

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

# HADITECHNIKA

2023/2

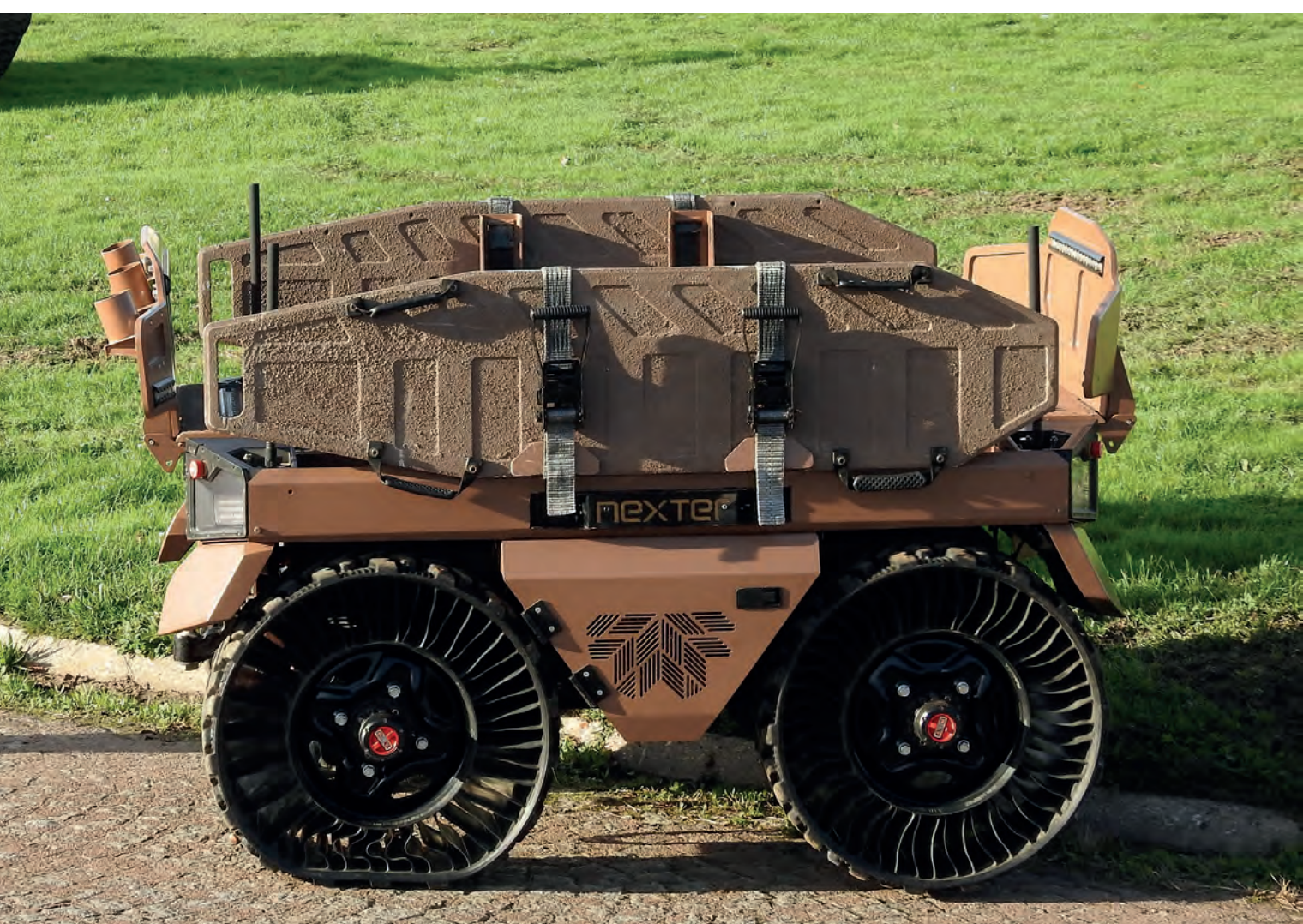
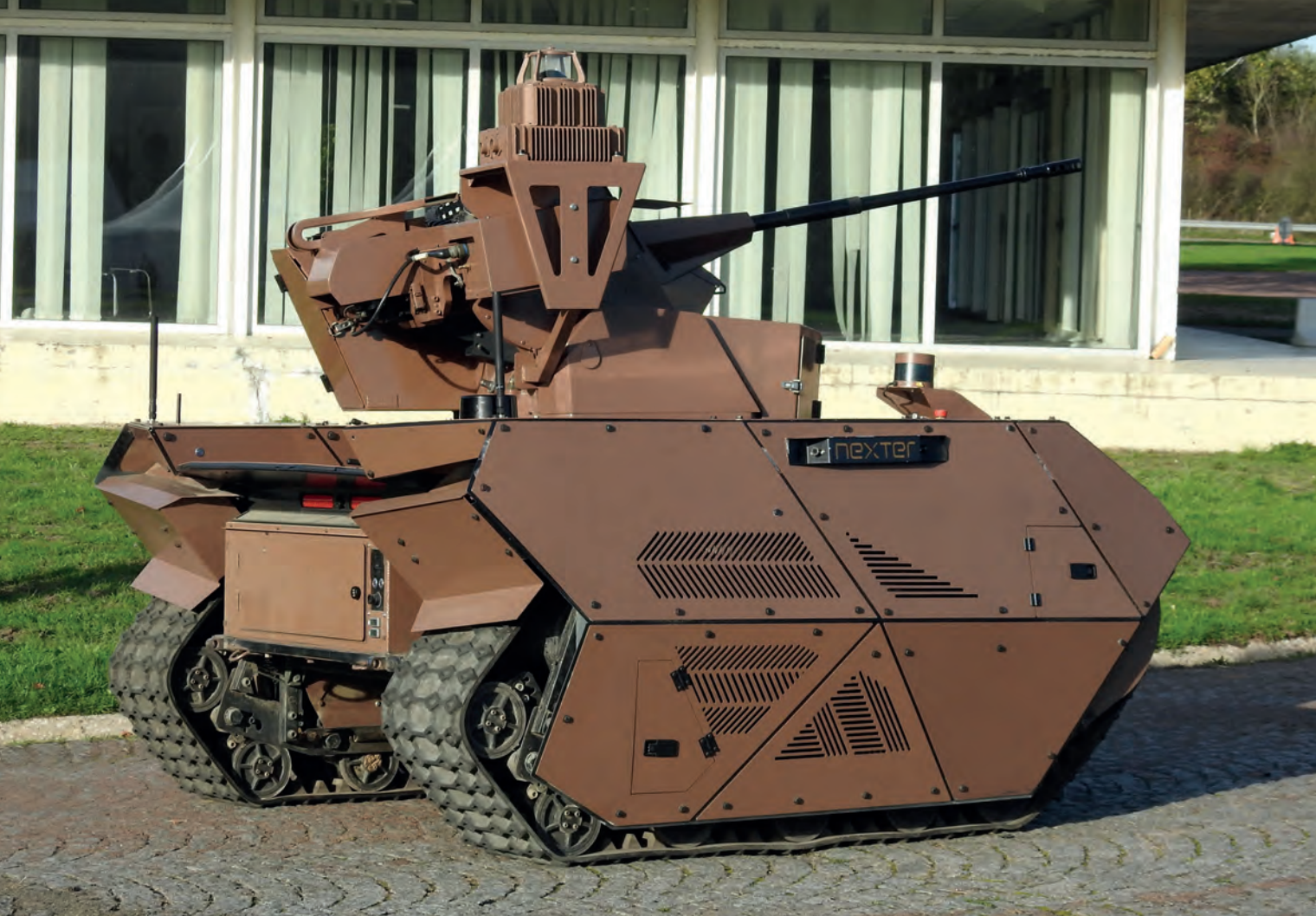
LVII. évfolyam 2. szám

Ára 520 Ft

Gestamen  
kézifegyverek



Posztermelléklettel!



