot. Így további három fővel bővült a lőtéri repülésvezetői szolgálatot adók száma, amely nagyban megkönnyítette a repülések tervezését, s így a rendeltetésünknek megfelelő jártasságunk megszerzése menetét is felgyorsította.



3. számú kép. A lőtéri repülésvezető munkáját segítő szovjet sorállományú katona⁴⁴ a lőtéri repülésvezetői munkaponton a toronyban, munka közben. Ő a lőtéri repülésvezető jobb oldalán dolgozott. A fénykép Vándor Károly fotóarchívumából való, és az ő engedélyével került felhasználásra.

Ez igen szerencsés volt abban a tekintetben, hogy a rajparancsnokok a gyakorlatban is láthatták a rajuk beosztott állományának tevékenységeit harcfeladat végrehajtása közben. Látták, hogyan hajtja végre a feladatát a rajához tartozó géppár parancsnoka és a beosztott repülőgép-vezetői állománya, melyik beosztottja, mekkora precizitással, mekkora eltéréssel végzi feladatát, a kiadott parancsaira hogyan reagálnak, ki mennyire követelménytámasztó saját magával szemben

⁴⁴ A lőtéren én mindig a saját, magyar írnomat hoztam magammal a taszári „anya-reptérről”, amikor Taszárról hajtottuk végre a lövészeti feladatainkat. Ez a lövészeti útvonal – a fordulópontoktól függően – megközelítőleg 400 és 500 km között volt. Oda-vissza általában 900-1000 km-el számoltunk (K. I.)

stb. Ilyen információk birtokában gyakorlatilag sokkal könnyebben tudott döntéseket hozni, ha a raja harci feladatokat kapott, hiszen tudta, kitől mit várhat, milyen teljesítésre, teljesítményre számíthat a rajfeladat végrehajtásánál. Ha pedig géppárfeladat végrehajtását szabták neki feladatul, tudta, hogy a géppár parancsnokát milyen tevékenységgel bízhatja meg.

A 101. felderítőrepülő-század parancsnokának 04/1985. számú intézkedése⁴⁵ az oktatói és kötelékparancsnoki kiképzés végrehajtására egyrészt ezt is szolgálta, a harckészültségbe helyezés előre összeszoktatott raj- és géppárkötelékek parancsszerű kialakítása mellett. A századparancsnok tehát minden lehetőséget megragadott a felderítőrepülő-század minél ütőképesebb, megbízhatóbb „harci egységgé kovácsolása” érdekében; ezirányú igyekezete nagyon nagy hasznára vált a századunk állományának, és a harcértékünk megbízhatósága érdekében is nagyon sokat tett. Minden egyes áttelepülésünkkel, kiképzési és harci repüléseinkkel egyre közelebb jutottunk ahhoz a szinthez, amely a szovjet légierőben már megvolt, amelyet a szovjetek, illetve a VSZ EFEF⁴⁶ vezetése elvárt tőlünk – a felderítőrepülő-század mesteri szintű feladatvégrehajtásának elérését. Volt elgondolás egy olyan követelményrendszer kidolgozására, amely egy egészséges szakmai verseny felállítását, létrehozását célozta volna a repülőgép-vezetők között, egy minél magasabb szintű szakmai tudás megszerzésére. Ennek kidolgozásáról⁴⁷ beszélgettünk a századparancsnokkal az egyik repülésbiztonsági tanács (RMBT) ülésének szünetében. Sajnos, ez csak egy olyan gondolat volt a sok egyéb között, amely a század harcfeladatai megbízhatósága végrehajtásának a színvonalát nagyban növelte volna, valójában megmaradt a kidolgozás szintjén, de a folyamat elindult, és az erre irányuló törekvés megvolt a szakmai vezetésben. Sajnos, a Szu-22-es repülőgéptípus szolgálatban állási ideje ennek a követelményrendszernek a kidolgozásához kevésnek bizonyult.

A mezőkövesdi hadműveleti repülőtérré történt áttelepülésünk mindenféleképpen nagyon sok hasznos tapasztalatot adott mind a század

⁴⁵ HL-KI. MN CSRP 1980-1989, 480/11/1. számú csomag, BL 50/01/4. – A Magyar Néphadsereg 101. felderítőrepülő-század parancsnokának 04//1985. számú intézkedése, az oktatói és kötelékparancsnoki kiképzés végrehajtására

⁴⁶ A Varsói Szerződés Egyesített Fegyveres Erőinek Főparancsnoksága

⁴⁷ Balogh Imre nyugállományú altábornagy, a 101. felderítőrepülő-század volt parancsnoka és Katona István nyugállományú repülő őrnagy, a 101. felderítőrepülő-század harckiképzési alosztályvezetője visszaemlékezései alapján (K.I.)

vezető, mind pedig a beosztott állományának, és elősegítette a rendeltetésünknek megfelelő kiképzettség⁴⁸ szintünk megszerzését. Az áttelepülés menetének kidolgozása, a közös összehangolt tervező-szervező tevékenység, az új kötelezően elvégzendő – mindenkinek a saját területén történő komoly harcászati parancsnoki – munka arra készítette a vezetői állományt, hogy bővítse tudását. Ez a munka egyértelműen megmutatta a századparancsnoknak, mely beosztásokban lévő embereket kell még elküldenie képzésre a nagyobb vezetői hatékonyság elérésére. Akinek nem volt meg a megfelelő felkészültsége, azt a parancsnokhelyettesek képezték – természetesen a saját beosztottjait –, a saját akadémiai jegyzeteik alapján segítették, és vonták be a tervezői munkába őket. Ez igen hasznosnak bizonyult a későbbi tervezéseknél is, hiszen a VSZ EFEF várhatóan még több ilyen – ahogyan az később kiderült –, sőt még bonyolultabb feladattal szándékozott ellátni a későbbiekben felderítőrepülő-ezreddé felfejlődő 101. felderítőrepülő-századot. Gondolok itt a VSZ hadseregeivel közösen végrehajtandó hadászati-harcászati manőverekre, az egymás területein végrehajtásra kerülő lövészeti és bombavetési feladatokkal egybekötött hadműveleti harcászati gyakorlatokra. A mezőkövesdi diszlokáció megmutatta a parancsnoknak, mely területeken kell még a század állományának fejlődnie, a vezetői állomány pontosítani tudta a szükséges anyagigényléseit a logisztikai szolgálatok felé, mivel volt olyan terület, ahol a szabályzat szerint előírt anyagmennyiség nem esett egybe a szükséglettel, a felhasználttal. Ilyen esetekben igényelni, illetve javaslatot kellett tenni a módosításra.

A mezőkövesdi hadműveleti repülőtérré történt áttelepülésünk a sok hasznos tapasztalat mellett két kellemetlen és súlyos repülőfegyelméletlenségből adódó repülési szabálysértéssel is „gazdagította” a felderítőrepülő-század állományát. Sajnálattal kell mondanom, mindkettő repülőgép-vezetői hiba volt.

Az első ilyen esetünk – amelyik jobban megérthető azon repülőgép-vezetők számára, akik már hajtottak végre lövészeti vagy bombavetési

⁴⁸ Kiképzettség – Katonai terminológiai értelmező szótár, HM Zrínyi Nonprofit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013 – Komplex kiképzési folyamat eredménye, a katonai szervezeti hierarchia egy konkrét beosztásához rendelt ismeretkörben vagy szakterületen tanulással, gyakorlással – a képzési folyamatban intézményesen – megszerzett felkészültség, alkalmazóképes tudás, amelyet rendszerint valamilyen módon dokumentálnak is. (Tágabb értelemben több szakterület ismeretanyagának elsajátítását és alkalmazóképességét is jelenti. Jelen esetben egy több szakterületről összeállított kiképzési programot, az FHSZ – 81 anyagának az elsajátítását. K.I.)

feladatot – a Szu-22-es repülőgéppel 1985.07.12-én Nádudvar éleslövészeti lőtérén egy, a repülőgép repülési korlátozásait túllépő túlterhelés létrehozása éleslövészeti feladat végrehajtása utáni zuhanásból történő felvétel közben, azaz egy „túlhúzás” volt.

A Nádudvar éleslövészeti lőtér célvázlata⁴⁹



4. számú kép. A lőtérén a szovjetek által felfestéssel kialakított repülőlőtér célrajza. A cél-ábrán minden cél saját számmal bírt. A rajzon a magyarok által használt célcsoport – a 101-es – a piros karikával megjelölt. Alatta zöld karikában a lőtéri repülésvezetői torony. A fénykép Vándor Károly fotóarchívumából való, amely az ő engedélyével került felhasználásra

⁴⁹ Nádudvar éleslövészeti lőtér célvázlata – Vándor Károly: „Légiőrő társbérletben I.”, VPP Kiadó, Dunakeszi 2009. Települési helyek fejezet, 185. oldal;

Az egyik repülőgép-vezetők, az állománytábla szerinti első felderítő raj beosztott repülőgép-vezetője, az FHT-81 34-es feladat⁵⁰ harmadik gyakorlatra történő ellenőrző repülése közben 1985. 07.12-én, az önálló feladatának végrehajtása előtt Nádudvar éleslövészeti lőtéren túllépte a maximális üzemeltetési túlterhelési korlátozást, és $n_y=11$ -es⁵¹ túlterhelést sikerült létrehoznia a zuhanásból történő felvétel közben. Erre a Csapatrepülő parancsnok megbízott helyettese már a repülési szabálysértést követő napon parancsban⁵² reagált, kijelölte a repülési esemény kivizsgálására a vizsgáló bizottságot. Az eseményt a repülőgép-vezető viszonylag lassú reakciójából eredő tevékenység eredményezte. Az esemény bekövetkezésében az oktató repülőgép-vezető (a 101. felderítő repülő-század légilövész szolgálatának főnöke) által kiváltott, a már megindult zuhanásból történő felvételi tevékenységére az ellenőrzött (oktatott) repülőgép-vezető erőteljes felvételi „belehú-zása” még rásegített, és így „sikerült” a maximális megengedett érték fölötti túlterhelést létrehozni a két repülőgép-vezetőnek. Ennek eredményeként a repülőgép javíthatóan sérült. Ez egyértelműen repülés-technikai hiba volt.

A másik esemény mindenféleképpen komolyabb és egyben ijesztőbb, akár repülési katasztrófa is lehetett volna, ugyancsak repülőgép-vezetői repülési fegyelemsértés miatt. Sajnos, ezt a repülési eseményt is kénytelen vagyok megemlíteni, mert ennek a végeredményeképpen a második raj rajparancsnokát fenyegetésként rendfokozatában visszavetették, és egy időre letiltották a repülések végrehajtásáról. Történt mindez a hazatelepülés végrehajtásakor. Mielőtt a géppár a „hazavezető” irányra állt volna, besoroltak a pont fölé, a géppárparancsnok önkényesen süllyedést kezdeményezett a kiszolgáló zóna fölé, és ott „földközeli” magasságra süllyedt (5-10 méterre), majd a repülőgép felvételét, az emelkedésbe történő átvitelét késve kezdte meg, és a repülőgép a repülőtér szélét szegélyző nyárfasornak ütközött. Taszáron a leszállás után több tíz sérülést fedeztek fel a repülőgépen.

A mezőkövesdi településünk végső mozzanata, az „anyarepülő-térre” történő visszatelepülés vagy hazatelepülés volt, ezt már az egész század állománya türelmetlenül várta. Ez volt a nagytávolságú

⁵⁰ FHT-81 34-es gyakorlat – ellenőrző repülés Szu-22UM3-mal gépágyú és nem irányított rakétalövészetek végrehajtására.

⁵¹ n_y – a túlterhelés jele.

⁵² HL-KI. MN CSRP 1980-1990. 2692d. 3897őe. – A Magyar Néphadsereg Csapatrepülő Parancsnok 089/1985. számú parancsa kivizsgáló bizottság kijelölésére.

diszlokációs manőver befejező része. A felderítőrepülő-század parancsnoki teendőit ekkor Vígh Miklós őrnagy, a 101. felderítőrepülő-század parancsnokának általános helyettese látta el. A visszatelepülési terv kidolgozását, annak végrehajtását a század vezetése ugyanolyan precizitással végezte, ahogyan a kitelepülés végrehajtását.

A 101. felderítőrepülő-század megbízott parancsnoka 1985. augusztus. 09-én parancsban⁵³ intézkedett a Taszár repülőterre történő visszatelepülésről, amelyben elrendelte a visszatelepülés végrehajtását. A visszatelepülés időpontját 1985. augusztus 12-ben határozta meg.

Az An-26-os szállító repülőgéppel utazó első légilépcső parancsnokául Deutsch Károly őrnagyot, az üzembentartó szolgálat főnökét jelölte ki a megbízott századparancsnok, akivel együtt három tiszt, egy zászlós, négy tiszthelyettes, két fő polgári alkalmazott és 12 fő sorállományú katona utazott - ez az áttelepülő vagy hazatelepülő lépcső volt egyúttal a hazatelepülők fogadócsoportja is. Ez a légilépcső 09:00-kor szállt fel. Az áttelepülés időjárásfelderítésére 10:00-kor szállt fel a parancs szerint a hazatelepülési útvonalat ellenőrizve Szu-22UM3 típusú géppel Lőrincz István őrnagy és Ovcsinyikov százados, majd 11:30-tól folyamatosan 7 darab Szu-22M3 és 1 darab Szu - 22UM3 típusú repülőgéppel 9 fő repülőgép-vezető szállt fel nappal, egyszerű időjárási viszonyok között (EIV) géppárkötelékben (bonyolult időjárási viszonyok között egyenkénti feladatvégrehajtással végezték volna a hazatelepülést).

A második légilépcsőben 12:30-kor egy darab An-26-os szállító repülőgéppel visszatelepült 8 fő tiszt, 11 fő tiszthelyettes, két fő sorállományú katona, különböző technikai eszközökkel és okmányokkal.

A harmadik légilépcsőben egy darab An-26-os szállító repülőgéppel 15:00-ás felszállási idővel 7 fő tiszt, egy fő zászlós, négy tiszthelyettes, két fő polgári alkalmazott, öt fő sorállományú katona, valamint a szovjet garanciális csoportból kijelölt öt fő települt vissza.