## A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ FOLYÓIRATA

Az MTA által minősített folyóirat

2023/2. szám.  
LVII. évfolyam

### Tulajdonos:

Bozó Tibor vezérőrnagy  
(Honvéd Vezérkar, törzsigazgató)

### A szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. Porkoláb Imre dandártábornok  
(HM Védelmi Innovációs és Képességfejlesztési  
Főosztály főosztályvezető)

### A szerkesztőbizottság alelnöke:

Bárány Zoltán Gábor ezredes (MH HTP)

### Főszerkesztő:

Prof. dr. Padányi József vezérőrnagy DSc.  
(NKE HHK KMDI iskolavezető)

### A szerkesztőbizottság tagjai:

Dr. Both Előd  
(Magyar Asztronautikai Társaság)  
Dr. habil. Gyarmati József ezredes (NKE HHK)  
Prof. dr. Haig Zsolt ezredes (NKE HHK KMDI)  
Dr. Hajdú Ferenc ezredes  
Kaposvári László vezérőrnagy  
Prof. dr. Kiss Péter  
(Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)  
Prof. dr. Kovács László dandártábornok  
Dr. Koller József dandártábornok  
(MH KJ 86. hel. dd.)  
Könczöl Ferenc ezredes (MH DT 205. lé. rk. e.)  
Lengyel Csaba ezredes (MH KIBP)  
dr. Lippai Péter dandártábornok  
(NKE HHK dékán)  
Magyar Ferenc (ZalaZone)  
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)  
Pachner Róbert  
(HM CURRUS Zrt. és HM ARMCOM Zrt.)  
Prof. dr. Rohács József CSc. (BME)  
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)  
Szakácsi István alezredes  
(MH SZFP)  
Dr. Trembeczki László András (HM EI Zrt.)

### Lektorai bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

### Felelős szerkesztő:

Végvári Zsolt alezredes  
(NKE HHK, MHTT, TÚK, MEE)

### Szerkesztő:

Rojkó Annamária főtanácsos  
(MÚOSZ, TÚK)

### Katonai szerkesztő:

Druzsín József őrnagy  
(MHTT, TÚK, MKLE)

### Szerkesztőasszisztens:

Drahos Gabriella (TÚK)

### Kutatástámogató asszisztens:

Dári Nikolett (MH HTP)

Kiadja

a Honvédelmi Minisztérium Zrínyi Térképészeti  
és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú  
Nonprofit Kft.

Székhely: 1087 Budapest, Kerepesi út 29/B

Telephely: 1024 Budapest,

Szilágyi Erzsébet fasor 7-9.

Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85

Telefon: 336-2030, Fax: 336-2035

## FÓKUSZBAN

Ocskay István: Harckocsi-  
generációk II. rész 6



Dr. Földi Ferenc: A Gepárd  
nagy űrméretű puska  
fejlesztésének története  
I. rész 19



Ádám Balázs – Ember István:  
Honvédségi járművek a  
közszolgálati tüzserész  
szakfeladatok rendszerében 51



Zentay Péter – Dr. Hegedűs Ernő  
– Végvári Zsolt: A 3D-s  
nyomatás és katonai  
alkalmazásának lehetőségei  
III. rész 57



## TANULMÁNYOK

Dr. Németh András – Virágh  
Krisztián: Mesterséges  
intelligencia és haderő –  
További katonai alkalmazási  
lehetőségek VIII. rész 2  
Dr. Varga Béla: A gázturbinás  
repülőgép-hajtóművek  
fejlesztési irányai II. rész 14  
Dr. Guth-Orji Ágnes: A Covid19-  
fertőzés repülésbiztonsági  
aspektusai I. rész 24

## NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Ocskay István: Integrált,  
moduláris, vezető nélküli  
szárazföldi járműrendszerek  
bemutatója Versailles-ban 29  
Filipovics Alex: Az elektromos  
és hibrid hajtásláncú személy-  
és tehergépjárművek  
alkalmazásának lehetőségei  
a Magyar Honvédségben  
III. rész 32  
Kelecsényi István: A szerb  
haderőfejlesztés II. rész 38

## ŰRTECHNIKA

Kis Árpád: Az űridőjárás  
jelenségei és az emberi  
tevékenységre gyakorolt  
hatásai 45

## HAZAI TÜKÖR

Terék Tamás – Éles Péter: Egy  
magyar hadiipari cég: a  
Gestamen I. rész 63  
Horváth Gábor: A helyfüggetlen  
toronyirányítás, mint  
a reziliens katonai légiforgalmi  
szolgáltatás eszköze 68

## HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Somkutas Róbert: A német  
alárendeltségbe léptetett  
magyar királyi I. gyorsadtest  
tevékenysége II. rész 73

**Olvasszerkesztő:** Kádár M. György ■ **Nyomdai előkészítés:** HEXACO GNH Kft.

**Nyomatás:** HM Zrínyi Nonprofit Kft. ■ **Felelős vezető:** Kulcsár Gábor ügyvezető

A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

**A szerkesztőség elérhetőségei:**

1087 Budapest, Kerepesi út 29/B. ■ Telefon: +3630-773-7494 ■ [haditechnika@hmzrinyi.hu](mailto:haditechnika@hmzrinyi.hu)  
[kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT](http://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT); <https://www.facebook.com/HTfolyoirat/>

INDEX: 25381 ■ ISSN 0230-6891 (Nyomtatott) ■ ISSN 1786-996X (Online)

# Mesterséges intelligencia és haderő – További katonai alkalmazási lehetőségek VIII. rész

**A**mesterséges intelligencia alkalmazása számos területen óriási lehetőséget kínál a mindennapi élet megkönnyítésében, ugyanakkor önfejlesztő képessége és ártó célú felhasználása egyre nagyobb kockázatot is jelent. A szerzők, tanulmányuk előző részeiben bemutatták a legjelentősebb polgári alkalmazási lehetőségekben rejlő potenciált, és átfogó képet festettek a terület komplexitásáról. A cikksorozat zárásaként a MI haderőben betölthető szerepét mutatják be néhány kulcsfontosságú területre, elsősorban a harcszimulációs rendszerekre, és a felderítésre fókuszálva.

## HARC SZIMULÁTOROK

A mesterséges intelligencia egyik fontos katonai alkalmazási területe a harcszimulátorokhoz kapcsolódik. Négyféle harcszimulátor-megoldást különböztethetünk meg egymástól a résztvevők szerepe, és az alkalmazási környezet alapján: az élő, a virtuális, a konstruktív és a játékszimulátorokat [171], amelyek jellemzőit a 4. táblázatban foglaltuk össze.

Az MI az egyes harcszimulátor-csoportok esetében a lehető legrealisztikusabb környezet kialakításához is képes hozzájárulni. Például élő szimulátorrendszerekben, a szenzorokkal felszerelt fegyvermodellek által szolgáltatott adatok mesterséges intelligencia alapú feldolgozásával pontosabban kiszámítható az imitált lövedékek ballisztikája, ami lényegesen realisztikusabb végrehajtást eredményezhet, mint egy egyszerűbb, lézeres érzékelésű fegyvermodell alkalmazása esetén. Különböző szimulációs gyakorlatok kivitelezésekor, ha az ellenséges erőket mesterséges intelligencia irányítja, kiküszöbölhetők a kezelői hibák, ráadásul a gyakorlat lebonyolításához szükséges állomány létszáma is csökkenthető. A katonák felkészítése a jövőben ugyanakkor – véleményünk szerint – integrált kiképzési környezetben zajlik (ITE – Integrated Training Environment), ami egyesíti mind a négy szimulátor típus képességeit. Ezalatt

nem egy teljesen új, különféle funkcióval kiegészített szimulátor értendő, hanem különböző szimulátorok egymással szabványos interfészekeken összekapcsolt hálózata, amely közösen képes hatékonyan hozzájárulni egy-egy katonára vagy alegységre teljes körű, egységes követelményrendszer alapján értékelhető kiképzéséhez. Az alternatív valóság technológiák (VR – Virtual Reality, AR – Augmented Reality, MR – Mixed Reality) fejlődési tendenciái alapjaiban befolyásolják a jövőben az ITE-konceptiójának gyakorlati megvalósíthatóságát. Az egyre több érzékszervet manipulálni képes technikai megoldások [172] közül a legjobb példát maguk a HMD<sup>22</sup>-eszközök jelentik, amelyek ma már magas immerzivitású vizuális élményt képesek nyújtani a felhasználók számára, ami elengedhetetlen feltétele annak, hogy a katonák reakciói is a lehető leghasonlóbbak legyenek a valós körülményekhez.