A földilépcsőben a század gépjármű és technikai eszközeinek visszatelepítését vasúti szállítással rendelte el a parancsnok, mely szállítmány parancsnokául Kunfalvi László századost jelölte ki, aki felelős

⁵³ HL-KI. MN CSRP 1980-1989. BL 480/11/1.sz. csomag, 50/01/78. sorszám - A Magyar Néphadsereg 101. felderítőrepülő-század parancsnokának 078/1985. számú parancsa a század erői és eszközei Taszár repülőterre történő visszatelepítésének végrehajtására. A parancsot a megbízott századparancsnok, Vígh Miklós őrnagy írta alá 1985. 08.09-én.

volt a berakodástól a kirakodásig a munkafolyamatok rendjének biztosításáért, a menet végrehajtása alatt a személyi állomány fegyelméért, az ügyeleti szolgálatok felkészítéséért és a kötelmek szerinti szolgálatok ellátásáért. Kijelölte a szállítmány parancsnokhelyettesét, politikai helyettesét, az egészségügyi ellátásért felelős orvost.

A visszamaradó elhelyezési anyagok, technikai eszközök elszállítására, az elhelyezési körletek helységeleltáron történő átadására felszámoló csoportot jelölt ki. A felszámoló csoport parancsnokául Boncz József főtörzsőrmestert, század szolgálatvezetőt jelölte ki. A felszámoló csoport, miután a 91. RTG elhelyezési szolgálatnak átadta az áttelepült állománytól levett, az élet- és munkakörülményeihez szükséges létesítményeket, 1985. augusztus 14-én 06:00-kor három darab gépjárművel, egy fő zászlóssal, négy fő tiszthelyettessel és 10 fő sorkatonával útba indult közúton Taszárra.

Ezt a visszatelepülési tervet a törzsnek 1985. augusztus 10-ig kellett a parancsnok elé terjesztenie jóváhagyásra, melyet a törzs pontosan határidőre végre is hajtott. Minden szakágvezető tudta, ismerte a teendőit a saját szakterületén.

Azonban a hazatelepülés közelsége és az, hogy a feladatainkat eddig kiválóan hajtottuk végre, szinte az emberek tudata alatt is lazította a fegyelmet, az alaposágot. Azt mondják, az elégedett emberek hajlamosabbak az elbizakodottságra. Talán ennek tudható be az első raj parancsnokának a repülési fegyvelemsértése.

A 101. felderítőrepülő-század a mezőkövesdi nagytávolságú diszlokációs feladatát 1985. augusztus 12-vel bezárólag végrehajtotta. A hazatelepülés szépségét csak ez az egy különösen súlyos repülőesemény árnyékolta be.

Összegzés

A cikk egy bonyolult századgyakorlat előkészítését és végrehajtását szándékozott bemutatni. Az eredeti feladat mindössze egy, földi célok elleni éleslövészet volt. Ezt azonban nem a saját repülőtérről kellett végrehajtani, hanem a lőtér közelében lévő hadműveleti repülőtérről.

Ebben az időszakban a honvédség komoly pénzügyi nehézségekkel küzdött, így minden feladatot költséghatékony módon kellett megoldani. Jelen esetben Taszárról a lőtér távolsága mintegy 270 km-re

volt, amit minden egyes lövészeti feladathoz oda-vissza le kellett volna repülni. Mezőkövesd repülőtértől a lőtér csak 55 km-re volt. Így született az a döntés, hogy települjön át a század a lőtér közelében lévő hadműveleti repülőtérre és onnan hajtsa végre a lövészeti feladatokat. Ez így egy komplex feladattá vált, amely költséghatékonyabb megoldás is volt egyben.

Ehhez át kellett telepíteni a repülőgépeken és személyzetén kívül mindazokat az eszközöket, szakszolgálatokat, amelyek a lövészet végrehajtásához szükségesek voltak. Miután az áttelepülés hadműveleti repülőtérre történt, ahol az állomány és az eszközök elhelyezési feltételei csak korlátozottan álltak rendelkezésre, ezeket a kérdéseket is kezelni kellett. Továbbá fel kellett készülni az esetlegesen előforduló meghibásodások javítására is. Tulajdonképpen egy komplex harc feladat végrehajtásáról volt szó. Ezt a század sikerrel végrehajtotta, ezzel bizonyítva, hogy kiképzettségének, felkészültségének egy magasabb szintjére lépett.

Nem hallgatja el a cikk a feladat végrehajtása során (a hazatelepülés alkalmával) bekövetkezett eseményeket sem, elemzi azok feltehető okait és rámutat annak lelki vonatkozásaira is.

A szerző azoknak szánja a cikket, akik hasonló jellegű feladatok végrehajtása előtt állnak. Rámutat, hogy még a profi módon előkészített művelet végrehajtása során is előfordulhatnak előre nem látott hibák, amelyek elkerülhetők lettek volna.

Felhasznált irodalom:

- Vándor Károly: Légierő társbérletben I. Dunakeszi, 2017. VPP kiadó;
- Utasítás a repülés végrehajtására URV-71, Bp. 1973. HM kiadás;
- Felderítőrepülők Harckiképzési Tervezete-1981 – FHT-81 – Bp. 1984. HM kiadás;
- Vadászbombázók Harckiképzési Terve-1981 – VBHT-81 – Bp. 1984. HM kiadás;
- Katonai Terminológiai Értelmező Szótár – KÉSZ, HM Zrínyi Non-profit Kft-Zrínyi Kiadó, Bp, 2013;
- HL-KI MN CSRP 1980-1989, 2689 (doboz) d. 3891 (őrzési egység) őe. A Csapatrepülő Parancsnok intézkedése az 1985. évi kiképzési feladatok végrehajtására;

- HL-KI MN CSRP 1980-1989, 2692 d. 3897 őe. – a Magyar Néphadsereg Csapatrepülő Parancsnokának 060/1985. számú intézkedése a 101. felderítőrepülő-század áttelepítésének és Mezőkövesd repülőtéren történő tevékenységének mindenoldalú biztosítására;
- HL-KI. MN CSRP 1980-1989. BL. 50/01/74, 480/11/1.számú csomag – A Magyar Néphadsereg 101. felderítőrepülő-század parancsnokának 074/1985.számú parancsa a század erői és eszközei Mezőkövesd repülőtérré történő áttelepítésének végrehajtására.
- HL-KI. MN CSRP-1980-1989, 480/11/1. számú csomag, BI50/01/76. – A Magyar Néphadsereg 101. felderítőrepülő-század parancsnokának 076/1985. számú parancsa a lőtéri repülésvezetés engedélyezéséről;
- HL-KI. MN CSRP 1980-1989, 480/11/1. számú csomag, BL 50/01/4. – A Magyar Néphadsereg 101. felderítőrepülő-század parancsnokának 04//1985. számú intézkedése az oktatói és kötelékparancsnoki kiképzés végrehajtására;
- HL-KI. MN CSRP 1980-1990. 2692d. 3897őe. – A Magyar Néphadsereg Csapatrepülő Parancsnok 089/1985. számú parancsa kivizsgáló bizottság kijelölésére.
- HL-KI. MN CSRP 1980-1989. BL 480/11/1.sz. csomag, 50/01/78. sorszám- A Magyar Néphadsereg 101. felderítőrepülő-század parancsnokának 078/1985. számú parancsa a század erői és eszközei Taszár repülőtérré történő visszatelepítésének végrehajtására.
- HL-KI. MN CSRP 1980-1989. 480/11/1számú csomag, 50/01/88. számú üggyirat – A Magyar Néphadsereg 101.felderítőrepülő-század parancsnokának 088/1985. számú intézkedése Pápa repülőtér berepüléséről.

Turcsányi Károly¹ – Tóth Dominik²

A HUSZITA HARCISZEKEREK HARCISZEKEREK TULAJDONSAIGAINAK ÉRTELMEZÉSE, A HUSZITA HARCISZEKEREK MOBILITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

INTERPRETATION OF THE COMBAT CHARACTERISTICS OF THE HUSSITE WAR WAGONS, ANALYSIS OF THE MOBILITY OF THE WAGON FORTRESS

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-221](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-221)

Kivonat:

Európa harcterein az ókor óta szokás volt a hadseregek táborhelyeit szekerekkel körülvenni. A 15. századra ez a szokás megmaradt, ám a huszita felkelők harci szekereik segítségével sokkal jobban ki tudták használni az így felállított szekérvárak védelmi képességeit. Az alábbiakban ezt a harci járművet, illetve a szekérvárat és feltételezett képességeit tesszük elemzés tárgyává.

Kulcsszavak: huszita harci szekér, szekérvár, hadtörténet

Abstract:

On the battlefields of Europe, it has been customary to surround the military camps with wagons or chariots since ancient times. This custom remained until the 15th century, as well, but the Hussite rebels were able to make much better use of the defensive capabilities of the wagon fortresses, with the help of their new invention: the war wagons. In the following, we analyze this combat vehicle, as well as the wagon fortress and its assumed capabilities.

Keywords: Hussite war wagon, wagon fortress, military history

¹ PROF. DR. TURCSÁNYI KÁROLY, az MTA doktora (hadtudomány), NKE HHK, KMDI, professor emeritus, turcsanyi.karoly@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0002-0161-6718

² TÓTH DOMINIK, NKE HHK, KMDI, doktorjelölt, HM HIM Hadtörténeti Kutató Osztály, kutató, toth.dominik@mail.militaria.hu ORCID: 0000-0002-5593-5730

Bevezetés

A 15. századi Európa harcterein a szekérvár alkalmazása régóta nem számított újdonságnak. Ókori és középkori szerzők egyaránt megemlékeztek a germánok, illetve a népvándorlás kori népek (például a hunok, avarok stb.) azon szokásáról, hogy éjszakai táborverés alkalmával bevett gyakorlatnak számított a magukkal vitt járművek körbeállítása védművek gyanánt. Az eljárás alkalmazása a 13-14. századi Európában is rendszeresen megtörtént, mint például Certomondonál (1289) vagy Crécy-nél (1346) (Toman, 1898, 7–8 o.; Tóth, 1916, 275-276. o.; Kudrnáč, 1973, 126 o.). A 15. századi Cseh Királyság huszita felkelői is alkalmazták a szekérvárakat, azonban a fent ismertetettekhez képest merőben eltérő módon. Jobban ki tudták használni a szekérfalak védelmi képességeit, amely nem másnak volt köszönhető, mint a „harci szekereknek” és a rajtuk lévő távolra ható, illetve tűzfegyverek alkalmazásának.

Jelen cikkben ezt a harci járművet, illetve a szekérvárt és feltételezett képességeit fogjuk vizsgálni.

A vizsgálat módszertani kérdései

A mai kor emberének már nehéz elképzelnie, milyen körülmények között, milyen eszközökkel és milyen módon folyt a fegyveres küzdelem bő fél évezreddel (mintegy 6 évszázaddal) ezelőtt. Pontosabban igen erős képzelőerőre van szükség, miután az írásos források száma meglehetősen kevés, a hasonlóan szűkös képi ábrázolás pedig mélyreható következtetések levonását kevésbé teszi lehetővé. Mindössze két évszázaddal később, az elöltöltő fegyverek korának kezdetétől már bőséges adatforrások álltak rendelkezésre a hadtudományi kutatásokhoz (Turcsányi et al., 2015, 414 o.).

A középkor vége felé a harci képességek, azon belül a mobilitás értelmezése még egyedi közelítést igényelt. Az viszont kortól függetlenül igaz, hogy a harc megvívásában két tényező alapvető szerepet játszott és játszik ma is: a pusztító (sérülést, megsemmisítést okozó) és a védelmi képesség. Ez a két tényező állt akkor és áll ma is szemben egymással, csupán mások a körülmények, valamint a harc megvívásának eszközei és módjai.

Van egy harmadik tényező is, a mobilitás, vagy katonai kifejezéssel élve, a mozgékonyosság. Ez is értelmezhető teljes általánossággal, azaz minden történelmi időre értelmezhetően. A mozgékonyosság a katonai erők és eszközök képessége a gyors hely- és helyzetváltoztatáshoz a fegyveres küzdelem kezdetéig és a harctevékenységek idején. A meghatározásunk ugyan inkább filozófiai, mint hadtudományi lexikális, de lehetővé teszi az általunk vizsgált időben a kor egyik meghatározó haditechnikai eszközének a képességvizsgálatát.

Tanulmányunkban arra kívánunk rámutatni, hogy a huszita harci szekerek és az ezekből felépített szekérvár milyen képességei tették lehetővé sikeres alkalmazásukat a 15-16. században, területi korlátokra tekintettel mindössze az utóbbi tényező, a mozgékonyosság tekintetében.

Mi nevezhető harci szekérnek?

A szakirodalom harci szekérnek/kocsinak nevez az ókorban és a középkorban minden kettő-négykerekű lóvontatású járművet, amelyeket a harc megvívása során használtak. Középkori viszonylatban úgyszintén ideértik a szakírók a szállítójárműveket és a tényleges harci járműveket is (Toman, 1898, 421 o.; Durdík, 1954.; 91., 117. o.). Jelen cikkben a középkor (és a husziták) viszonylatában a harci szekér kifejezést olyan kis űrméretű tűzfegyverekkel felszerelt szekérré fogjuk vonatkoztatni, amelyet vagy egy szekértábor részeként védelmi célokra, vagy pedig a harctéren tűzfedezet biztosítása céljából használt az alkalmazó hadsereg.

A huszita harci szekér felépítése és felszerelése

Egyetlen huszita harci szekér sem vizsgálható *in situ* állapotban, így a közvetlen vizsgálat nem lehetséges. Egykori szöveges és képi források alapján azonban következtetni lehet a jármű szerkezeti felépítésére. Utóbbi kapcsán máig Hugo Toman 19. sz. végi cseh történész véleménye a meghatározó, miszerint: 1.) saját korának szekereitől a 15. századbéliek nem különböztek lényegesen (Toman, 1898, 196. o.) 2.), a harci szekér „...felépítését tekintve alapvetően nem különbözött a hagyományos teherszállításra használt szekerektől.” (Toman, 1898, 198. o.).

A fenti állítás korábban már igazolódott (Tóth, 2021, 58–60. o.; Tóth 2022, 48–55. o.), illetve további vizsgálatok során az is bebizonyosodott, hogy lényegi különbség a szekerek strukturális kialakításában a 15-16. században Magyarországon használt járművekhez képest sem volt.

A harci szekér felépítéséről a következők állapíthatók meg: az alapjármű egy ún. mázsaszekérhez³ (1-2. kép) nagyon hasonló, szekérrúd nélkül körülbelül 3 m hosszú, 2 m széles és 2 m magas kéttengelyes négykerekű vasalt jármű, amelyet 2-4, egymás mögé párosával befogott igásló húzott. A rudat is beleszámolva a teljes hosszúság a 8 m-t is meghaladhatta (a befogott lovak számától függően).⁴ Mint minden szekér, úgy ez is egy szekéraljból, illetve egy leválasztható felső részből, az ún. derékből állt.



1-2. számú kép. 15. századi mázsaszekér rekonstrukciója, Visegrád várudvar (a szerző saját felvétele)

Amitől az alapjármű tényleges harci szekérré vált, az a (15-20 főből álló) legénység védelmének növelésére szolgáló, lőrészekkel ellátott palánk, illetve a kézfegyverek megtámasztását segítő villák, amelyeket bármelyik szekérololdalra fel lehetett szerelni (Čenova, 1952, 52. o.). Ezen kívül idetartozott még a jármű aljára rögzítendő deszka (Toman, 1898, 403. o.; Čenova, 1952, 52. o.; Hájek, 1952, 41–42. o.), amelyet – a nyújtórúd „lejtése” miatt – célszerűbb lehetett a fenékdeszka, alsó részére illeszteni.

³ Mázsaszekér: Először 13. századi vámtarifákban felbukkanó teherszállító jármű (Domanovszky, 1917), amelynek kései leszármazottját még a 20. századi néprajzi gyűjtések idején, „sóhordó szekérként” sikerült azonosítani. (Ortutay, 1982)

⁴ Lásd: előző lábjegyzetet!

A harci szekér felszerelése és fegyverzete az ellenfél rohamát megtörni képes lő-, valamint tűzfegyverekből (ideértve a lőszert, puska-port), továbbá szálfegyverekből, cséphadarókból, akadályok elhárítására alkalmas eszközökből állt (Durdík, 1954, 70–97. o.). Az akadály-elhárítás, illetve a tábor felállításánál és védműveinek kialakításánál szükséges munka elvégzéséhez ezek az eszközök nélkülözhetetlenek voltak. A felszerelés és fegyverzet összömege nem határozható meg pontosan, de a harci szekérré osztott gyalogság és az említett eszközök együttes tömege nem haladhatta meg a jármű hasznos teherbírását, amely 13–16 q-nál nem lehetett több (Szűcs, 1984, 19. o.), sőt, a járműre ráépített elemek miatt valójában még ennél is kevesebb volt.

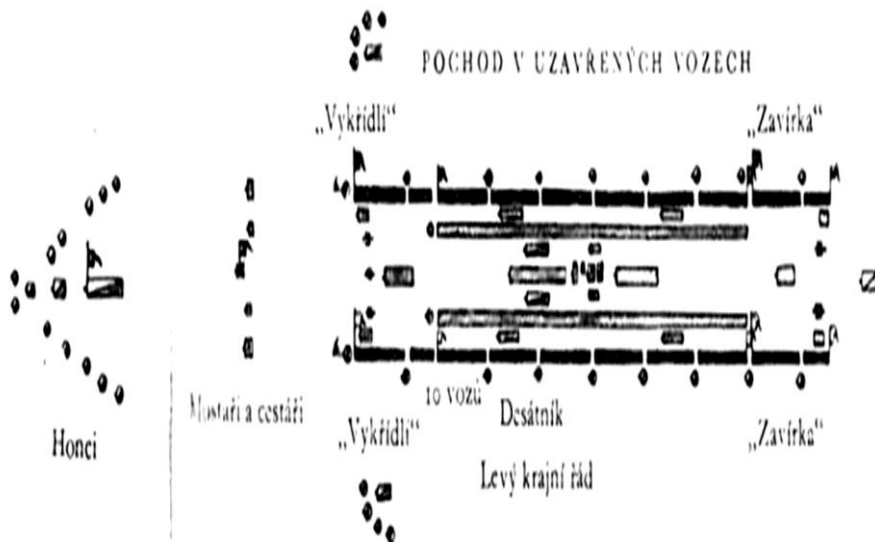
Hangsúlyozandó, hogy a cikkben vizsgált időszakban nem létezett még szabványok alapján történő sorozatgyártás, így a harci szekerek között lehettek kisebb méretbeli, továbbá kivitelezésbeli különbségek (vasalások módja stb.) egyes részletek megépítésénél, de ezek az eltérések nem lehettek jelentősek.

A szekéroszlop

A szekéroszlop lényegében nem más, mint a „menetben lévő szekérvár”, amelynek az összeállítása (szélessége, hossza) a terepadottságokhoz igazodott (Durdík, 1957, 127. o.).

Mozgás közben a sereg, illetve a szekérvár igen sebezhetőnek számított. Az elő-, utó- és oldalvédek feladata volt, hogy az esetlegesen lesből támadó csapatokat feltartóztassa, amíg a szekérvár (wagenburg) felvette négyszög alakú formációját. Éppen ezért hadjáratok alkalmával a sereg általában több részre oszlott, gondosan ügyelve arra, hogy az összeköttetés futárok útján állandó maradjon. Épp csak annyira távolodtak el egymástól, hogy egy hirtelen támadás esetén még elegendő erőt tudjanak a megfelelő helyen koncentrálni (Durdík, 1954, 129–132. o.).

Menetoszlopban mindig egy lovas elővéd haladt az élen. Azt követte általában egy négyes oszlop, a két szélen a hadi, belül pedig a málhás szekerekkel, és ezek között haladt a gyalogság. Az oldalvédekkel is megerősített menetoszlopot egy utóvéd zárta (Durdík, 1954, 126–127. o.).



3. számú ábra. Szekéroszlop mozgás közben, 15. sz. második fele. Feliratok fordításai: lovas elővéd [honci], hídépítők és útjavítók [mostaři a cestáři], oldalvéd („szárnyvéd“) [vykrídli], tizedes [desátník], bal szélső sor [levý krajní řád], utóvéd [zavírka] (Durdík, 1954, 127. o.)

A huszita szekérvár kialakítása

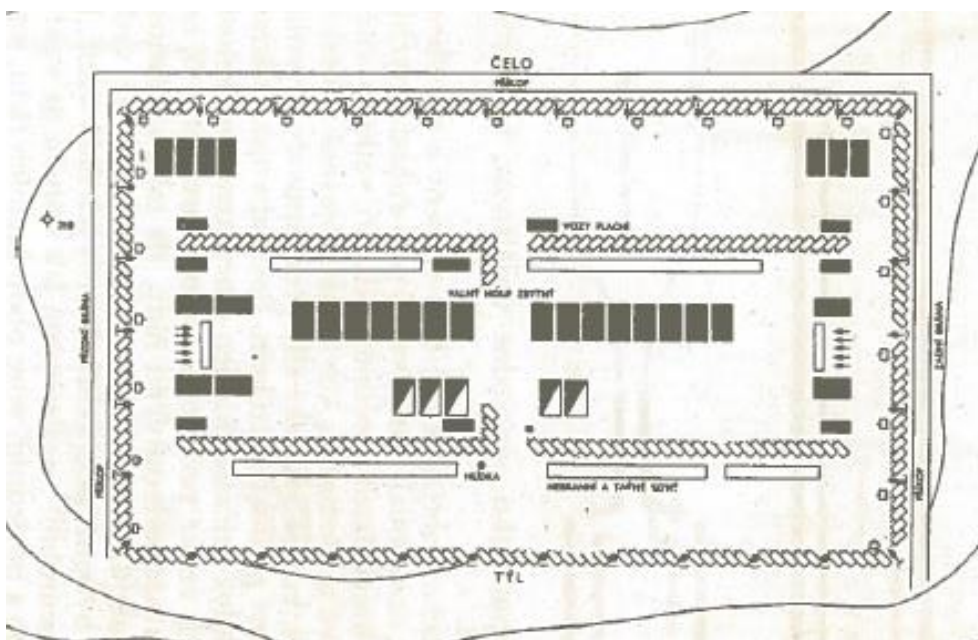
A huszitáknál öltött először specifikus formát a szekérvár kialakításának gyakorlata. Katonai célokra átalakított járművekből állítottak fel szekérvárat: ezek egyrészt a teljes hadsereg részére biztosítottak védelmet, másrészt nem véletlenszerűen, hanem előre átgondolt módon kerültek kialakításra. A felállított védelmi rendszerbe ugyancsak átgondolt módon illesztették bele a kor tűzfegyvereit (Kudrnáč, 1973, 126. o.).

A szekérfal nyújtotta biztonságot tovább növelték a tábor körül árok- és földsáncrendszerből emelt védművek, amelyek kialakítására külön hangsúlyt fektettek a korabeli hadirendtartások, mint például az Albert brandenburgi örgróf által 1475 májusában kiadott szabályzat (Toman, 1898, 446. o.).⁵ A szekerek stabilitása érdekében mindezt igyekeztek

⁵ „Man soll Graben und Bollwerk um die Wagenburg bessern.”

sík terepszakaszon kialakítani⁶ (Kudrnáč, 1973, 127. o.). A rendtartásokban előírt földmunkához, útjavításhoz, illetve erdőirtáshoz szükséges szerszámok (ásók, fejszék, kapák, lapátok) a felszerelés részét képezték.

A katonai táborok kapui a fennmaradt forrásanyag szerint felvonóhíd módjára működtek (Toman, 1898, 443. o.). Ugyancsak eszerint a szakirodalom szerint nappal 100, éjjel 200 fegyveresnek kellett őriznie a kapukat, megint máshol három szekér legénysége (45–60 fő) állt őrt (Kudrnáč, 1973, 131. o.).



4. számú ábra. A huszita szekérvár alaprajza a szekerek elhelyezkedésével (Durdík, 1954, 133. o.)

A tábor kialakításakor az egyik legfontosabb szempont a jó védettség volt, valamint, hogy illeszkedjen a terepadottságokhoz. A helyszín kiválasztásánál a mindenkor legfontosabb szempont az elegendő mennyiségű víz biztosítása volt; ez a husziták esetében nem csak az

⁶ Ilyen jellegű sáncrendszer kialakítására került sor például Érsekújvár térségében a Nyitra folyó és a Torma-patak közti tábornál (Durdík, 1954, 133 o.), így védekeztek Jiří z Poděbrad (magyarosan Podjebrad György, ur.: 1458–1471) cseh király fia Viktorin csapatai Trebičnél Mátyás király csapatai ellen 1468-ban, (Frankenberger, 1960, 82. o.) illetve Mátyás csapatai is használták ezt a módszert 1474 őszén Boroszlónál a nyolsszoros túlerőben lévő cseh–lengyel haderővel szemben (Frankenberger, 1960, 127. o.)

emberek, de a lovak itatásához is elengedhetetlennek bizonyult, még akkor is, ha csak pár napra maradtak (Kudrnáč, 1973, 129. o.) A szekerek felállításánál Kudrnáč Eduard Wagner nyomán elfogadta a „kolo na kolo” [továbbiakban: „kereket a kerékre”] felállítási eljárást, amely azt a rögzítési módot takarta, amikor a jármű jobb hátsó kerekéhez kötötték a mögötte lévő szekér bal első kerekét. Ennek az eljárásnak az volt az előnye, hogy az egyes szekerek legénysége jobban tudta kölcsönösen fedezni egymást (Kudrnáč, 1973, 131. o.).

Huszita harci szekerekből álló menetoszlop mobilitásának (mozgékonyságának) vizsgálata

A mozgékonyság közelítő megállapításához alaposabban megvizsgálunk két olyan hadjáratot, amelyek kellően jól dokumentáltak ahhoz, hogy egy harci szekerekből álló oszlop egy nap alatt megtett távolságára következtetni lehessen.

Menetsebesség

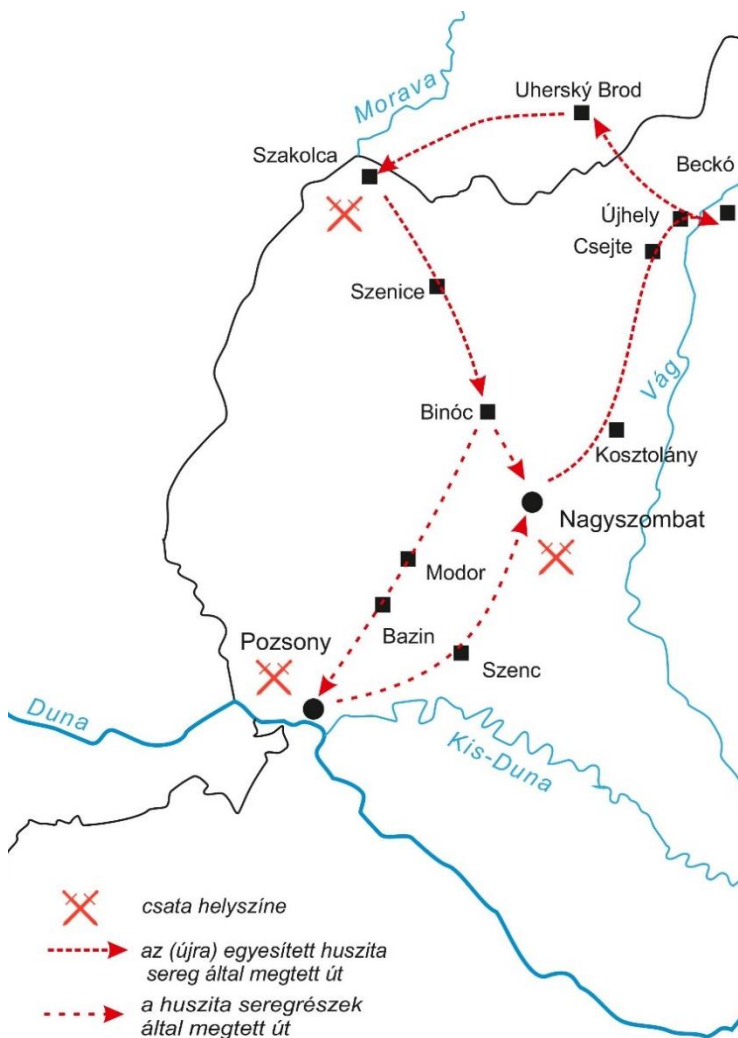
Carl von Clausewitz szerint „Régi tapasztalat mondatja velünk, hogy újabb hadseregeink átlagos napi teljesítménye 3 mérföld [3 német mérföld = 22,5 km]...” (Clausewitz, 2013, 335. o.) John Keegan kissé nagyobb számot ad meg; szerinte a felszerelését cipelő gyalogos katona napi átlag 20 mérföldet [20 angol mérföld = 32 km] képes a saját lábán megtenni (Keegan, 2002, 300. o.). A naponta megtett 20-30 km realitása középkori viszonylatban Tadeusz Grabarczyk lengyel hadtörténész és középkorkutatónál is szerepel, aki konkrét korabeli hadjáratok vizsgálatának eredményeire támaszkodott. A szerző hozzátette, hogy – legalábbis lengyel viszonylatban – ezt több napon át fenntartani nem lehetett. 1410-ben például a grünwaldi hadjárat során a lengyel–litván csapatokból álló sereg július 3-án indult el Czerwinből. Öt napon át napi 20 km-t tettek meg, majd tartottak két nap szünetet (Grabarczyk, 2018, 54. o.).