A harcszimulátorok közül – amelyekkel a tanulmány korábbi részeiben már részletesebben foglalkoztunk –, ezúttal a VBS3 játékszimulátort emeljük ki, amely rendkívül változatos feladatok – mint például a lögyakorlatok felkészítő foglalkozásai, a térképeszeti ismeretek, az alegységek tevékenységeinek bemutatása különböző körülmények között, vagy a C-IED (Counter Improvised Explosive Devices – rogtönzött robbanóeszközök elleni védelem) képzés tudásanyagának készségi szintű begyakorlását teszi lehetővé. Ezek alapján egyaránt felhasználható akár az altiszt- és a tisztképzésben, akár az alapkiképzés, a missziós felkészítések, a nemzeti és nemzetközi CAx- (Computer Assisted Technology – számítógép által támogatott technológia) szimulációs gyakorlatok lebonyolítására. [173] A szimulátorban a mesterséges intelligencia úgy jelenik meg, mint egy, a virtuális egységeket – főként ellenséges egységeket és a civil lakosságot – irányító entitás, amely az előzetes beállításokat követően már önállóan képes elvégezni feladatait. [174] A szimulátor újabb verziója a VBS4, amely a VBS3 összes moduljával rendelkezik, ugyanakkor annál fejlettebb működésre képes. A legjelentősebb újítás a VBS Blue IG grafikus motor, amely lehetővé

49. ábra. VR-alapú harcászati kiképzés [176]



\* Alezredes, tanszékvezető, egyetemi docens, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, ORCID: 0000-0003-2397-189X

\*\* Cybersecurity Architect, Thyssenkrupp Components Technology Hungary, Product Cybersecurity Department, ORCID: 0000-0003-4184-9492

## 4. táblázat. A harcszimulátorok jellemzőinek összefoglalása (A szerzők szerkesztése)

	Résztevő	Környezet	Végrehajtás	Példa
Élő szimulátor	Valódi	Valódi	Valós személy imitálja	MILES <sup>17</sup>
Virtuális szimulátor	Valódi	Virtuális	Valós személy imitálja és / vagy Virtuális egységeket irányítva	EST <sup>18</sup> 2000, DSTS <sup>19</sup> , Kronos
Konstruktív szimulátor	Virtuális	Virtuális	Virtuális egységeket irányítva	Marcus, MILSIM <sup>20</sup>
Játék szimulátor	Virtuális	Virtuális	Valós személy imitálja és / vagy Virtuális egységeket irányítva	VBS3 <sup>21</sup>

teszi, hogy a Föld bármely pontján, és a műveletek teljes spektrumában (szárazföld, vízfelszín, levegő) hajthassanak végre szimulációs gyakorlatokat. Tovább növelték a szoftver AR-/VR-kompatibilitását is a CIGI- (Common Image Generator Interface – számítógépes képgenerátor interfész) szabvány segítségével. [175] Az MI által támogatott funkciókat is bővítették (például a gépjármű-menetoszlop tevékenységének vezérlése), így kevesebb aljátárszó szükséges egy szimulációs gyakorlat lebonyolításához. Tekintettel arra, hogy a VBS4 egy hosszú fejlődési folyamat eredménye, amelynek során felhasználták a korábbi verziók gyakorlati alkalmazása során szerzett tapasztalatokat, érdemes lenne megvizsgálni, hogy képezhetné-e központi elemét a Magyar Honvédség számára a jövőben kialakítandó integrált kiképzési környezetnek.

### HÍRSZERZÉS, CÉLPONTKUTATÁS, ÖSSZADATFORRÁSÚ FELDERÍTÉS

Komoly perspektívával rendelkezik a mesterséges intelligencia az ISTAR- (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, and Reconnaissance – hírszerzés, célpontkutatás, felderítés) feladatok legszélesebb spektrumában is. A hírszerzési, célpontkutatási és felderítési tevékenységek során lehetőség szerint minél több adat-, illetve információszerzési módszert alkalmaznak, így többek között igénybe veszik a HUMINT (Human Intelligence – emberi erővel végzett felderítés), IMINT (Image Intelligence – képi felderítés), a MASINT (Machine Intelligence – műszeres felderítés), az OSINT (Open Source Intelligence – nyílt forrású felderítés), a SIGINT (Signal Intelligence – rádióelektronikai felderítés) és a TECHINT (Technological Intelligence – technológiai felderítés) eszközrendszerét, módszereit. [177] A különböző forrásokból származó információk feldolgozása során, illetve a HUMINT kivételével minden más területen külön-külön is, a mesterséges intelligencia hatékonyan alkalmazható. Az IMINT és OSINT területeken történő alkalmazás lehetőségeivel részletesebben foglalkozunk.

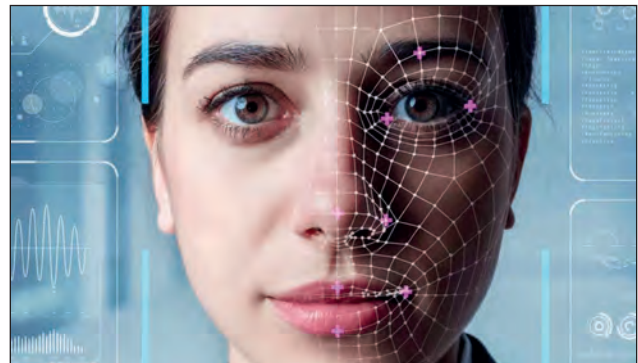
Egy célszemély, vagy az ellenséges erők tevékenységének megfigyelésére gyakran alkalmaznak képi felderítést, amelynek alapvető eszközei a különböző frekvencia-tartományokban (látható fény-, infra-, ultrabolya, radarhullámok) működő képalkotó eszközök, kamerák. [177] Amennyiben a felvételek elemzését, értékelését emberek helyett mesterséges intelligencia segítségével végezzük, gépi látásról beszélhetünk. Ennek lényege, hogy a szoftver jellegzetességek alapján detektál és ismer fel objektumokat, tevékenységeket, esetleg állapotokat. Sok más alkalmazási lehetőség mellett a harcértékbecslést, illetve az arcfelismerést tartjuk leginkább említésre érdemesnek. A harcértékbecslés lényege, hogy az ellenséges aegységekről felülről, különböző szögekből (drónról, vagy műholdról) készített felvételeken a megfelelő tanítóhalmazok segítségével fejlesztett MI lokalizálja és regisztrálja a különböző ka-

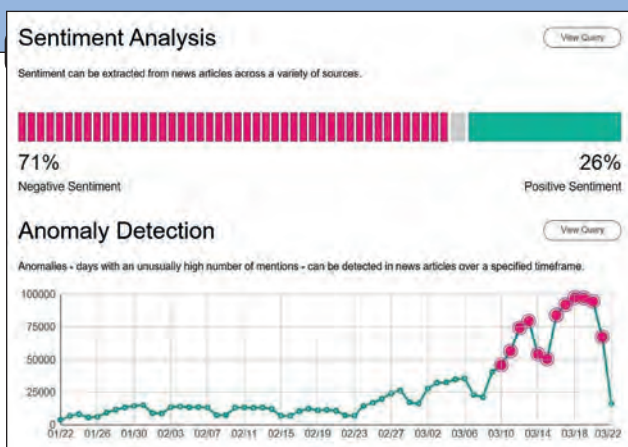
tonai objektumokat (épületeket, műtárgyakat, járműveket, eszközöket, katonákat). A rendszer komplexitását növelve, a következő szinten megpróbálja azonosítani azokat, meghatározni funkciójukat, típusukat, felszereltségüket, állapotukat, majd statisztikát készít róluk, és egymáshoz képest lévő elhelyezkedésüket is figyelembe véve meghatározza a lehetséges harcrendeket. Amennyiben a folyamatos megfigyelés feltételei biztosítottak, a változások nyomán követésével lehetségessé válik az ellenség szándékának felfedése, tevékenységének előrejelzése is.

Az arcfelismerő rendszerek az emberi arc jellegzetes jegyeit, geometriai elrendezését, egyes pontok (például a szemek) távolságát vizsgálják, éppen emiatt egy kellően szofisztikált rendszer akár arra is alkalmas, hogy az arc jelentős részének a kitakarása esetén is beazonosítson személyeket. Mivel ma már arra is van lehetőség, hogy egy több szögből lefotózott emberi arcból háromdimenziós modellt alkossunk, így nem feltétel, hogy az emberi arc minden részlete szemből látható legyen a felvételen. A mesterséges intelligencia össze tudja hasonlítani a modell arcvonásait a megfigyelt területen lévő emberek arcvonásaival, rangsorolja az egyezéseket, ami alapján nagy megbízhatósággal detektálható a célszemély. [178] A felismerés során a fals negatív, vagy fals pozitív (amikor nem ismer fel, vagy tévesen azonosít) eredmények aránya csökkenthető, ha az arcvonások mellett más jellegzetességeket is vizsgálunk, ami lehet például mimika-, gesztus-, vagy mozgásfelismerés, de az infravörös, vagy akusztikus tartomány bevonásával tovább bővíthetjük a vizsgált jellegzetességek körét (pl. beszédfelismerés). A cél az, hogy a fejlesztett rendszer ellenálló legyen akár a szándékos megtévesztéssel szemben is (pl. fénykép, okostelefon-, vagy tabletkijelzőjén viszszajátszott, illetve manipulált videó, álarc viselése).