Kérdéses, hogy a clausewitzi 22 vagy a keegani 32 km/nap teljesítmény érvényes lehetett-e a cikk által vizsgált időszakban, mint ahogyan az is, hogy kellő pontossággal meghatározható-e a szekéroszlop által egy nap alatt megtett távolság. Mivel szakutasítások mellett csapatpróba-dokumentációknak megfeleltethető dokumentumok sem születtek a vizsgált időszakban, a szekéroszlop napi átlagos „menettelje-

sítményének” meghatározása sokkal inkább lehetségesnek tűnik Grabarczyk, mint Clausewitz vagy Keegan lényegesen későbbi időszakra vonatkozó módszerével.

A következőkben két hadjáratot fogunk röviden bemutatni, ahol a támadó fél (mindkét esetben husziták) eljárásának részletesebb ismeretéből - észszerű megfontolások mellett - következtetni lehet egy székeszlop napi menetteljesítményére.

Felső-Magyarország, huszita villámhadjárat, 1428



5. számú ábra. A Holy Prokop csapatai által 1428-ban az akkori Északkelet–Magyarországon megtett út

Az 1420-as évek második felére a huszita hadvezérek, mint pl. Holy Prokop megpróbálták legalább ideiglenesen áthelyezni a hadszínteret a szomszédos államok területére. Ezen elgondolás eredményezte Magyarországon az 1428-ban végrehajtott villámhadjáratot is. A támadók végigpusztították az útjukba eső területet, majd egy hónappal később komolyabb ellenállás nélkül távoztak.

Holy Prokop vezetése alatt három huszita frakció hadereje gyülekezett Magyarbródnál [ma: Uherský Brod, Csehország] 1428. január végén. Február elején körülzárták, majd bevették Szakolcát. Február 10-én indultak tovább, és két nappal később már Szenice [ma: Senica, Szlovákia] alatt álltak. Ezután a Szenice–Nagyszombat úton átkeltek a Kis-Kárpátokon, és Binócnál [ma: Bítovce, Szlovákia] szétválva az egyik csapat Nagyszombat irányába indult, a másik a Modor–Bazin [ma: Pezinok, Szlovákia] úton Pozsonynak (Tóth-Szabó, 1917, 90. o.). Az utóbbi várost támadó csapat 18-án már a falak alatt állt (Lysý, 2007, 415. o.). A város elfoglalása nem sikerült, de felégették a külvárost, hogy azután Szencen keresztül ez a csapat is Nagyszombat alá vonuljon. Ezután a Kosztolány–Csejte–Újhely [ma: Nagykosztolány/Velké Kostolany, Čachtice, Vágújhely/Nové Mesto nad Váhom, Szlovákia] vonalon Beckóig [ma: Beckov] törtek előre, és február végén Újhely felé hagyták el az országot (egy másik korabeli levél szerint 27-én már túl voltak a határon (Tóth-Szabó, 1917, 91. o.).

A menetteljesítménnyel kapcsolatban a Pozsonyt támadó csapat három szakaszra bontható útját van mód vizsgálni.⁷ Először is tudjuk, hogy a Szakolca és Szenice közötti mintegy 23 km-es távolságot két nap alatt tették meg, amely naponta alig több, mint 10 km-t jelent. Ez magyarázható azzal, hogy széles sávban pusztították el a vidéket, így nem feltétlenül a legrövidebb utat használták. Nem tudjuk, hogy mennyi időt töltöttek Szenice alatt, de ha feltételezzük, hogy 13-án már továbbvonultak, akkor könnyen megállapítható, hogy továbbra sem sikerült: 15 km-től többet nem haladtak naponta. Nincs információnk arról, hogy Pozsony alatt mennyi időt töltöttek, illetve a nagyszombati érkezés után hány napig pihentek. Ha feltételezzük, hogy ezeken a megállókon összesen három napot töltöttek el, akkor az látszik, hogy szűk egy hét alatt (a beckói kitérőt is ideszámítva) 77 km-t tettek meg.

⁷ Kis Iván középkorral foglalkozó történész újabban felvetette, hogy a betörő seregnek „csak” egy része pusztíthatta Pozsonyt, a nagyobbik rész pedig a binóci átkelés után egyenesen Nagyszombat felé vette irányt. Biztosat mondani azonban elegendő forrás hiányában nem lehet (Kis, 2022, 61. o.).

Domažlice, kereszties hadjárat a husziták ellen, 1431



6. számú ábra. A Holy Prokop csapatai által 1431-ben Délnyugat-Csehországban megtett út

1431-ben harmadszor indítottak kereszties hadjáratot a huszita frakciók felszámolására. A vállalkozás rövid életű volt, két héttel az indulás után a felkelők Holy Prokop vezette egyesített hadereje Domažlice [ma: Csehország] mellett szétszórta a támadó sereget.

Az eredeti elképzelés szerint a cseh határt egyidejűleg több seregnek kellett volna átlépnie. A bajorországi Weidennél gyülekezett a legnagyobb, több államalakulat csapataiból összeálló (Březové, 1893, 554. o.) és a nyilvánvalóan túlzó hírek szerint egy 40000 lovasból és 90 000 gyalogosból álló haderő, amely augusztus elsején lépte át a határt Tachovnál (Durdík, 1954) [37:182]. Pár napi sikertelen ostromkísérelt után Kladruby [ma: Csehország], majd Domažlice felé vonultak.

Utóbbi településen a kisszámú huszita helyőrség tartotta magát, időt nyerve Prokopnak, hogy csapataival a helyszínre érkezzen. A felkelők Beroun [ma: Csehország] térségéből indultak a támadók felé augusztus 12-én, és két nappal később, a 14-i csatanap reggelén Chotěšov [ma: Csehország] mellett álltak, majd feszített tempót diktálva Domažlice alá érve azonnal csatához fejlődtek. E teljesítmény hatása (a két települést 36 km választja el egymástól) a támadók morálját oly mértékben ásta alá, hogy szabályos csatára nem is került sor. Egy-egy seregrész azonnal megfutamodott, noha néhányan megkíséreltek ellenállást szervezni, de nem jártak sikerrel. Holott a huszitákat lemásolva nagyszámú tűzfegyver és harci szekér állt rendelkezésükre, a támadók egész egyszerűen szétlőtték a sebtében kialakított védműveket. Holy Prokop győzelme teljes volt: a keresztes haderőt sikerült megsemmisítenie, és ezzel a keresztes hadjárat is véget ért (Durdík, 1954, 183–184. o.).

A huszita csapatok menetteljesítménye több mint figyelemre méltó volt. A Beroun–Chotěšov távolság kb. 85 km, amelyet két nap alatt megtettek, 40 km-nél nagyobb távolságot megtéve az első napon, hogy azután ezt a teljesítményt másnap megismételjék.

A VIZSGÁLATBA BEVONT HADJÁRATOK MEGTETT ÚTVONALÁNAK MENETTELJESÍT-MÉNNYEL KAPCSOLATOS ADATAI

1. számú táblázat

	Haderő összetétele	Megtett távolság			Átlagos menetteljesítmény		
		1. sz.	2. sz.	3. sz.	1. sz.	2. sz.	3. sz.
Holy Prokop (1428)	zömében szekereken szállított gyalogság	1. sz.	2. sz.	3. sz.	1. sz.	2. sz.	3. sz.
		23 km	77 km	77 km	≈12 km/nap	13 km/nap	15 km/nap
Holy Prokop (1431)	zömében szekereken szállított gyalogság	1. sz.	2. sz.	1. sz.		2. sz.	
		85 km	36 km	≈43 km/nap		36 km/nap	
Hunyadi János (1444)	lovasság + szekereken szállított gyalogság	1. sz.	2. sz.	1. sz.		2. sz.	
		220 km	320 km	11 km/nap		20 km/nap	
Hunyadi János (1448)	lovasság + szekereken szállított gyalogság	280 km			8 km/nap		

Az 1. táblázatban négy korabeli hadjárat menetteljesítményre vonatkozó adatait összesítettük. Vizsgáltuk a haderő összetételét, útvonalszakaszonként a megtett távolságot, és számítottuk az átlagos menetteljesítményt. A táblázatból kiolvasható, hogy az 1428-as, Holy Prokop által Felső-Magyarország területére vezetett huszita betörés alatt a döntő többségében (harci) szekereken szállított gyalogságból álló támadó csapatok, végig ellenséges területen haladva ≈ 13 km-t tettek meg naponta. Három évvel később, 1431-ben Prokop a Cseh Királyság déli határaihoz történő felvonulása során, hasonló összetételű haderővel, – hazai területen mozogva – még ennél is nagyobb távolságot, ≈ 40 km-t tett meg egy nap alatt.

Összehasonlítás céljából, feltüntettük két másik hadsereg csapatainak menetteljesítményét is. Hunyadi János kormányzó az 1444-es és 1448-as években is vezetett egy-egy hadjáratot (huszita zsoldosok részvételével) az Oszmán Birodalom ellen, mindkét alkalommal szekereken szállítva a gyalogság egy részét. Az ellenséges területen végrehajtott felvonulás napi menetteljesítménye 1444-ben ≈ 16 km, négy évvel később pedig 8 km volt naponta (Bánlaky, 1936, 107–109. o.; Jefferson, 1985, 430., 452. o.; Thurocz, 1985, 257. o., Vitéz, 27. levél).

A fent idézett adatok alapján az a következtetés vonható le, miszerint egy döntő többségében gyalogságot szállító (harci) szekerekből álló sereg naponta 13-16 km megtételére képes ellenséges területen is. Összehasonlításképpen: 1396-ban a nikápolyi csatával végződő kereszteshadjárat alatt a zömében lovasságból álló haderő hazai területen átlag napi mintegy ≈ 17 , míg ellenséges területen napi 14 km megtételére volt képes (Bourchier, 1908, 436–437. o.; Thurocz, 1985, 214. o., Thúry, 1893, 367. o.).

Következtetések és összefoglaló megállapítások

Cikkünkben a huszita harci szekerekre, a szekéroszlopra és a szekérvárra vonatkozó általános ismereteket követően a szekéroszlop mobilitásának vizsgálatát tűztük célul. Módszertan tekintetében rámutattunk arra, hogy a 15-16 században a szűkös információforrások miatt közvetlenül adatokat a menetdinamikára nem találunk, így Grabarczyk eljárását elfogadva, esettanulmányok elemzése alapján törekedtünk a mozgékonyásra vonatkozó megközelítő értékeket megállapítani.

Az egykorú források, valamint a vonatkozó szakirodalom alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy a harci szekereken szállított gyalogososzlop menetteljesítménye ellenséges területen (13-16 km) alig maradt el a lovas oszlopé mögött (14-17 km), sőt, hazai terepen, kedvező körülmények között még nagyobb tempóra is képes lehetett, lásd: ≈40 km egy nap alatt 1431-ben. Ez eléggé megalapozott következtetés a menetteljesítményekre, azaz a mozgékony hadműveleti összetevőjére. A korra vonatkozóan a további harci tulajdonságok (tűzerő, védettség) elemzése még nagyobb bizonytalansággal lehetséges.

Felhasznált irodalom

- Bánlaky József (1936): A magyar nemzet hadtörténelme X. rész. A Hunyadiak kora I., Grill Károly könyvkiadó vállalata, Budapest, 307 o.
- Bourchier, John (1908): *Chronicles of Froissart*, Macmillan and Co., London, 484 o.
- Březové, Vavřínek (1893): Píseň o vítězství u Domažlic, in: Emler, Josef (Poř.): *Fontes Rerum Bohemiarum V.*, Spolek Historický, Praha, 543–563. o.
- Čenova, Václav „Vlček” (1952): Naučení o šikování jízdních, pěší i vozů, in: Svejkský, František (Edit.): *Staročeské vojenské řády*, Orbis Praha, Praha, 43–53. o.
- Clausewitz, Carl (2013): *A háborúról*, Zrínyi Kiadó, Budapest, 706 o.
- Domanovszky Sándor (1917): Mázsaszekér, in: Szentpétery Imre (Szerk.): *Emlékkönyv Fejérpataky László életének hatvanadik évfordulója ünnepére*, Franklin-társulat nyomdája, Budapest, 37–74. o.
- Durdík, Jan (1954): *Husitské vojenství*, Naše Vojsko, Praha, 242 o.
- Frankenberger, Otakar (1960): *Husitské válečnictví po Lipanech*. Naše Vojsko, Praha, 197 o.
- Grabarczyk, Tadeusz (2018): Funkcje obozu armii jagiellońskiej w XV wieku, *Acta Universitatis Lodzensis, Folia Historica* 101, 53–68. o.
- Hájek, Jan (1952): *Vojenské zřízení*, in: Svejkský, František (Edit.): *Staročeské vojenské řády*. Orbis Praha, Praha, 36–42. o.
- Jefferson, John (2012): *The Holy Wars of King Wladislas and Sultan Murad: The Ottoman-Christian Conflict from 1438-1444.*, Brill Publishing, Leiden – Boston, 514 o.
- Karácsonyi János (1910): Az első magyar hadijelentés 1437, *Hadtörténelmi közlemények*, 11., 15–23. o.

- Keegan, John: A hadviselés története, Corvina Kiadó, Budapest, 388 o.
- Kis Iván (2022): A huszita betörés a Magyar Királyságba 1428 februárjában, *Belvedere Meridionale*, 34:4, 56–72. o.
- Kudrnáč, Jaroslav (1973): Vojenský tábor z doby husitských válek v Klučově, *Památky Archeologické*, 64:1, 105–142. o.
- Lysý, Miroslav (2007): Husitské vpády do Uhorska v letech 1428–1431, *Historický Časopis*, 55:3, 411–432. o.
- Ortutay Gyula (1982): Magyar Néprajzi Lexikon IV, Akadémiai Kiadó, Budapest, 672 o.
- Szabó József (1995): *Hadtudományi Lexikon (I–II.)*, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1584. o.
- Szűcs Jenő (1955): Városok és kézművesség a XV. századi Magyarországon, MTA Történettudományi Intézete, Budapest, 1955, 339 o.
- Thurocz, Iohannes (1985): *Chronica Hungarorum*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 312 o.
- Thúry József (1893): *Török történetírók I.*, MTA, Budapest, 433 o.
- Toman, Hugo (1898): *Husitské válečnictví za doby Žižkovy a Prokopovy*, Královská česká společnost nauk, Praha, 485 o.
- Tóth Zoltán (1916): A huszita eredetű szekérvár, *Hadtörténelmi Közlemények*, 17:1–2, 265–311. o.
- Tóth, Dominik (2021): How the war wagon looked like in the 15th century? Additions to the research connected to the development of a military vehicle, *Belvedere Meridionale*, 33:4, 53–63. o.
- Tóth Dominik (2022): A huszita harci szekerek és alkalmazásuk a Kárpát-medencében (1428–1606), NKE–KMDI, Budapest. 198 o. [PhD értekezés]
- Tóth-Szabó Pál (1917): A cseh-huszita mozgalmak és uralom története Magyarországon, Hornyánszky Viktor cs. és kir. könyvnyomdája, Budapest, 474 o.
- Turcsányi Károly et al. (2015): Haderők és hadviselés az elöltöltő fegyverek korában, HM Hadtörténelmi Intézet és Múzeum, Budapest, 414 o.
- Vitéz János levelei és politikai beszédei. (Ford.: Bellus Ibolya – Boronkai Iván) Online változat: <https://mek.oszk.hu/06200/06214/html/vitezjanos0127.html> (utolsó hozzáférés: 2022.12.16., 15:41).

Farkas Zoltán¹

A ZÁCH UTCÁTÓL A KEREPESI ÚTIG (A logisztikai szakgyűjtemény története)

FROM ZÁCH STREET TO KEREPESI STREET
(History of the logistics special collection)

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2023-1-2-236](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-236)

„A logisztika a harci erő alapja, amelyet úgy lehet leírni, mint egy híd, ami összeköti a nemzet hadra kelt erőit a nemzet gazdaságával.” /NATO idézet/

Absztrakt

A logisztika általában nem látványos dolog, a katonai logisztika különösen nem az, ugyanakkor rendkívül szerteágazó tevékenység. A háttérben, láthatatlanul teszi a dolgát. Nélküle semmi sem működne. Bemutatni, tárgyi emlékeit kiállítani, fejlődéséről számot adni nem egyszerű feladat. Néhány lelkes logisztikai tiszt - vezetőik támogatásával - erre tettek sikeres próbálkozást, amikor létrehozták a Logisztikai szakgyűjteményt. Sikereik ellenére a szakgyűjtemény sorsa viharos volt, jövője ismeretlen. A cikk ezt a viharos utat kívánja bemutatni.

Kulcsszavak: katonai logisztika, logisztikai szakgyűjtemény

Abstract

Logistics is generally not spectacular; military logistics, in particular is not. At the same time, it is an extremely diversified activity. It does its work in the background, invisibly, without it nothing would work. It is not easy to present, display your tangible memories, and give an account of your development. With the support of their managers, a few enthusiastic logistics officers made a successful attempt to do so and created the Logistics Special Collection. Despite their success, the fate of the

¹ Farkas Zoltán ny. alezredes, ORCID: 0000-0002-5680-0822

special collection was turbulent, its future is unknown. This article aims to present this stormy journey.

Keywords: military logistics, logistics special collection

Bevezetés

A különböző gyűjtemények létrehozásának célja, hogy megőrizzék az utókor számára azokat a tárgyakat, eszközöket, amelyek egy-egy korszakot jellemeznek. Jól lehet látni az adott kor fejlettségi szintjét, az ott használt eszközöket.

Különösen érdekesek ezek a dolgok akkor, ha ezek katonai szakterületre vonatkoznak. A katonai szakterület sokrétűsége az általános történelmi ismereteken túl számos olyan új információt tud adni a múzeumi látogatóknak a gyűjtemény megtekintése során, amellyel a polgári életben nem találkozott.

A hadtörténelmi múzeumok gyűjteményei legtöbbször egy-egy adott korszakot vagy eseményt, eseménysort dolgoznak fel időszaki kiállítások során, bemutatva azt a látogatóknak.

A haditechnikai eszközökről számos szakosított és átfogó kiállítás és kutatható dokumentum jelent meg a különböző nemzeteknél (harcokocsik, repülőgépek, tüzérségi eszközök, gyalogsági fegyverek, rakéták, ruházat stb.).

A harcoló csapatok működését, alkalmazását biztosító logisztikai szakterület azonban már kisebb hangsúlyt kapott, hiszen ezzel nem lőnek, nem repülnek, „csupán” a katonák mindennapi ellátását, az eszközök megbízható működését, a szükséges anyagi feltételeket biztosították és biztosítják.

Ezen követelmények teljesítéséhez a kor színvonalának megfelelően kerültek rendszeresítésre azon eszközök, amelyek minden körülmények között hivatottak biztosítani a katonák mindenoldalú ellátását.

A Hadtáp Szakgyűjtemény kialakításához nagyban hozzájárult a Magyar Néphadsereg átalakulása, a Varsói Szerződés megszűnése, a Magyar Honvédség létrejötte, amely feladatrendszerében, struktúrájában a korábbiakhoz képest átalakult. A korábban kialakított csapat-történelmi múzeumokat megszüntették. Ennek következtében nagyon sok

tárgyi eszköz sorsa vált bizonytalaná. Az ezzel kapcsolatban kiadott intézkedések az adott helyőrségek állományának nagyon sok keserűséget okoztak, hiszen a katonaközösségek által létrehozott, kialakított gyűjtemények, az általuk fontosnak és megőrzendőnek ítélt emlékek kerültek hozzáférhetetlenné, illetve veszendőbe.

A szakgyűjtemény születésének előzményei

A logisztikai - akkor még hadtáp - szakterületen dolgozó Katona László mérnök alezredes javaslatot tett előjárói felé, hogy a Hadtáp Főcsoportfőnökség közvetlen alárendeltségébe tartozó és megszűnő csapatmúzeumok anyagát gyűjtsék be és azt központilag kezeljék.

Az MN HF-ség a Honvédelmi Minisztérium része volt; úgy emlékszem, hogy a javaslatot fel is karolták, és a kapcsolódó munkák végzésére nyugdíjasként a hivatkozott és valóban kiváló munkát végző Zimonyi ezredes urat bízták meg.

Az alapok úgymond lerakása az MH Hadtáp Kiképző Központban kezdődött, ahová megkezdték az anyagok begyűjtését. A munkálatok összefogásához sikerült megnyerni Dr. Zimonyi István ezredes urat², aki korábban negyedmagával megírta „A magyar katonai ellátó (HAD-TÁP) szolgálat története (Az őshazától 1949-ig)” című tudományos szakágú hadtörténeti könyvet, amely doktori disszertációjának anyagát képezte. Így azután a gyűjtemény rendszerezése, kialakítása rendkívül jó kezekbe került. A gyűjtemény rendszerezése során kialakult az elgondolás, majd ezt követte az előjárói döntés, hogy ezt az összegyűjtött anyagot egy hadtáp szakgyűjteményi kiállítás keretében be kell mutatni. A kezdeményezést a szolgálatnál dolgozók örömmel vették tudomásul, és nagyon sok katona, valamint polgári dolgozó a kétkezi munkájával, munkaidőn túl is segítette az általuk múzeumnak nevezett kiállítás elkészítését.

A Zách utcai objektumban összeállított gyűjteménynek ez a hely nem volt sem megfelelő, sem elegendő, ezért a parancsnoki vezetés úgy döntött, hogy ennek méltó helyét olyan objektumban kell kialakítani, amely külsőiben, tradícióiban megfelelő környezetet tud nyújtani.

A gyűjtemény méltó elhelyezésére jó helynek kínálkozott az MH Ruházati Ellátó Központ épülete Budapesten, a Daróczi út 5. szám alatt,

² Rövid életrajzát lásd a Mellékletben.

amelyet még az Osztrák – Magyar Monarchiában építettek fel. A műemlék jellegű épületegyüttes kiváló helyt adott a szakanyagok elhelyezésére, a tábori elhelyezés és a mobil eszközök bemutatására. Kialakították az élelmezés, a ruházat, az üzemanyag, a közlekedési, majd az egészségügyi kiállítási szakterületeket.

A hadtápvezetés által létrehozott kiállítás célja az volt - és ez ma is így van -, hogy a történelmi relikviák bemutatásával szemléltesse a magyar katonai ellátást. A szakgyűjtemény ünnepélyes, nyilvánosság előtti megnyitására 1996. december 2-án került sor. A megnyitás december eleji időpontja az „Ellátó Katonák Napja”-hoz kapcsolódott, amely azóta a „Logisztikusok Napja” nevet viseli. A fénykép a későbbi, 2000 utáni állapotot mutatja. A bejáratot a „Katonai ellátás története a honfoglalástól napjainkig szakgyűjtemény” felirat díszítette, ahol kitűzték az MH Összhaderőnemi Logisztikai és Támogató Parancsnokság, az MH „A Hazáért” feliratú lógóval ellátott, a magyar nemzetiszínű és a NATO zászlókat.



1. számú ábra. A Szakgyűjtemény Daróczi úti homlokzata

A Szakgyűjtemény létrehozása

A szakgyűjtemény négy fő részre tagozódott:

- múzeum,
- emlékfal (a magyar ellátó katonák emlékére),
- technikai park,

– kutatószoba.

A **múzeumban** a szakgyűjtemény szakágankénti elhelyezése azok méretétől függően a kiállítási termekben, illetve az ott elhelyezett vitrinekben került bemutatásra. A kiállító helyeken megtekinthetők voltak a fegyverzet, a ruházati felszerelés, a főző- és sütőeszközök, az üzemanyagellátás, a katonai közlekedés és szállítás eszközei, az I. világháborúban alkalmazott orvosi ellátás műszerei, fogorvosi eszközök, a katonák pihentetését szolgáló elhelyezési eszközök, berendezések és egy faszerkezetű ruházati fertőtlenítő kocsi 1916-ból. A fertőtlenítő kocsi a Teudloff-Dittrich Budapesti Armatúra- Szivattyú- és Gépgyár Részvénytársaság Budapest-Kispest gyárában 01. gyártmányzámmal készült.



2. számú ábra. A 1916M tábori fertőtlenítő kocsi

Az „Ellátó katonák emlékére” készült **emlékfal**nál koszorút helyeztek el az „Ellátók napja”, majd a későbbiekben a „Logisztikusok Napja”

alkalmából, valamint esetenként külföldi katonai delegációk látogatósaikor.



3. számú ábra. Emléktábla a Daróczi úti objektum falán

A **technikai park**ban kerültek elhelyezésre a tábori konyhák, sütődék, üzemanyagtechnikai és szállítóeszközök, valamint még sok egyéb berendezés is, melyek a tábori viszonyokban az ellátást szolgálták.



4. számú ábra. Mozgókonyhák



5. számú ábra. A 15M fogatolt tábori sütőkemence

A **kutatószo**ba kialakítása fontos tényezőként jelentkezett, hiszen itt kerültek összegyűjtésre azon dokumentumok, amelyek a hadtápszolgálat szakintézkedéseit, a szakterületek felkészítési-kiképzési dokumentumait, intézkedéseit, kiképzési programjait foglalták magukba. Jelentősége abban állt, hogy itt olyan anyagok kerültek megőrzésre, amelyek központilag nem voltak / irattár, levéltár/ kötelesek, de a szakterület egészének megismerése szempontjából jelentőséggel bírtak.

A gyűjtemény megnyitásának napján felfektetett „Vendégekönyv” hazai és külföldi látogatói bejegyzéseikben csak az elismerés hangján nyilatkoztak a látottakról.

Új helyszín, költözés, átalakítás

A gyűjtemény elhelyezése azonban nem bizonyult véglegesnek. A hadsereg átalakítása (csökkentése), a nehéz gazdasági viszonyok azt eredményezték, hogy a Daróczi úti objektum eladásra került, ezért a logisztikai szakgyűjteménynek is költöznie kellett. A szakgyűjtemény új helyéül az akkori MH Étellemezési Ellátó Központ Budapest, XIII. Lehel utcai objektuma lett kijelölve. A gyűjteményi anyag az I. számú épület földszintjére, a kutatószo

ba az első emeletre került telepítésre.

A hadtápszakgyűjtemény azonban átalakult logisztikai szakgyűjteménnyé, mivel a korábbi MH Hadtápszakgyűjtemény és az MH Főcsoportfőnökség egyesítésével létrejött az

MH Anyagi-Technikai Főcsoportfőnökség. A szakgyűjtemény tehát kibővült a technikai szolgálat anyagával.

Külön-külön termekben kaptak helyet az egyes szakterületek úgy-
mint: az **elhelyezés**, a **műszaki** szaktechnika a **páncélos** technikával,



6. számú ábra. Páncélos-gépjárműtechnika



7. számú ábra. Vasúti viadukt provizórium

a **vegyivédelmi** és a **híradótechnikai** eszközök, amelyek közül külön is érdekes volt a korhű öltözetben lévő Honvéd Folyamerők katonája a kerékpárhoz hasonló áramfejlesztővel működő híradó központtal,



8. számú ábra. Honvéd Folyamerők híradó katonája

a tábori **meteorológiai** eszközök, a **repülőműszaki** technikai makettek és műszerek, hajózó öltözetek, ejtőernyők, vállról indítható **légvédelmi** eszközök.



9. számú ábra. Repülőszakanyag és egyéni felszerelés

A **fegyverzeti** eszközök közül a gyalogsági kézfegyverek, kardok, szuronyok, a kispuskalőszerőtől az ágyú lőszerékig, különböző kaliberű lőszerék hüvelyei, kézigránátok lőporminták kerültek bemutatásra.



10. számú ábra. Fegyverzet-technikai szakanyagok

A **közlekedési** szakterületről láthatók voltak a málhanyergek, közlekedési szaktechnikai berendezések, vasúti kocsik és állomások makettjei. Külön érdekességként őrizi a múzeum az Állami díjas TS uszályhíd makettjét, annak eredeti fényképeit. Megtalálható volt a folyami hajózás motoros vontatója, a teherszállítás uszálya.



11. számú ábra. TS uszályhíd makettje

Az **egészségügyi** szolgálat gyűjteménye különböző orvosi műszereket, sterilizáló berendezéseket, gyógyszeres ládákat és 1915-ből származó lábbal hajtott fogfúró berendezést mutatott a látogatóknak.



12. számú ábra. Egészségügyi berendezések

Az **üzemanyag-szolgálat** bemutatta a tábori üzemanyag bevizsgáló laboratóriumát, üzemanyagfeltöltő kutat, zsírzó- és feltöltőrendszereket, azok tábori viszonyok közötti működésének fényképeit, a különböző nagyteljesítményű hajtóanyag-szivattyúkat.