Ugyanakkor a személyazonosság meghatározásán túl lehetőség nyílik MI segítségével viselkedéselemzés elvégzésére is, amelynek segítségével akár nem azonosítható, idegen személyek szándékára vonatkozóan is vonhatunk le

### 50. ábra. Az arcfelismerő rendszer működése [179]





51. ábra. A Watson Discovery elemzése az angol „coronavirus” kifejezésre [182]

következtetéseket, ismerhetünk fel idő előtt például támadásra utaló jeleket. Nagyobb kiterjedésű rendszerek esetén (pl. térfigyelő rendszerek), ahol kamerák hálózata áll rendelkezésre, az információhalmaz kiegészíthető idő- és helyadatokkal, amelyek ismeretében további funkciókkal is kiegészíthető a struktúra (pl. célpontkövetés városi környezetben, vagy objektumon belül). A fentiek alapján az ilyen rendszerek felhasználhatók például a katonai objektumok védelmére akár beléptetőrendszerekben, akár missziós környezetben a katonai táborok külső környezetének megfigyelésére, a lehetséges támadások előrejelzésére (magányos, vagy csoportos elkövetők azonosítása). Természetesen a hasonló megoldások támogathatják a rendőrség bűnmegelőzési és bűnüldözési, illetve a büntetés-végrehajtási szervezet objektumvédelmi, vagy a külső helyszínen foglalkoztatott fogvatartottak megfigyelési tevékenységét, valamint a nemzetbiztonság és a terrorelhárítás területén feladatokat ellátó szervezetek munkáját is jelentősen megkönnyíthetik.

A nyílt forrású felderítés legfőbb színtere maga a világháló, ahol különböző internetes oldalakon, nyilvános platformokon, közösségimédia-felületeken magánszemélyek, különböző szervezetek, érdek-, illetve értékközösségek, állami és vállalati szereplők, társadalmi és vallási csoportok osztanak meg tudatosan, vagy kevésbé tudatosan magukról, illetve másokról, valós, manipulált, vagy teljesen hamis, valós idejű, vagy archiv információkat felhasználói fiókok milliárdjain keresztül. Néhány érdekes adat: csak a Facebook naponta 4 PB<sup>23</sup> adatot generál, a YouTube-ra percenként 3,5 évnyi felvételt töltenek fel, egy személy másodpercenként átlagosan 1,7 MB<sup>24</sup> adatot hoz létre és havonta 49,8 GB internetforgalmat generál, az összes keletkező adat 85%-a pedig más adatok másolata. Míg 2020-ban a világ digitális adatmennyisége „mindössze” 44 ZB<sup>25</sup>-ra rúgott, 2022-re ez több mint duplájára növekedve elérte a 97 ZB-ot (egy átlagos internetelőfizetőnek nagyságrendileg 2 Mrd évig tartana letölteni), három év múlva ez várhatóan 175 ZB-ot fog kiteni. [180] A jelenleg hozzáférhető „Big Data” eljárások már alkalmasak arra, hogy nagy mennyiségű adatot dolgozzanak fel. Az IBM Watson Discovery szolgáltatása is ilyen eljárásokra épül, azaz a különböző digitális formátumokban rendelkezésre álló strukturált és strukturálatlan adatokat gépi tanulási algoritmusok segítségével elemzi, rendszerezzi és NLP-eljárásokon keresztül vizsgálja meg, hogy az adott forrásban a számunkra szükséges információ milyen kontextusban van jelen. [181] Jó példa a Watson Discovery működésére egy, a koronavírus-járvány idején a demóverzióval végzett teszt eredménye, ami az 51. ábrán látható. A rendszer – a beállításoknak megfelelően – csak a járvány terjedésének kezdetén kijelölt 2 hónapos terminus forrásait vette figyelembe, amelyeken elvégezte az elemzést.

A „Sentiment Analysis”, azaz hangulatelemzés rész tartalmazza, hogy a keresett kifejezést a szöveg pozitív vagy

negatív kontextusban szerepelteti-e. Az „Anomaly Detection”, azaz a rendellenesség-érzékelés részben a rendszer azt emeli ki, hogy az adott időszakban melyik napokon szerepelt kiugró esetszámban a kifejezés. A fenti grafikonok különböző trendek elemzésére is alkalmasak, hiszen segítségükkel lemérhető egy adott hír, vagy esemény társadalmi fogadtatása, vagy akár egy szervezet pillanatnyi megítélése is. Ez a megoldás lehetővé teszi tehát a Magyar Honvédség társadalmi kapcsolatrendszerének vizsgálatát is, amely alapján meghatározható a helyes kommunikációs stratégia, a katonai pálya elismertségének erősítése a stabil utánpótlásbázis kialakítása érdekében. Az ehhez szükséges elemzéseket másodpercek alatt elvégzi a Watson Discovery, a felhasználónak csak azt kell megadnia bemeneti paraméterként, hogy milyen forrásokból dolgozzon a rendszer, és milyen időszakot vizsgáljon. A szoftver magyar nyelven jelenleg nem kínál szolgáltatást, ugyanakkor a Magyar Honvédség számára hasonló megoldás fejlesztése a fenti lehetőségen kívül számos további előnnyel is járhatna, például missziós területeken a CIMIC (Civil-Military Cooperation – Civil-Katonai Együttműködés), vagy a PSYOPS- (Psychological Operations – lélektani hadviselés) műveletek támogatása során.

A felderítés korábban említett területei a 21. században már nem választhatók szét markáns határvonalak mentén, a kapcsolódó tevékenységek hatékonyságát a különböző módszerekkel begyűjtött adatok integrált feldolgozása jelentősen fokozza. Ez az összadatforrású felderítés koncepciójának lényege, amely fogalom alatt azon komplex felderítési módszereket kell érteni, amelyek a hozzáférhető adat- és információforrások lehető legszélesebb körét, és a kapcsolódó technikai eljárásokat használják fel a cél elérése érdekében. A különböző módon megszerzett, eltérő formátumú adatok egységes rendszerbe foglalását úgynevezett fúziós adatfeldolgozás segítségével lehet megtenni, csak azt követően tudunk belőlük hatékonyan használható információkat kinyerni. [183] Ebben az információfeldolgozásban napjaink mesterséges intelligencia rendszerei már jelentős segítséget nyújtanak, illetve nyújthatnak, ezek fejlődése pedig alapjaiban fogja befolyásolni a jövő fegyveres konfliktusaiban az információs fölény kivívása érdekében végzett tevékenységek eredményességét.

## EGYÉB TERÜLETEK

Napjainkra a valós anyagi világgal párhuzamosan szinte teljesen kiépült egy digitális világ is, amelyben a valós szereplők mellett számos fiktív entitás is megjelenik. Így az a dimenzió egyfajta alternatív valóságnak is tekinthető, amelynek kollektív emlékezete nem feltétlenül kötődik szigorúan a valósághoz. Az ebben spontán kialakuló, vagy szándékosan létrehozott véleménybuborékok jelentősen képesek torzítani az egyének véleményét, súlyosabb esetben személyiségét, ezáltal komoly társadalmi változások generálására is alkalmasak. A kibertér szereplőinek egy része ezt a lehetőséget ki is használja politikai, vagy gazdasági céljai elérése érdekében. Ugyanakkor mindenki, aki bármilyen formában megjelenik a kibertérben – így minden állami vagy gazdasági szereplő – egyúttal fenyegetettségnek is ki van téve. Az onnan érkező különböző támadások céljától és módszereitől függően, akár a jelentős károkozás veszélye is fennáll. Ennek megelőzése, saját informatikai rendszereink védelme a kibervédelem alapvető feladata, amelynek technikai dimenziójában a mesterséges intelligenciák egyre komolyabb szerephez jutnak. Képesek észlelni a kibertámadásokat, azokat azonosítani és kategori-

zálni tudják, segítséget nyújthatnak a támadások forrásainak azonosításában, és az ellentevékenységek lebonyolításában. Felmérések szerint az MI-t leggyakrabban csalások, rosszindulatú szoftverek (malware) és zsarolóvírusok ellen, biztonsági rések osztályozásában, felhasználói és gépi viselkedéselemzésnél alkalmazzák. [184][185] Bár számos célszoftver elérhető a piacon, a nemzetbiztonsági szempontból kritikus – például a katonai rendszerek védelme érdekében –, érdemes lenne hosszú távon nemzeti fejlesztésekben is gondolkodni a kiberbiztonság területén.

A mesterséges intelligenciák alkalmazásának egy újabb fontos területe, amelyen komoly előrelépést lehetne elérni, a Magyar Honvédség nyilvántartási (pl. személyügyi, pénzügyi, logisztikai), valamint ügyviteli rendszere. Ezek a területeken a hagyományos papír alapú megoldások aránya még mindig irreálisan magas, amely kezelésének humán erőforrás-igénye jelentős a haderő teljes létszámához képest. Természetesen a kapcsolódó fejlesztéseknél kiemelt figyelmet kell szentelni a kezelt adatok szenzitivitásának, ugyanakkor a rendszer reagálóképességének csökkentése érdekében ezt mindenképpen megoldandó problémaként kell kezelni.

## ÖSSZEGRÉS

A mesterséges intelligenciák tevékenyége – ha legtöbbször láthatatlanul is –, fokozatosan növekvő mértékben van jelen mindennapi életünkben, és befolyásolja például az elérhető szolgáltatások színvonalát. Ennek ellenére még nem beszélhetünk igazi áttörésről, ami többek között technológiai, technikai, gazdasági, jogi és morális okokkal magyarázható. Ugyanakkor a fejlődés ütemét figyelve nem lehetnek kétségeink afelől, hogy a következő évtizedekben alapjaiban változtatják majd meg gondolkodásunkon keresztül egész világunkat. Az MI számos területen óriási lehetőséget jelent a mindennapi élet megkönnyítésétől az emberiség legjelentősebb problémáinak megoldásáig, ugyanakkor önfejlesztő képessége és ártó célú felhasználása egyre nagyobb kockázatot is jelent. Jelen tanulmányunkban az MI-nek a haderő egyes elemeinek, képességeinek fejlődésében játszott szerepét mutattuk be néhány kulcsfontosságú területre fókuszálva. Az ismertetett forráskönyvek alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a fegyveres konfliktusok kimene-tele a jövőben egyre kevésbé mennyiségi, mint inkább minőségi kérdéssé válik, és az összecsapás nem feltétlenül a hadszíntér fizikai dimenzióiban fog eldőlni. A globális katonai erőviszonyokat a következő évtizedekben alapjaiban fogja meghatározni, hogy ki milyen ütemben, és milyen mértékben képes a mesterséges intelligenciát saját szolgálatába állítani, az általa kínált lehetőségeket, technikai megoldásokat fegyver- és vezetés-irányítási, valamint döntéstámogató rendszereibe integrálni.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [171] Virágh Krisztián. *Harcsszimulátorok integrálásának lehetőségei a hazai katonai kiképzés rendszerébe, Tudományos Diákköri Dolgozat*, Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019.;
- [172] Dr. Németh András, Virágh Krisztián. *Virtuális valóság és haderő – technológiai háttér II. rész, Haditechnika, LV. évf. 3. sz., pp. 8–16., 2021. DOI: 10.23713/HT.55.3.02;*
- [173] Dr. Németh András, Virágh Krisztián. *Virtuális valóság és haderő – katonai alkalmazási lehetősé-*

*gek IV. rész, Haditechnika, LV. évf. 5. sz., pp. 2–7., 2021. DOI: 10.23713/HT.55.5.01;*

- [174] *VBS Control Behavior Pack: Breakthrough AI Behaviors at Your Command*, Bohemia Interactive Simulations, 2018.03.18. [https://www.youtube.com/watch?v=RwDaom\\_KlKY](https://www.youtube.com/watch?v=RwDaom_KlKY) (Letöltve: 2022.4.15.);
- [175] *VBS BLUE IG*, Bohemia Interactive Simulations, <https://bisimulations.com/products/vbs-blue-ig> (Letöltve: 2022.10.25.);
- [176] Forrás: <https://www.roadtovr.com/the-gulf-between-high-end-military-vr-and-consumer-vr-is-rapidly-shrinking/>; [https://bisimulations.com/sites/default/files/website\\_1920x700\\_header\\_vbs4\\_20\\_1.jpg](https://bisimulations.com/sites/default/files/website_1920x700_header_vbs4_20_1.jpg) (Letöltve: 2022.11.5.);
- [177] Haig Zsolt, Kovács László, Ványa László, Vass Sándor, Németh, András (szerk.). *Elektronikai hadviselés*, Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2014. ISBN: 9786155305870 [https://opac.uni-nke.hu/webview?infile=&sobj=9276&source=webvd&cgi\\_mime=application%2Fpdf%0D%0A](https://opac.uni-nke.hu/webview?infile=&sobj=9276&source=webvd&cgi_mime=application%2Fpdf%0D%0A) (Letöltve: 2022.10.15);
- [178] Kovács Tibor, Miklós Gellért. *A biometrikus adatok kezelésének jogi szabályozása*, Hadmérnök XIV. évf. 1. sz., pp. 8–16., 2019.;
- [179] Forrás: *Facebook settles facial recognition dispute*, 2020.01.30. <https://www.bbc.com/news/technology-51309186> (Letöltve: 2022.10.24.);
- [180] *How Much Data Is Created Every Day in 2022*, Webtribunal, 2022.10.07. <https://webtribunal.net/blog/how-much-data-is-created-every-day/#graf> (Letöltve: 2022.11.6.);
- [181] IBM. *Watson Discovery*, <https://www.coursera.org/learn/ai-with-ibm-watson/lecture/GF4X5/watson-discovery> (Letöltve: 2022.10.24);
- [182] Forrás: <https://discovery-news-demo.ng.bluemix.net/> (Letöltve: 2020.3.20.);
- [183] Kovács László. *Az elektronikai felderítés korszerű eszközei, eljárásai és azok alkalmazhatósága a Magyar Honvédségben*, Doktori (PhD) értekezés, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2003.;
- [184] Louis Columbus. *Why AI Is The Future Of Cybersecurity*, Forbes, 2019.07.14. <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2019/07/14/why-ai-is-the-future-of-cybersecurity/#70b243b0117e> (Letöltve: 2022.10.24);
- [185] Ronan Murphy. *With Watson, I can reduce response times to cybersecurity breaches by more than 50%*, IBM, <https://www.ibm.com/watson/ai-professionals/smartechnology/> (Letöltve: 2022.10.24).

## JEGYZETEK

- 17 MILES: Multiple Integrated Laser Engagement System – többcélú integrált lézeralkalmazású rendszer.
- 18 EST: Engagement Skills Trainer – lövészkatona kiképzését elősegítő rendszer
- 19 DSTS: Dismounted Soldier Training System – gyalogos katona kiképző rendszer.
- 20 MILSIM: Military Simulation – katonai szimuláció.
- 21 VBS: Virtual Battlespace – virtuális hadszíntér.
- 22 HMD: Head Mounted Display – fejre illeszhető kijelző.
- 23 1 petabyte =  $10^{15}$  byte.
- 24 1 megabyte =  $10^6$  byte.
- 25 1 zettabyte =  $10^{21}$  byte.

8. ábra. Leclerc XLR 6. generációs alapharcokosi az Eurosatory 2022-es hadiipari szakkiallítás francia standján (Fotó: Ocskay István)



Ocskay István\*

## Harckocsi-generációk **II. rész**

A szerző a Magyar Honvédség Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság Modernizációs Igazgatóság igazgatója, a téma szakértőjeként a harcjárművek generáció szerinti felosztásának kérdéseit veszi górcső alá. A tanulmány első részében amerikai, brit, orosz, lengyel és kanadai szakértők harckocsi-generációs értelmezését vizsgálta, majd a szakterület különböző megközelítéseiből kiindulva, új generációs besorolás alkalmazására tett javaslatot. Hét harckocsi-generációt különböztet meg, amelyekből az első négyet technikai fejlettség tekintetében részletesen bemutatta. A tanulmány második részében folytatódik a harckocsik generációk szerinti bemutatása.