13. ábra. Hajtóanyag-szivattyúk

Az **élelmezési** szakterület bemutatta a 1915M taligakonyháját, élelmezési felszereléseket, élelmezési szállító- és főzőedényeket, a tábori egység vágatási felszerelését, konzerveket, vízszállító edényeket. Láthatóak voltak a minősített időszakban kiadott egyéni élelmezési csomagok, készítmények. Kiállításra kerültek Farkas Bertalan kutató-úr-hajós részére készített, az Interkozmosz programban használt, kalocsai mintával díszített különböző élelmiszerfélések.



14. számú ábra. A 1915M taligakonyha

A **ruházati** szolgálat a honfoglalástól napjainkig a legjellemzőbb köznapi, ünnepi és hadiöltözeteket, ruházati felszereléseket, ékítményeket, a rendfokozati jelzések különféle változatait mutatta be.



15. számú ábra. Különböző korok katona ruhái

Külön teremben kaptak helyet a **nemzetközi missziókban** szolgálatot teljesítő katonák tevékenységéről készült fényképek, emléktárgyak, illetve a különböző éghajlati viszonyok közötti hadigyakorló öltözetek.



16. számú ábra. Sivatagi hadiruházat

Itt kapott helyet a 2007-ben megszüntetett MH Összhaderőnemi Logisztikai Támogató Parancsnokság emlékszobája is.

A gyűjtemény színvonalát emelte és jól illeszkedett a mindenoldalú logisztikai ellátás rendjébe a különböző katonai tárgyú festmények bemutatása, valamint a katonazenekarok hangszereit bemutató anyag.

Az ismertetés természetesen nem teljes körű, hiszen ahhoz a leltárban szereplő összes anyagot fel kellene sorolni, és ezért minden szakterület szakértőitől megértést kell kérnem.

A **technikai eszközök** elhelyezésére egy nagy hangár került kijelölésre, ahol VPV vontató-mentő jármű, BTR-152 páncélozott szállító harcjármű, BTR-60 alvázon R-145 parancsnoki híradórendszer, tábori mozgósütődék és -konyhák, az I. világháborúból származó ruházatfertőtlenítő kocsi, szekér, hajtóanyag-szivattyúk, dagasztógép, főzőüstök, ágyúk, automata aknavető kerültek elhelyezésre. A hangár belső terét álcahalókkal borították be. A belső térben kialakítottak egy tábori étkezdét és egy parancsnoki törzsmunka-sátort.



17. számú ábra. R 145 rádióállomás BTR 60 alvázon

Az udvaron kerültek elhelyezésre a TMS 80M tábori mozgó sütőüzem és az MPM-72 gépesített mosoda 3-3 db konténerre.

A Lehel úti parancsnoki épület falán elhelyezett emléktáblát 2012 őszén kivették és elszállították az MH Logisztikai Ellátó Központ mátyásföldi bázisára.

Újabb változások

2011-ben a szakgyűjtemény kezelése és annak anyaga a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeumhoz került. Az akkori gyűjteménykezelő Zsiborás János ny. ezredes bekövetkezett halála után a múzeum bezárásra került, annak kutatószobájában elhelyezett szakmai könyvek, intézkedések a HM Hadtörténeti Múzeumba kerültek beszállításra. Sajnos ennek a gyűjteménynek nem volt leltári összesítője. A szakgyűjteményről teljes körű leltár készült, amely 704 tételben rögzítette a kiállítás anyagát, melyet átadtam a HM Hadtörténeti Múzeum megbízott igazgatójának.

Az előzőekben, csak kivonatossan ismertetett gyűjtemény látogatottsága elviekben mindenki részére biztosított volt, de mivel ez katonai objektumban került elhelyezésre, ezért a polgári szféra részére nehezebben volt elérhető. A Múzeumok Éjszakája rendezvénysorozatban két alkalommal is nyitva volt a nagyközönség számára, a beléptetés és biztonsági rendszabályok betartása mellett. A logisztikai szakállomány

képzése során a tiszti, altiszti (tiszthelyettesi), tartalékos tiszti hallgatók rendszeresen szakmai látogatást tettek a múzeumban.

A különböző külföldi delegációk is elismeréssel nyilatkoztak a szakgyűjteményről. A teljesség igénye nélkül: látogatást tett a Kínai Népi Felszabadító Hadsereg hadtáp küldöttsége, a Raksawai Textilgyár küldöttsége, US – magyar katonai összekötő csoport, az USA különböző katonai képviselői, a Portugál Védelmi Minisztérium képviselője, az Egyesült Királyság, Cseh Köztársaság képviselői, a katonai főiskolák, a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia / Nemzetvédelmi Egyetem/ hallgatói, a Magyar Rendőrség, a szlovák logisztikai delegáció, spanyol katonai küldöttség, francia küldöttségek, orosz delegáció, észt küldöttségek, osztrák, bolgár, izraeli delegáció, kanadai küldöttség, a „MAGLITE” logisztikai együttműködési gyakorlaton résztvevő állomány, a Magyar Honvédség, a Honvéd Vezérkar és a Honvédelmi Minisztérium különböző szervezetei és háttérintézményei.

2012 júliusában olyan döntés született, hogy a szakgyűjteménynek ismét költöznie kell. A gyűjtemény új objektumaként a Kerepesi út 29/b szám alatti volt Szalvay laktanya VII. épület 2. emelete lett kijelölve. Az előjárói döntésnek megfelelően a szakgyűjtemény felszámolása, szakszerű összecsomagolása két hét alatt megtörtént, mivel az elsődleges utasítás szerint 2012. augusztus hónapban azt át kell szállítani. Az új helyen azonban az ott lévő cégek kiköltözése, az állapot felmérése, majd a közbeszerzési eljárás befejeztével a nyertes cég a költségfedezet biztosítása után csak 2013. február közepére tudta átadni a felújított kiállítási szintet. A gyűjtemény azonban ismét bővült, mert a HM Haditechnikai Intézet **fegyvergyűjteménye** is terv szerint itt került elhelyezésre. Költözésüket a Haditechnikai Intézet objektum eladása tette szükségessé. A fegyverzeti szakgyűjtemény azonban több biztonsági berendezés beszerelését, szabályzók életbeléptetését tette szükségessé.

A technikai eszközök elhelyezésére egy jó állapotú, megfelelő térrel rendelkező hangár került a múzeum birtokába. A kiállítási terület leválasztásra került a korábbi használatól, önálló bejárattal rendelkezik. Itt azon eszközök kerültek biztonságos elhelyezésre, amelyek a Lehel úti objektumban is megtalálhatók voltak, kibővülve még néhány eszközzel.

A Haditechnikai Múzeum az új kiállítási helyen a tervek szerint igen igényes, szépen rendezett kiállítást tervezett berendezni a kibővített logisztikai szakgyűjtemény bemutatására. Az új szakgyűjtemény tervezett ünnepélyes átadására első alkalommal 2013. november 28-án került volna sor.

A szakgyűjtemény létrehozásának története 2013 végével azonban nem fejeződött be. Elrendezésére korábban már készültek látványtervek. Ezekben még a folyósó kis szekrényei is megvannak, melyeket akkor bemutató vitrinekként terveztek hasznosítani.



18. számú ábra. A kiállítótér tervezett alaprajza 2014-ben

A későbbi elgondolások szerint azonban a folyósói szekrényeket eltávolították. Látszólag megindult a kiállítási terület berendezéséhez szükséges anyagok beszállítása, bár még nem készült el a teljes felújítás.



19. számú ábra. A befejezetlen kiállítótérbe elkezdődött az anyagok beszállítása

A Hadtörténelmi Intézet és Múzeum (HM HIM) 2015-ben levélben értesítette dr. Dankó István államtitkár urat és tájékoztatta Baráth István dandártábornok urat, hogy a befejezetlen karbantartási, állagmegóvási munkák miatt az év végi kiállítás megnyitója ismét elmarad.

Az elkövetkezendő időszakban a HM HIM látszólag jelen volt, de a berendezésért nem tettek semmit. 2016-ban a kiállítás tervezett területét már nem erre a célra kívánták hasznosítani, majd a kiállítás teljes anyagát (Hadtáp szakgyűjtemény, HTI múzeumi anyag) és a berendezések anyagát rövid időn belül a HM HIM általunk ismeretlen helyre szállította.



20. számú ábra. A felújított „kiállítótér” (a gyűjtemény anyagait a szobákban helyezték el, hogy a kövezést, festést el tudják végezni.)

2017. óta a gyűjteménnyel nem történt semmi annak ellenére, hogy a Magyar Katonai Logisztikai Egyesület, mint szakmai segítségadó több kísérletet tett a gyűjtemény sorsának rendezésére. A kiállítás berendezéséhez azonban a logisztika sokrétűsége miatt a szakmai ismeretek nem mellőzhetők, és sajnos a HIM ezt a területet megítélésem szerint nem tekintette sajátjának. Az Egyesület által végzett fizikai munka ugyan veszteségbe ment, de a szakértők elméleti munkájának

eredményeként az internet lehetőségeit kihasználva folyamatosan feldolgozzák szakmai múltunk emlékeit, értékeit.

A digitális szakgyűjtemény létrehozásánál alapvetően két fontos terület került elsődlegesen előtérbe, az egyik a hadfelszerelési dokumentumok leírási rendszerének digitalizálása, a másik a szakmaiéletút-interjúk készítése, archiválása. Ez utóbbi különösen fontos, hiszen a XX. századi logisztika hatalmas ütemű fejlődése, annak a hadseregbéli megjelenése és alkalmazása az életutakban határozottan, élményszerűen tükröződik. Bemutatásukkal az alkalmazók számára az időszak tanúi sok tapasztalat és segítő gondolat átadásával teszik teljesebbé az igen összetett szakterület megismerését.

A hadfelszerelési dokumentumok rendszerezésére, feldolgozására egy különálló adatbázist alakítottak ki. A 2013-tól napjainkig terjedő időszak alatt több levelezés, dokumentáció keletkezett, melyek az MKLE dokumentumtárában megtalálhatók.

A mai világban mindenki számára igazolni látszik az a tény, hogy a logisztika nem az utolsó valami, amely mellőzhető, mert nélküle nincs eredményes tevékenység, ezért ezen terület szakmai történetének is kellő helyet kell biztosítani a katonai archívumban. Bízunk benne, hogy egyszer ez a gyűjtemény is megfelelő helyet kap a múzeumi környezetben.

A szakgyűjtemény történetének rövid áttekintését a kissé mostohán kezelt területnek a jövője iránt érzett aggodalom is motiválta. Nem titkolt célja a jelenlegi döntéshozók figyelmét erre ráirányítani.

Dr. Zimonyi István ezredes

(1919 – 2011)

Zimonyi István 1919-ben katonacsaládban született, édesapja hivatásos tiszthelyettesként nagy hatással volt a pályaválasztására. Középiskolai tanulmányait kereskedelmi középiskolában végezte, ott érettségizett. 1940-ben vonult be a Magyar Királyi Honvédségbe, és mint érettségizettet tartalékos tiszti tanfolyamra iskolázták be. A tanfolyam kiváló elvégzését követően felvételt nyert a Ludovika Akadémiára, mivel már rendelkezett tiszti alapvégzettséggel. A háborúra való tekintettel rövidített idejű tisztképzésre került. Hadnaggyá avatása után azonnal frontszolgálatra osztották be. A fronton nyújtott szolgálata elismeréseként megkapta a „Signum laudis” kitüntetést. A fronton történt

sebesülését követően a hadbiztosi szolgálaton belül a gazdasági hivatalnál teljesített szolgálatot. A háború végén hadifogságba került, ahonnan 1948-ban tért haza. Ezt követően jelentkezett a demokratikus hadseregbe. Felvétele után a Honvédelmi Minisztériumba került, ahol Janza altábornagy – miniszterhelyettes – segédtsíjtje lett. Németül és oroszul egyaránt jól beszélt. 1953-ban beiskolázták a Zrínyi Miklós Katonai Akadémiára, ahol hadtáp szakon végzett. Ezt követően tanárként dolgozott az Akadémián, majd a szentendrei Tiszthelyettesképző iskola hadtápfőnöke lett. Később visszahelyezték a Honvédelmi Minisztérium hadtápfőnökségére, ahol a közigazdasági osztály vezetésével bízták meg.

Levelező szakon közigazdasági egyetemi végzettséget, majd a Zrínyi Miklós Katonai Akadémián a hadtudomány kandidátusa címet szerezte meg. Kandidátusi értekezését a „Statisztikai elemzés a hadtáp gazdálkodásban” témakörben írta. Tudományos tevékenységének egyik maradandó és máig is egyedül álló munkája a szerzői kollektívában megírt: „A magyar katonai ellátó (hadtáp) szolgálat története (Az őshazától 1949-ig)” című munkája, amely a magyar katonai logisztika átfogó történetének szakirodalma. Tagja volt a Magyar Tudományos Akadémia köztestületének is. Nyugdíjba vonulása után az MN Hadtáp Főnökségnél a raktározás korszerűsítésének témakörében dolgozott.

Az MN Hadtáp Kiképző Központban hozta létre az első hadtáp szakanyaggyűjteményt. A szakgyűjtemény elhelyezésére született döntésnek megfelelően áthelyezésre került a Daróczi úti objektumba, majd annak értékesítése után a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeumhoz kerülve, a Lehel utcai bázisra, végül a Kerepesi úti objektumba lett az áttelepítés tervezve. A Lehel utcai objektumban elhelyezett gyűjtemény kibővült a logisztikai szakterület más szakágaival is. 2011-ben bekövetkezett haláláig építette, fejlesztette ezt a gyűjteményt. A logisztikai szakterület egyik jelentős személyisége volt.

Emlékeztető

az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának ünnepi üléséről

A közlekedés és járműtudomány jelene és jövője – út az elérhető jövőhöz – A Magyar Tudomány Ünnepe

Török Ádám, Horváth Balázs

Időpont: 2022. november 23. szerda, 14.00 óra

Helyszín: MTA székház kisterem

Az ülést **Dr. Török Ádám** elnök nyitotta meg, aki bevezetőjében köszöntötte a megjelenteket a 2022. évi negyedik tudományos ülésen. A negyedik ülésen a Közlekedés- és Járműtudományi Tudományos Bizottság csatlakozott a Magyar Tudomány Ünnepehez és a közlekedés- és járműtudomány jelene és jövője – út az elérhető jövőhöz témakörét járta körül.

Az első előadó **Dr. Almássy Kornél (BME ÉMK)** volt. Előadásában kiemelte, hogy az út és vasútépítés tárgyköre a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem több mint 220 éves előtörténetében már a kezdetektől szerepelt az oktatási anyagokban. Az Institutum Geometricum 1782. évi alapítólevelében maga az alapító II. József a polgári Mérnöki Intézet felállításának egyik indokaként így fogalmazott: *“Viae publicae magna in parte neglectae sunt; peculiari studio esse excolendum in aperto est”*. Azaz: *“A közutak nagy részükben el vannak hanyagolva; nyilvánvalóan művelni kell ezen stúdiumot”*. Előadásában ismertette a BME Út- és Vasútépítés Tanszék főbb, aktuális kutatási területeit.

Dr. Horváth Ernő (SZE) előadásában ismertette a járműipari kutatásokat a győri Széchenyi István Egyetemen. Bevezetőjében ismertette az Egyetem jelenlegi helyzetét. A Járműipari Kutatóközpont 2005-ben alakult. Eredetileg az elektromos járművekre összpontosított, ami még mindig folyamatban lévő kutatási terület, de az elmúlt néhány évben az autonóm technológia irányába nyitottak. Az emberek és a járművek együttműködésének megértése és kutatása alapvető fontosságú a jövő közlekedésének megtervezésekor. A teljesen önvezető (más néven autonóm) technológia biztonságos, egyszerű és

fenntartható közlekedést eredményezhet. Ennek az új, eljövendő technológiának a tanulmányozásával és kutatásával, valamint az általa kínált lehetőségek feltárásával foglalkoznak. Előadásában bemutatta a rendelkezésre álló eszközparkot. Néhány kutatási projektet be is mutatott.

Szalmáné Dr. habil Csete Mária (BME GTK) Közúti közlekedési hajtásláncok életciklus elemzése című előadása az előadó váratlan lebetegedése miatt elmaradt.

Dr. Hörcher Dániel (BME KJK) Heterogén utaspreferenciák modellezése, mérése és gyakorlati alkalmazása című előadásában ismertette, hogy mit értünk utaspreferenciák alatt. Előadásában kitért arra, hogy a homogén (átlagos utas, átlagos igényei) helyett a heterogén (változatos utas csoportok változatos igényei) megközelítés a preferált, hiszen, ha az utasok igényei eltérőek, akkor a szolgáltatások differenciálása is indokolt lehet. Előadásában ismertette az elnyert OTKA projekt célkitűzéseit. Empirikus (mérési) célok:

- Az utazási időérték heterogenitását legjobban reprezentáló parametrikus (esetleg nem parametrikus) eloszlás azonosítása Magyarországon.
- Az időérték heterogenitásának elkülönítése a zsúfoltság okozta hatástól.

Ezen empirikus célok fontosak lehetnek a:

- Költség-haszon elemzési módszertan heterogén időértékekkel.
- Költség-haszon elemzés szenzitivitása a paraméterek változékonyságakor.
- Közlekedési kínálatoptimalizáció heterogén preferenciák mellett.

Előadásában röviden ismertette a diszkrét keresleti döntések matematikai statisztikai háttérét és modellezésének buktatóit. Majd kitért a megvalósítandó kérdőíves felmérésre. Előzetes eredményeit bemutatva elemezte a helyettesítő szolgáltatások a közforgalmú közlekedésben: vonzó választék vagy pazarló párhuzamosság dilemmáját.

A vitát lezárva **Dr. Török Ádám** elnök megköszönte az előadóknak a magas színvonalú, érdekes előadásokat, valamint a hozzászólók aktivitását.

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztálya
Közlekedés- és Járműtudományi
Bizottság

Elnök: **Dr. Török Ádám**
Titkár: **Dr. Horváth Balázs**



Emlékeztető az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának üléséről

Horváth Balázs, Török Ádám

Időpont: 2023. március 29. szerda, 14.00 óra

Helyszín: MTA Nádor utcai földszinti előadó

Török Ádám köszöntötte a megjelenteket, kitüntetett figyelemmel az új köztestületi tagokra. Ismertette az előzetesen kiküldött, tervezett programot, mely szerint az infrastruktúra témakörében az ülésen négy előadásra kerül sor. Felkérte az ülés első előadóját, Gáspár Lászlót, hogy tartsa meg előadását.

Gáspár László előadásában az útgazdálkodástól indulva mutatta be a közúti infrastruktúrához tartozó legújabb megoldásokat és elképzeléseket, különös tekintettel a mindig rendelkezésre álló utak és az élettartam tudomány témaköreire. A témakör definiálása után bemutatta a legfontosabb összefüggéseket, majd ismertette a mindig rendelkezésre álló utak elméletét és megoldásait.

Az előadás második részében az élettartam tudomány úttervezési vetületei kerültek szóba, így a hallgatóság megismerhette az ezzel kapcsolatos követelményeket, általános tervezési elveket, végül pedig e tudományterület úttervezési vetületét.

Mosóczi László előadásában vázolta a V0 vasútvonal szükségességét, külön kiemelve, hogy ha Magyarország Közép-Kelet-Európa logisztikai központja kíván lenni, akkor a vasúti elérhetőséget erősen javítani kell hiszen a korábbi közel 50-50 %-os áru fuvarozási modal-split mára 20-80%-ra módosult, ez a közúti előretörés nap, mint nap tapasztalható az M0 autópályán.

Ezt követően bemutatta a V0 projekt szereplőit és feladatukat. Az előadás utolsó részében részletesen ismertette a V0 vasútvonal egyes tervváltozatait, különös tekintettel a jelen állapot szerint nyertesnek tekinthető változatra. Megemlítette, hogy egyes szakaszokon a V0 és az NSV egy közlekedési csatornát is alkothat.

Fischer Szabolcs előadásában bemutatta a Széchenyi István Egyetemen zajló, vasúti infrastruktúrához kapcsolódó kutatásokat és kutatókat. Az előadás elején képet kaptak a résztvevők a vasúti infrastruktúrához kapcsolódó kutatások győri múltjáról, a korábbi neves, iskolateremtő kutatókról.

Ezt követően az elmúlt időszak jelentősebb projektjei kerültek ismertetésre. Példaként bemutatta az egyik ma is futó projektet, mely a lassújelek és a vontatási energiaigény kapcsolatával foglalkozik, tekintettel a lassújelek okozta lassítási és gyorsítási veszteségekre.

Az előadás második felében elmondta, hogy a múlt gyökerein SZE-RAIL néven kutatócsoport alakult, melyet az egyetem tudományos testülete akkreditált, így ez a kutatócsoport az Széchenyi István Egyetem hivatalos kutatócsoportja lett. A kutatócsoport a vasúti infrastruktúrához kapcsolódóan igen széles körben vizsgál témákat.

A kutatócsoport a hagyományos vasúti rendszer strukturális alrendszeinek (vasúti pálya és műtárgyak, energiaellátás, ellenőrző-, irányító-, jelző- és biztosítóberendezések, forgalmi szolgálat és üzemirányítás, valamint jármű) kutatásaival foglalkozik. A kutatócsoport célja direkt és indirekt módon a kötöttpályás közlekedés alábbi javításai:

- biztonság(osság);
- energia- és költséghatékonyság növelése;
- környezetbarát;
- gazdaságos és költség-optimalizált üzemeltetési lehetőségek kutatása;
- új mérési és eszközrendszerek kidolgozása;
- a személyszállítás esetén a közösségi közlekedés szerepének növelési lehetőségei a “modal split”-en belül;
- valamint a pontosság, az utazási idő, utazáskényelem fejlesztése;
- a teherszállítás esetén a szállítási kapacitás, az eljutási (szállítási) idő és a pontosság növelése;

- a meglévő kutatási irányok fejlesztése és javítása;
- új irányok kijelölése, a vasúti közlekedésben alkalmazott anyagok fejlesztése tömegcsökkentési és energiahatékonysági szempontok figyelembevételével.

Az előzőekben említett energetikai kérdések mellett a másik fő irányzat a zúzottkő ágyazatokkal kapcsolatos kutatások területe.

Tóth Csaba a közutak méretezéséről tartott előadást, melyben ismertette az alapelveket, illetve a hazai gyakorlat múltját. Bemutatta az elméleti és gyakorlati méretezés közötti ellentmondást, különös tekintettel néhány, haladó nemzetközi példa tükrében. Napjaink egyre mélyülő energia és klímaválsága minden ipari szereplőt, így a közlekedési ágazat képviselőit is arra kényszeríti, hogy szembenézzenek ezen kihívásokkal és mindent tegyenek meg a prognosztizált káros hatások jövőbeli minimalizálására. Ezen idealizált cél érdekében az előadás egyrészt a szűkebb értelemben vett - műszaki - fenntarthatóság (maintenance), másrészt a tágabb értelemben vett - környezettudatos - fenntarthatóság (sustainable) jegyében tekintette át a magyar útpályaszerkezetek méretezési, illetve tervezési gyakorlatát.

A hazai szabályozási környezet, illetve a tervezési és építési gyakorlat színvonalának reális megítélhetősége érdekében ismertetésre kerülő nemzetközi példák mellett, az előadás mondanivalójának alátámasztását szolgálja az M1 autópálya 2x3 sávra bővítésével kapcsolatos néhány kihívás és az arra adott megoldás felvillantása is.

Az előadás első részének fókuszában a klasszikus méretezési elv – azaz a teher és a teherviselőképeség összevethetősége – áll és az elhangzottak arra igyekeztek felhívni a figyelmet, hogy mind a tervezési forgalom becslésben, mind az ezt viselni hivatott pályaszerkezeti rétegek technológiai kialakításában a szükségesnél nagyobb bizonytalanság rejlik, amely szükségképpen kihathat a pályaszerkezet műszaki fenntarthatóságára is.

Ezt követően az előadás az aszfaltpályaszerkezeti rétegek gyártása során értelmezhető környezettudatos elemeket tekinti át (visszanyert aszfalt felhasználás, károsanyag-kibocsátás, energiamérleg, karbonlábnyom) és annak hangsúlyozására törekszik, hogy nemzetközi összehasonlításban jelentős fejlesztési potenciál marad még kihasználatlanul a hazai szabályozás hiányosságai következtében.

Összességében az előadás fő mondanivalója, hogy a közúti infrastruktúra épített pályaszerkezetei kapcsán nemcsak számos technológiai, tervezési, méretezési kérdés még napjainkban is megválaszolatlan és/vagy szabályozatlan, hanem a várhatóan erre terhelődő közeljövő új kihívásainak energetikai, környezetvédelmi és gazdasági aspektusai még összetettebb rendszert generálnak. Ezen rendszer kezelése, finomra hangolása rendkívül komplex megközelítést igényel és a felmerülő problémák megoldása nem képzelhető el az üzleti műszaki szabályozási elemek szemléletváltása, majd folyamatos korszerűsítése nélkül.

Az előadás hazai vonatkozású részei a nyilvánosan elérhető források (magyar nyelvű előadások, publikációk, műszaki előírások és egyéb szakmai anyagok) alapján készült, ennek köszönhetően természetesen elképzelhető, hogy készültek és készülnek a szakpolitika számára olyan, még nem publikus háttéranyagok, amelyek árnyalják és finomíthatják az elmondottakat és optimistább jövőképet rajzolnak a most tervezett útpályaszerkezeteink jövőbeli fenntarthatóságáról és rendelkeznek a fenntartható fejlődés azon víziójával és a megvalósításhoz szükséges azon stratégiával, amelyet ezen előadás hiányozni vélelmezett.

Tóth Csaba elmondta, hogy a KÉSZ (Közutak Építési Szabályzata) hosszú-hosszú ideje egyeztetés és vita alatt áll, mely foglalkozik a méretezés kérdéskörével is. Az előadás második része a méretezés és a környezettudatosság (fenntarthatóság) összefüggéseivel foglalkozott, különös tekintettel a visszanyert aszfalt felhasználhatóságára. Elmondta, hogy fontos volna zöld értékelési rendszert bevezetni, hiszen a fejlesztéseknek nemcsak műszaki, de környezeti hatásai is vannak. Végül ő is említést tett a mindig rendelkezésre álló utakról.

Török Ádám az egyebek között ismertette a bizottsággal kapcsolatos híreket:

- Németh Balázs benyújtotta MTA doktori eljárási kérelmét, mely a habitusvizsgálaton túljutott, az MTA MTO is támogatta;
- Tettemanti Tamás MTA doktori eljárása bírálati szakaszban van;
- ismételten üdvözölte az új köztestületi tagokat;
- következő ülés: 2023. május 24. MTA Nádor utca 7 fsz. 29.

A Magyar Katonai Logisztikai Egyesület közgyűlése

A Magyar Katonai Logisztikai Egyesület május 12-én tartotta szokásos éves közgyűlését a Soroksári úti objektumban. A közgyűlés az előzetesen közzétett napirend szerint zajlott. A jó előkészítés eredményeként a közgyűlés határozatképes volt, és a meghirdetett időpontban kezdődött.



Elhangzott az elnökség beszámolója az elmúlt év tevékenységéről, ennek részeként az új kezdeményezésekről, úgy, mint a Facebook zárt csoport és a LinkedIn profil létrehozásáról, a „hírlevél” működtetéséről, a klubnapokról és a „kísérleti” klubnapról, valamint a tagság érdeklődési körének felméréséről, a nyilatkozattételről a tagfelvételnél a tevékenységi körre vonatkozóan. Az elnöki beszámoló köszöntötte a kerek évfordulókat és a 80 évesnél korosabb tagokat.

Gratulált az elnökségi beszámoló (és természetesen a tagság) Domine János dandártábornok úrnak, akinek a Köztársasági Elnök a Magyar Érdemrend Tiszti Keresztje Katonai Tagozat kitüntetés adományozta 2023. március 15-én és Dr. Keszthelyi Gyula dandártábornok úrnak, akinek a Köztársasági Elnök a Magyar Érdemrend Lovagkeresztje kitüntetés katonai tagozatát adományozta 2022. augusztus 20. alkalmából!

Beszámolt az elnökség az év programjairól, a Katonai Logisztika folyóirat kétszeri megjelenéséről, és az abban közreműködőkről, egyéb, a tagság tevékenységével kapcsolatos kiadványok születéséről, szakmai napokról és egyéb munkákról, a „szakmai életutak” és a „digitális szakgyűjtemény” gyűjtőmunka folytatásáról.