### ÖTÖDIK GENERÁCIÓS HARCKOCSIK (1965–1982)

Az ötödik generációs harckocsik között már dominálnak az alapharcokcsik, és fokozatosan eltűntek a könnyű harckocsi kategória reprezentánsai, köszönhetően a technológia és a műszaki tudományok gyors ütemű fejlődésének. Szerepüket fokozatosan átvették a páncélozott szállító harcjárművek, és az azoknál komolyabb fegyverezettel ellátott páncélozott gyalogsági harcjárművek. [16; 398. o.]

Technikai jellemzőiket vizsgálva jellemző – az egyre fejlettebb páncéltörő löszerek fenyegetései, illetve az azokat alkalmazó fejlett, korszerűsített, nagyobb kezdősebességet



9. ábra. Az izraeli Latrunban található Yad Lashiron páncélos múzeumban kiállított 5. generációs Merkava Mk. 1 típusú harckocsi (Fotó: Ocskay István)

biztosító 100–105 mm űrméretű harckocsiágyú, valamint a jelentős páncélatütő képességgel rendelkező, huzalvezérelt páncéltörő rakéták hadrendbe állítása miatt –, ezekben a harckocsikban jelent meg először a homogén acélpáncélt leváltó szendvicspáncélzat. A páncéltörő rakéták tömeges

\* Ezredes. MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság modernizációs igazgató, NKE doktorandusz ORCID: 0000-0003-0279-8215



elterjedése készítette a harckocsitervezőket a szendvicspáncél, és különféle előtétpáncélzatok kialakítására, amely jellemzően megváltoztatta a korszak harckocsijainak külső kialakítását, tömegét és azok befoglaló méreteit.

A korábbi építési elvektől eltérően, hangsúlyos szerepet kapott a harckocsik oldalvédelmének fontossága is, hiszen a széles körben elterjedt kézi páncéltörő fegyverek alkalmazása már nem csak a szemből történő direkt támadási harceljárásokat tették lehetővé. A menetből történő harc megvívásának előtérbe helyezése miatt általánossá vált a korszerű fegyverstabilizátor rendszerek beépítése. Az eszközök jellemzően hidraulikus mozgató rendszeren keresztül szabályozták a fő fegyverzet vízszintes és függőleges mozgatását és hatékony éjjellátó rendszereit is, amelyek alkalmazásával valóban megvalósulhatott a harckocsik éjszakai harc megvívásának képessége. A korábbi generációhoz képest – kiváltképp Nyugaton – előtérbe került az ellenséges harckocsik minél nagyobb távolságból történő leküzdésének igénye, amely fejlettebb optikai, elektrooptikai és fegyverzeti rendszerek kifejlesztéséhez vezetett, ezzel egyidőben kissé háttérbe szorítva a páncélvédelem jelentőségét.

A majd húsz évet átfogó ötödik generációs korszak végére feltűntek az időszak elején megjelent harckocsik jelentősen modernizált változatai. Általánossá vált a NATO-szabvány szerinti 120 mm űrméretű, illetve az egykori Varsói Szerződés tagállamaiban rendszeresített, 125 mm űrméretű harckocsiágyú alkalmazása, amelyek alapvetően sima csövű kivitelben készültek. Megjelentek az egyre hatékonyabb, űrméret alatti páncéltörő löszerek leváló köpenyes<sup>6</sup> változatai is. [17; 105. o.] A korábban rendszeresített légvédelmi géppuskákat elkezdték leszerelni a harckocsitornyokról, felismerve azt a tényt, hogy a szuperszonikus és sokszor erősen páncélozott csatarepülőgépek elleni küzdelemre azok teljesen alkalmatlanok. Az olyan harctereken, ahol a harckocsikkal városi, beépített környezetben kellett harcolni (pl. Izrael) ezek a fegyverek továbbra is megmaradtak, sőt akár aknavetővel is kiegészültek, azonban feladatrendszerük megváltozott, jellemzően a harckocsit fenyegető gyalogság elleni harc lett a fő feladatuk.

A páncélvédelem terén a nyugati országokban a Chobham jellegű páncélzat<sup>7</sup>, míg a Varsói Szerződés tagállamaiban és Izraelben az ERA-panelek<sup>8</sup> alkalmazása terjedt el. Az optikai távolságmérők lassan átadták helyüket a lézertávolságmérőknek, amelyek a lövegstabilizátorokkal és a

10. ábra. Egy, a Cobham páncéljától megfosztott, brit Challenger 1 harckocsi, amelynek tornyán jól látszanak a jellegzetes páncélzat bekötési, hegesztési pontjai [21]



11. ábra. Egy felségjelzés nélküli, még gyári tesztelésen lévő M1IP (Improved Performance) növelt képességű amerikai harckocsi [18]

fejlett optikai irányító távcsövekkel egyre nagyobb találati pontosságot biztosítanak, még menet közbeni tüzeléskor – akár 1–3 km távolságra – is.

Az ötödik generációs harckocsik jellemző korai képviselői: az amerikai<sup>9</sup> M60-as, a szovjet<sup>10</sup> T-64-es és T-72-es, a brit Chieftain, a francia AMX-30-as, a 2. világháborút követő első német tervezésű harckocsi, a Leopard 1, illetve az első izraeli tervezésű harckocsi a Merkava Mk. 1 (9. ábra). Generációjuk utolsó időszakában jelent meg az amerikai M60A2-es, a szovjet T-64B és a T-72A, a brit Chieftain, valamint a német Leopard 1A4-es. Szintén az új építésű harckocsik közé sorolható az olasz OF-40-es, a svájci Pz68, valamint a japán Type 74-es. (5. táblázat)

### HATODIK GENERÁCIÓS HARCKOCSIK (1982–2014)

A hatodik generációs korszak mintegy 30 éves időtartamot ível át, amely új kialakítású, fejlettebb, az új követelményeknek megfelelően tervezett harckocsik megjelenésével kezdődik. Ezek az eszközök a hidegháború után is a hadseregek eszközparkjában maradtak, bár egyre kisebb mennyiségben, és a generációjuk utolsó szakaszában már az új típusú, hibrid, városi harcra optimalizált kialakítással rendelkeztek. A hatodik generáció hosszabb időszakát meghatározta az a tény is, hogy a hidegháborús enyhülés alatt radikálisan csökkent az igény a harckocsik iránt, legalábbis az európai hadszíntéren ezekre az eszközökre nem volt már szükség olyan nagy mennyiségben, mint a hidegháború éveiben. A legtöbb ország jelentősen csökkentette harckocsi- és lánctalpas páncélozott harcjárműállományát, így legtöbbször a korszerűbb, új gyártású harcjárművek elterjedése, további fejlesztése is megrekedt. Az új eszközök gyártása helyett kisebb költséggel, hosszabb időszakra is tudtak a kor követelményeinek megfelelő harckocsikat fejleszteni, nem kellett az amúgy is szűkülő haditechnikai beszerzési forrásokat erre a területre elvesztesgetni.

A technikai jellemzők tekintetében – az érzékelők széles spektrumában – megkezdődött a különféle szenzorrendszerek napjainkig is tartó töretlen fejlődése. Ezek a harckocsik az alapjai azoknak a már digitalizált világban alkalmazott eszközöknek, amelyekkel a mai fegyveres erők zöme rendelkezik. Az alapharckocsikban alkalmazott 120/125 mm űrméretű sima csövű harckocsiágyú az előző generációból megmaradt, és elkezdődtek azok a rövid életű kísérletek is, amelyek egy nagyobb kaliber bevezetését irányozták volna



5. táblázat. Az ötödik generációs harckocsik jellemző képviselőinek fontosabb technikai paraméterei és tulajdonságai (A szerző szerkesztése [18] alapján)

Típus	Gyártó ország	Tömeg (t)	Átlag-sebesség (km/h)	Hatótávolság (km)	Kezelő-személyzet (fő)	Fegyverzet	
						mennyiség, fegyverfajta	űrméret (mm)
Type 74	Japán	38	50	300	4	1 db ágyú	105
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Chieftain	Anglia	55	40	500	4	1 db ágyú	120
						2 db géppuska	7,62
AMX-30	Franciaország	36	60	550	4	1 db ágyú	105
						1 db géppuska	20
						1 db géppuska	7,62
Merkava Mk. 1	Izrael	60	40	400	5	1 db ágyú	90
						1 db aknavető	60
						3 db géppuska	7,62
Leopard 1A4	Németország	42,5	60	600	4	1 db ágyú	105
						2 db géppuska	7,62
OF-40 Mk.2	Olaszország	43	60	550	4	1 db ágyú	105
						2 db géppuska	7,62
Panzer 68	Svájc	39	45	250	4	1 db ágyú	105
						2 db géppuska	7,5
M60A2	USA	44	40	480	4	1 db ágyú	152
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
M1 Abrams	USA	60	60	400	4	1 db sima csövű ágyú	120
						2 db géppuska	7,62
T-64	Szovjetunió	42	55	500	3	1 db sima csövű ágyú	125
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
T-72	Szovjetunió	41,5	45	500	3	1 db sima csövű ágyú	125
						1 db géppuska	12,7
						7,62 géppuska	7,62

elő. A korábban térhódító hidraulikus vezérlési elemeket felváltotta a kevésbé sérülékeny, jobban szabályozható és a kezelőállomány számára is biztonságosabb elektromos elemek alkalmazása a lövegek mozgatása és stabilizálása közben. Tovább fejlődött a harckocsiágyúkhöz alkalmazott löszertípusok vertikuma és hatásmechanizmusa, elkészültek és alkalmazásra is kerültek a szegényített urán (DU – Depleted Uranium) csúccsal rendelkező, űrméret alatti lövedékek. Ennek analógiájára páncéltörő elemekben is megjelent a DU-anyagok alkalmazása, de alapvetően csak az amerikai harckocsikon, és csupán ideiglenesen. Nyugaton mind a tornyon, mind pedig a páncéltesten általánossá vált a hegesztett Chobham páncélelemek alkalmazása. A számítógéppel támogatott fejlesztéseknek köszönhetően, folyamatos volt a kompozit páncéltörő szélesebb körű elterjedése is ebben az időszakban, hiszen a harckocsik fokozottabb körkörös védelmi képességét alapvetően ezekkel a kiegészítéssel, utólagosan felszerelhető elemekkel tervezték növelni. Az aknák elleni védelem is kiemelt jelentőséget kapott az

eszközök tervezésekor, átalakításakor. Jellemzően az orosz és izraeli típusokon vált elterjedté a reaktív páncélelemek alkalmazása, amelyet fokozatosan (kezdetleges) aktív védelmi rendszerekkel egészítettek ki. Ezek először még az ún. soft-kill<sup>11</sup> rendszerekből álltak, amelyek célja a közeledő páncéltörő rakéták eltérítése, röppályájuk megszakítása volt, majd a számítógépek korszerűsítése nyomán, és a mikroelektronika elterjedésével megjelentek az egyre hatékonyabb hard-kill<sup>12</sup> aktív védelmi rendszerek is.

A korábban a légvédelmi képesség érdekében alkalmazott, toronyra szerelt géppuska feladatrendszere átértékelődött, és a páncéltörő eszközzel rendelkező ellenséges gyalogság leküzdése vált kiemelt fontosságúvá. A kezelőállomány fokozott védelmének biztosítása érdekében – nem utolsósorban a technikai fejlődés adta lehetőségek kiaknázásával –, a távirányított fegyverplatformok elterjedése kezdett általánossá válni.

Mozgékonyság szempontjából vizsgálva a fejlődési fázisokat, a harckocsikban korábban általánosan alkalmazott



12. ábra. Az Army 2018 kiállításon bemutatott T-90A harckocsi Sthora1 sugárvetőkkel felszerelt aktív védelmi rendszerrel (Fotó: Ocskay István)



13. ábra. Az Avco Lycoming AGT-1500-as gázturbina és Allison X1100-3B hidrodinamikus nyomatékváltóból álló ún. power-pack cseréje tábori körülmények között, egy amerikai M1A2 típusú harckocsiban [22]

torziós felfüggesztés, és a hozzá kapcsolt 6–7 futógörgős kialakítás többnyire megmaradt, de lassan elkezdett terjedni az 1960-as években megjelent hidro-pneumatikus felfüggesztés, amelyet már korszerű, számítógéppel vezérelhető, sokkal megbízhatóbb lengéscsillapító-rendszerek egészítettek ki. A harckocsimotorok között továbbra is meghatározó a turbófeltöltővel ellátott dízel erőforrások túlsúlya, bár a generáció két jellemző harckocsi típusa, a szovjet/országi T-80-as és az amerikai M1A Abrams is gázturbinás hajtóművekkel rendelkezik.

A jobb terepjárási paraméterek biztosítása érdekében már keleten is elterjedt az automatikus nyomatékváltók alkalmazása, amelyek nagyobb hátrameneti sebességet is lehetővé tettek az eszközök számára, és biztosították – az egyre fontosabbnak tekintett – magas gyorsítási jellemzőket. Egyre nagyobb igény mutatkozott a hosszú élettartalmú, de legfőképpen a korábbi típusoknál jelentősen csendesebb, egy egységben gyártott gumi lánctalpra, amely a 40–45 tonnás kategóriáig opcionálisan elérhetővé vált. Ezzel számottevően csökkent a futómű rugózatlan tömege, és jelentősen tompíthatóvá vált a lánctalpas futómű egyik korábbi jelentős hátránya, a sebességgel arányosan növekvő zajhatás.

A hatodik generáció időszakának végén megjelentek az előző generáció kései, és a hatodik „nemzedék” korai fejlesztésű harckocsijainak végletekig modernizált verziói, amelyek újabb jelentős fejlesztéseken estek át. Mindez azt a tényt igazolja, hogy a harckocsi gyártása – azon belül is egy új páncéltest elkészítése – lényegesen többbe kerül, mint egy teljesen új harckocsi kialakítása. Ezek látványos képviselői a T-72B3, vagy az M1A2 SEPv3 Abrams harckocsik, amelyek alapeszközeit még az 1970-es évek végén, ötödik generációs eszközként kezdték el gyártani.

Technikai értelemben, ezekben a harckocsikban megtalálható az elmúlt 10–15 év számítástechnikai fejlesztésének számos eredménye. Komplikált tűzvezetési és harcvezető rendszerekkel (például: BMS, C2, C4ISR) rendelkeznek, amelyek nemcsak a saját, hanem más fegyvernemekkel és szakcsapatokkal történő hatékony együttműködésre is alkalmasak. Kifinomult, folyamatosan korszerűsödő szenzorrendszerükkel támogatni tudják a harckocsi parancsnok munkáját. Növekedett a hard-kill aktív védelmi rendszerrel utólagosan felszerelt harckocsi száma, így ezek a jó határfokú rendszerek – irányított repeszfelhővel, vagy vágótöltetek alkalmazásával – biztosíthatják a harckocsi aktív védelmi képességét.

A tüzérő nagyságrendjében nem következett be jelentős változás a generáció fejlődése során, a korábbi L44 űrméret-hosszúság helyett azonban megjelentek az L52–L55 űrméret-hosszúságú, de továbbra is 120–125 mm űrméretű harckocsiágyú, amelyek az űrméret alatti lövedékek számára a közel 2 km/s csőtorkolati sebességet biztosították. A lőszerpaletta szűkülése ebben az időszakban az ABM (Air Burst Ammunition – levegőben detonáló lőszer), többfunkciós lőszer megjelenése miatt következett be. A célok váratlan és rövid idejű megjelenése komoly kihívást jelent a tűzvezető rendszer – és kezelői – számára, ezért gyors tűzátelyezést biztosító toronyforgatási és lövegemelési megoldásokat kellett találni. A tervezők a generáció során a korábbi megoldásoknál biztonságosabb, elektromos meghajtásokra tértek át.

A harckocsi mozgékonyságának paramétereiben egy kismértékű visszalépés következett be, mivel a páncélvédelem, valamint a szenzorok számának növekedésével a korszak alapharckocsijainak a tömege (teljes városi harcra optimalizált védelmi csomagok esetében) jellemzően meghaladta a 70 tonnát, ugyanakkor a rendelkezésre álló harckocsimotorok teljesítménye továbbra sem haladta meg az 1119 kW-os (1500 LE-s) értéket. Emiatt a harckocsi fajlagos teljesítménye 8–12%-kal csökkent. A fejlesztők a végsebesség megőrzése helyett a harckocsi gyorsulásértékének megtartása mellett tették le a voksukat, változtatva a kihajtóművek végáttételének viszonyszámán. A gázturbinás hajtómű továbbra is megőrizte a szerepét, bár annak nagy tüzelőanyag-fogyasztása miatt több ízben tervezték leváltását turbódízel erőforrásokkal. Egy újonnan, a 2000-es években hadszíntérenként felmerült régióban (az északi sarkköri területeken) történő alkalmazhatóság miatt azonban rendszerben tartásuk indokoltá vált. Az elektronikai berendezések további jellemzői a hidegindítási problémák; a gázturbinás erőforrással szerelt eszközök sarkvidéki éghajlaton létesített bázisokon történő üzemeltetése azonban nagyobb gondok és logisztikai problémák nélkül is lehetséges.