A tagság elé tárta a beszámoló az Egyesület tevékenységének akadályozó tényezőit is és az elnökség tevékenységét azok felszámolása érdekében. Az elnökség az Egyesület összes tevékenységben nagyobb együttműködést vár a tagságtól, ezzel függ össze a kérdőív közreadása, és a felvételi jelentkezéssel összekötött kérdés: mivel kíván foglalkozni a leendő tag felvétele esetén.

Szó esett a pályázati tevékenységről, volt egy sikeres is és egy még elbírálás alatt van.

Az elnökségi beszámolót a gazdálkodási tevékenységről szóló beszámoló, majd a Felügyelő Bizottság beszámolója követte.

A tartalmas éves tevékenységet és a beszámolókat a tagság elfogadta. Ezt követően a jövő év tervei hangzottak el, amit a tagság ugyan csak egyhangúlag elfogadott.



Sok hozzászólás hangzott el az ETI/Zalka/Bólyai tisztiiskola/katonai főiskola emlékhelye megvalósításának támogatásával kapcsolatban. A tagság az eszmecsere végén azt a döntés hozta, hogy az Egyesület, mint szervezet eszmeileg igen, de anyagilag nem támogatja a programot. A személyes anyagi támogatással tökéletesen egyetért, kinek-kinek saját döntésére bízva annak mértékét.

A közgyűlést követően az objektum udvarán az eső ellenére baráti beszélgetés folyt, némi pörkölt és ital elfogyasztása mellett.



Jó hangulatú, tartalmas közgyűlés volt!

Újra katonai logisztikai bemutónapot szerveztek¹

Pályaorientációs katonai logisztikai bemutónapot tartott a Magyar Logisztikai Egyesület (MLE)² a Magyar Honvédség Tartalékképző és Támogató Parancsnoksággal együttműködve május 10-én Budapesten, a Magyar Honvédség Anyagellátó Raktárbázis Újszász utcai objektumában.

Az előző évben a nagy sikerre való tekintettel a szervezők két alkalommal is, először tavasszal, majd ősszel is tartottak katonai logisztikai bemutónapot. A több száz fős érdeklődés azóta sem csökkent, így idén tavasszal újra megrendezték az eseményt.

„Már korábban is volt hasonló rendezvényre példa. Az elmúlt évben például mindösszesen közel félezer érdeklődő nyерhetett betekintést a katonai logisztika folyamataiba. Az érdeklődés azóta sem csökkent, így idén tavasszal újra megrendezésre került a pályaorientációs katonai logisztikai napunk” – mondta Dr. Doór Zoltán, a Magyar Logisztikai Egyesület (MLE) elnöke.



¹ Sajtóközlemény – Budapest, 2023. május 15. – MLE x KRPR.hu

² A Magyar Logisztikai Egyesület, az MLE volt az első szakmai társadalmi szervezet Magyarországon, amelyet magánszemélyek alapítottak 1990-ben. Elnöke Dr. Doór Zoltán. A szervezet célja a logisztika társadalmosítása, a logisztikai tudásmegosztás, melynek két fő elemét az egyesület által szervezett oktatások, valamint a több évtizede, évente megjelenő Logisztikai Évkönyvek jelentik. A Magyar Logisztikai Egyesület edukációjának gerincét a Felsőfokú Logisztikai Menedzser képzések adják, amely mellett megtalálható még számos tréning is a kínálatban. Az MLE gondozásában évente megjelenő Logisztikai Évkönyv pedig egy szakmai tanulmánygyűjtemény, melynek szerzői évről évre a logisztika világának legkiemelkedőbb szakembereiből tevődnek össze. (www.mle.hu)

A rendezvény elsődleges célja az idén 175 éves Magyar Honvédség (MH) logisztikai alakulatainak és képességeinek a bemutatása volt a logisztikai tanulmányokat folytató középiskolás diákok részére. Az esemény részeként az érdeklődők betekintést nyerhettek a katonák mindennapi életébe, munkakörébe, valamint a logisztika ezen területébe.

„Fontosnak tartjuk, hogy a fiatalok számára is minél szélesebb körben megismertessük a logisztika világát. Ennek részeként pedig a katonai logisztikát is célunk, hogy közelebb hozzuk az érdeklődőkhöz” – hangsúlyozta a Magyar Logisztikai Egyesület (MLE) elnöke.

A rendezvény megnyitóján a szervezet elnöke mellett beszédet mondott még Solymosi Ferenc ezredes, az MH Tartalékképző és Támogató Parancsnokság parancsnoka és Kiss Zoltán alezredes, az MH Anyagellátó Raktárbázis (MH ARB) parancsnoka is. Meghívott vendégként pedig részt vett Kovács Péter, Budapest XVI. kerületének polgármestere és Szász József, Budapest XVI. kerületének alpolgármestere is.

A megnyitót követően egy kutyás bemutatónak lehettek részesei a fiatalok, majd körbejárhatták a különböző kiállító állomásokat.



A kiállítók között megtalálható volt az MH Egyészségügyi Központ – MH ARB EÜ Központ bemutatópontja is, ahol többek között egy műtőkonténert, és annak berendezését is megtekinthették.



Az érdeklődők az MH ARB ruházati és személyi felszerelés bemutatópontjánál felfedezhették például egy katonai rendész, valamint egy általános lövész katona ruházatát is. Az MH Katonai Igazgatási és Központi Nyilvántartó Parancsnokság toborzópontján kipróbálhattak lézerlövészetet, de megismerhettek különböző fegyvereket is.

A HM Zrínyi Nonprofit Kft. katonatérképészeti bemutatóval készült, melynek keretein belül számos térképpel, és a területhez kapcsolódó eszközzel is találkozhattak. Az MH Sodró László 102. Vegyiharc Ezred vegyvédelmi bemutatója szintén számos, és érdekes műszert sorakoztatott fel az alkalomra.



Az MH ARB Repüléstechnikai bemutatóponton egyebek mellett sérülésjavító konténerrel, valamint egy laborkocsival is találkozhattak. Ezenkívül az MH ARB gépjárműtechnikai bemutatópontja is sok járművet sorakoztatott fel. A kiállítások mellett ráadásul katonai alakulatokat bemutató prezentációs előadások részesei is lehettek a résztvevők.

Repülőműszakiak napja, koszorúzás Kecskeméten

Az idén július 2-a, a Repülőműszakiak napja vasárnapra esett. Ezért az ünnepi megemlékezést és a koszorúzást június 30-án, pénteken tartották a szokott helyszínen, Kecskeméten a Légijármű Javítóüzem hangárjában.

Jogosan vetődik fel a kérdés, miért éppen Kecskeméten tartják a megemlékezést és miért július 2-a Repülőműszakiak napja?

Amikor a Repülőműszakiak napja kijelölésre és elfogadásra került, az akkori MH Légijármű Javítóüzem a repülőműszakiak nagyon fontos bázisa volt. Az üzem akkor már évtizedek óta Kecskeméten települt. A repülőcsapatok számára sokféle támogatást nyújtottak, fejlesztéseket végeztek önállóan és fejlesztéssel foglalkozó cégekkel együttműködve. Rezgésdiagnosztikai, tribológiai vizsgálatokat, elemzéseket folytattak hajtóművek üzembiztonsága érdekében. Többféle roncsolásmentes anyagvizsgálatra volt jogosításuk, ez volt az egyik alapja annak, hogy a MiG-29-es típust az ipari javítás nélküli, állapot szerinti üzembentartási stratégiára át lehetett állítani. Ők végezték a repülőcsapatok számára az ellenőrző berendezések és mérőműszerek előírt, hitelesítést helyettesítő kalibrálását, szükség szerinti javítását. A nyomástároló edények előírt ellenőrzését, nyomáspróbáit. Mindezen tevékenységekhez polgári hatóságoktól megszerzett engedéllyel rendelkeztek. Jelentős tevékenységük volt az úgynevezett „háborús sérülésses javítás”. Elemezték, hogy harctevékenység során milyen jellegű sérüléseket szenvedhetnek el a repülőeszközök, ezek közül mely sérülések helyszíni javítására lehet felkészülni. Javítási technológiákat készítettek, a csapatok számára tanfolyamokat szerveztek, javítókészleteket állítottak össze. Ők végezték az An-26-os és az L-39ZO típusú repülőgépek időszakos munkáit, és sok-sok egyéb tevékenységet folytattak a repülőcsapatok szükséglete szerint.

Nem véletlen tehát, hogy a javítóüzem hangárának falán helyezték el a repülőműszaki elődökre emlékezés tábláját.

Az időpont kiválasztása Adorján János életével és munkásságával függ össze. Adorján János (1882. január 1 – 1964. július 2) gépészmérnök tervei alapján készült a repülés hőskorában az első magyar tervezésű és gyártású repülőgép, amit ő maga repült. Az ő emlékére, tiszteletére esett a választás halálának napjára.

Így a kecskeméti megemlékezés és koszorúzás egyszerre főhajtás Adorján János mérnöki teljesítenye és a repülőműszaki elődök tevékenysége előtt.

Az idei rendezvény a már megszokott rendben zajlott. Ünnepi beszéd helyett felolvasták a honvédelmi miniszter és a Honvéd Vezérkar főnökének köszöntő levelét, majd Nagy László ezredes, az MH Tartalékképző és Támogató Parancsnokság parancsnokhelyettese elismeréseket adott át.



Sajátos eseménye volt a rendezvénynek, hogy Bozóki János ezredes, az MH Légijármű Javítóüzemnek, mint önálló szervezeti elemnek utolsó parancsnoka (a rendezvény időpontjában már az új szervezeti felállásnak megfelelően az MH Anyagellátó Raktárbázisnak, melynek az üzem a részévé vált, a parancsnok helyettese) utolsó napját töltötte, másnap, július 1-vel nyugállományba vonul. Előljárói ebből az alkalomból köszöntötték, méltatták tevékenységét és emléktárgyat adományoztak számára.

Az ünnepség hivatalos záróaktusa az emléktábla koszorúzása volt. A repülőcsapatok, az előljáró szervezetek, a HM állami légügyi hatósági főosztály, a légirendészet képviselői helyezték el koszorúikat.



Koszorúztak a Légijármű Javítóüzem volt parancsnokai, a Veterán Repülők országos és helyi szervezetének, a Magyar Katonai Logisztikai Egyesület, a Szolnokon működő RepTár jelenlévő vezetői.

Az üzemmel sok közös feladatot megoldó gazdasági szervezetek, így az Aerotechnika Zrt. és az Aeroplex of Central Europe Ltd. vezetői is elhelyezték koszorúikat.



Az esemény közös ebéddel és baráti eszmecserevel zárult.

¹ A fotók a honvedelem.hu hírek rovatából származnak.



MAGYARORSZÁG
HONVÉDELMI MINISZTERE



HONVÉD VEZÉRKAR
FŐNÖKE

***Magyarország honvédelmi miniszterének és a Honvéd Vezérkar főnökének köszöntő
levele július 2-a,
a Repülő-műszakiak Napja alkalmából***

***Tisztelt Ünneplő Katonák!
Hölgyeim és Uraim!***

A Honvédelmi Minisztérium és a Magyar Honvédség vezetése és teljes személyi állománya nevében őszinte tisztelettel és megbecsüléssel köszöntjük Önöket július 2-án, a Repülő-műszakiak Napja alkalmából.

A mai napon köszöntjük mindazon szakembereket, akik a repülő technikával foglalkoznak, tervezik és építik, karbantartják és üzemeltetik a repülőeszközöket. Felelősségteljes, lelkiismeretes munkájuk a garancia arra, hogy a légijárművek megőrizték üzemképességüket és harckészségüket. Valamennyi repülő-műszaki szakember magas fokú szakmai hozzáértésről és elkötelezettségről tesz tanúbizonyságot nap, mint nap. Vállukon nemcsak a repülőgépek állapota, de személyzetük élete is múlik.

Fegyvernemi napjukon minden évben megemlékezünk Adorján Jánosról, a kiváló szakemberről, a konstruktőrrel, aki korszakalkotó technikai megoldásaival, találmányaival méltán tett szert világhírnévre. A Gottlieb Daimler tanítványaként Stuttgartban diplomát szerzett gépészmérnök 1910-ben „Libelle” nevű repülőgépével sikeres próbarepülést hajtott végre. Magyar pilóta, magyar repülőgépen, magyar légtérben! Erre mindaddig senki nem volt képes. A XX. század elején végzett kísérleteivel és munkásságával olyan értéket teremtett, amelyek minden repülőműszaki szakembernek példaként szolgál.

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

Ahogy azt már említettük, az Önök felelőssége, hogy mindenkor biztosítsák a repülés technikai feltételeit. Ehhez kitartásra, megalkuvás nélküli szakmai következetességre van szükség. Ezek képezik az alapját annak a bizalomnak, amelyet a hajózó szakemberek önökbe vetnek.

Munkájuk során mindig tartsák szem előtt, hogy a mai körülmények és biztonsági kihívások között milyen fontos szerep hárul a légi eszközökre a különböző katasztrófa, árvízvédelmi elhárítási és határvédelmi feladatokban.

A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Programnak köszönhetően a teljes Magyar Honvédség megújul, a Magyar Légierő soha nem látott fejlesztéseken ment keresztül. Új, korszerű kiképző, csapatszállító, futár- és felderítő repülőgépek, valamint helikopterek és további modern haditechnikai eszközök óvják már nem csak hazánk, hanem szövetségeseink légterét is. A megvalósuló technikai fejlesztések és beszerzések új feladatokat és új kihívásokat jelentenek a repülő-műszaki állomány számára is.

Tisztelt Ünneplők!

Mindannyiunk számára nehéz és kihívásokkal teli időket élünk meg és Önök nem csupán az alaprendeltetésükből adódó feladataikat látják el maradéktalanul. Az elmúlt években a pandémiás helyzet adta veszélyhelyzeti feladatokban kellett maradéktalanul helytállniuk, jelenleg pedig Hazánk és Európa biztonsági helyzetének alapvető biztonsági változásaiból eredő kihívásoknak kell megfelelniük.

Bár a közelmúlt eseményei beárnyékolhatják a mai ünnepséget, azonban elismerésünket fejezzük ki Önöknek a szakterületen végzett szolgálatukért. Kérjük és elvárjuk, hogy továbbra is ezen a magas színvonalon folytassák tevékenységüket.

Kívánunk Önöknek és családjaiknak sok sikert, erőt, egészséget, magánéletükben sok boldogságot!

Budapest, 2023. július - n

Szalay-Bobrovniczky Kristóf
Magyarország honvédelmi minisztere

Dr. Böröndi Gábor altábornagy
Honvéd Vezérkar főnöke