A generáció alapvetően az elektronikai eszközök fejlettségében, a szenzorok pontosságának akár nagyságrendekben mérhető növekedésében tér el a korábbiaktól. A sokkal pontosabb lézertáv mérőknek és lézergiroszkópoknak köszönhetően, a mozgásból leadott lövések 95%-nál magasabb találati valószínűséggel érnek a célba. Az elekt-





14. ábra. A német Leopard 2A7V harckocsi kísérleti Trophy aktív védelmi rendszerrel felszerelve [23]

ronikai berendezések további méretcsökkenése miatt lehetőség nyílt – más fegyvernemek mellett – a drónokkal történő együttműködésre, de akár a műholdak adatainak lekérésére is harckocsikként, illetve kötelékben is. Az információk adatmennyisége és megosztási sebessége drasztikusan növekedett, így egyszerre több tűzfeladat feldolgozására is lehetőség nyílt oly módon, hogy ezeket az információkat – a célok irányított leküzdése érdekében – a másodperc tört része alatt meg lehessen osztani a többi harckocsival.

Ebben a generációs időszakban felértékelődött a harckocsi megjelenése óta meglévő ún. „Iron-Triangle” (vasháromszög – a magyar szakirodalom „aranyháromszög”-ként hivatkozik rá) néven ismert szempontrendszer, amely három, jellemzően a harckocsikra megalkotott tulajdonságot egyesít: a tüzérőt, a páncélvédelmet és a mozgékonyt. Az informatikai fejlesztések és korszerűsítések nyomán, a háromszempontú ismérrendszer további három ponttal – adaptáció, alkalmazhatóság, kommunikáció – egészült ki, és vált „Steel-Hexagon”-ná (acél hatszög), amely a korábbinál árnyaltabban jellemezte a generációt képviselő harckocsikat.

A generáció első időszakának jellemző képviselői az amerikai M1 Abrams, a szovjet T-80-as és T-90-es, a T-64BV és a T-72B, a brit Challenger-1, a német Leopard 2-es, az olasz C1 Ariete, a francia Leclerc, a japán Type-90-es, az izraeli Merkava Mk. 3, a dél-koreai K2-es és a már nem szovjet másolat alapján gyártott kínai Type 98-as és Type 99-es, valamint a Szovjetunió széthullásával önálló harckocsigyártást magáénak tudó ukrán T-84 Oplot.

A hatodik generáció időszakának második felére jellemző harckocsik – a napjainkban rendszerben álló eszközök – az előzőek továbbfejlesztett, magas szinten modernizált változatai, például az amerikai Super M60-as vagy az M1A2 SEPv2, a francia AMX-32-es és AMX-40-es, a brit Chieftain 800-as és 900-as, az ukrán T-64BM Bulat, vagy akár az izraeli Merkava Mk. 4-es, az orosz T-80-as és a T-90-es harckocsik modifikációi, a német Leopard 2A5/6/7, a japán Type-10-es, a török Altay, vagy a brit Challenger-2.

## ÚJ (HETEDIK) GENERÁCIÓS HARCKOCSIK (2015–)

Ebbe a generációba kizárólag olyan harckocsik tartoznak, amelyek jelentős mértékben robotizált, távvezérelt képességekkel rendelkeznek, a korábbi harckocsi építési elvektől jelentősen eltérő elvek alapján készülnek, a tűzképességük és a védelmi képességeik is jelentősen és korszakosan meghaladják az előző generációban jellemző képességeket. A harckocsi már a tervezéskor eleve kiterjedt szenzor- és védelmi rendszerekkel rendelkeznek, gyakorlatilag a szenzorok köré építik a harckocsikat, és nem utólagos modernizálás során szerelik a járművekre azokat. A harckocsi személyzete a beépített, távirányított fegyvertől elszeparáltan, jelentős, integrált védelmi cellában foglal helyet, és hajtja végre harcfeleadatát. Az eszközökbe egyre nagyobb mennyiségben építenek be különféle korai előrejelző, és a harckocsi körüli környezet érzékelését biztosító rendszereket. A harckocsiágyú irányítása már a drónoktól kapott információk alapján történhet, mindennaposá válik a drónokkal történő együttműködés.

A tüzérő nagyságrendjét egyelőre nem módosították; megmaradt a korábban bevált 120, illetve 125 mm űrméretű, sima csövű harckocsiágyú, de a torony kialakítása, annak tervezése lehetővé teszi nagyobb fegyverek alkalmazását is 130, 140 vagy 152 mm-es űrméreteken. A nagyobb űrmérethez tartozó lőszer töltése már nem történhet emberi erő igénybevételével, ezért általánossá válik az automata töltőberendezés alkalmazása. Jellemzően aktív és passzív védelmi képességek kombinációjával rendelkeznek, amelynek kialakítása már a harckocsi páncélzatába integráltan megtörténik.

A hajtásláncok területén megjelennek, majd egyeduralkodóvá válnak a hibrid, később az elektromos hajtások, amelyek előfeltétele a nagy kapacitású energiatároló rendszerek megléte. A technológiai fejlesztéseknek köszönhetően az 50 tonnás kategóriában is elérhetővé válnak a végtelenített gumi lánctalpak, amelyek – a hibrid, majd később a teljes elektromos hajtásláncsal kombinálva –, a csendes üzemeltetés feltételül fognak szolgálni.

6. táblázat. A hatodik generációs harckocsik jellemző képviselőinek fontosabb technikai paraméterei és tulajdonságai  
(A szerző szerkesztése [18] alapján)

Típus	Gyártó ország	Tömeg (t)	Átlag-sebesség (km/h)	Hatótávolság (km)	Kezelő-személyzet (fő)	Fegyverzet	
						mennyiség-kialakítás	űrméret (mm)
Type-90	Japán	50	65	400	3	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Type-10	Japán	44	65	500	3	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Challenger 1	Anglia	62	50	500	4	1 db ágyú	120
						2 db géppuska	7,62
Challenger 2	Anglia	63	50	500	4	1 db ágyú	120
						2 db géppuska	7,62
AMX-40	Franciaország	44	60	800	4	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	20
						1 db géppuska	7,62
Leclerc	Franciaország	54,6	65	550	3	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Altay	Törökország	55	65	500	4	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	12,7
						2 db géppuska	7,62
Merkava Mk. 3	Izrael	60	55	500	4	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db aknavető	60
						3 db géppuska	7,62
Merkava Mk. 4	Izrael	65	60	500	4	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Type 98	Kína	48	60	450	3	1 db sima csövű ágyú	125
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Type 99G	Kína	58	70	600	3	1 db sima csövű ágyú	125
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Leopard 2A5	Németország	62,5	65	500	4	1 db sima csövű ágyú	120
						2 db géppuska	7,62
Leopard 2A7	Németország	67,5	65	450	4	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
C1 Ariete	Olaszország	54	60	550	4	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	7,62
K1	Dél-Korea	51	60	450	4	1 db sima csövű ágyú	105
						1 db géppuska	12,7
						2 db géppuska	7,62
K2	Dél-Korea	55	65	430	3	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Super M60	USA	56,3	65	500	4	1 db sima csövű ágyú	105
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62

6. táblázat. (folytatás)

Típus	Gyártó ország	Tömeg (t)	Átlag-sebesség (km/h)	Hatótávolság (km)	Kezelő-személyzet (fő)	Fegyverzet	
						mennyiség-kialakítás	űrméret (mm)
M1A2 SEPv2 Abrams	USA	63	60	425	4	1 db sima csövű ágyú	120
						1 db géppuska	12,7
						2 db géppuska	7,62
T-80U	Szovjetunió	46	65	400	3	1 db sima csövű ágyú	125
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
T-90M	Oroszország	46,5	55	550	3	1 db sima csövű ágyú	125
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
Oplot-M	Ukrajna	51	65	450	3	1 db sima csövű ágyú	125
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62
T-64BM Bulat	Ukrajna	45	55	500	3	1 db sima csövű ágyú	125
						1 db géppuska	12,7
						1 db géppuska	7,62

Az aktív védelmi rendszerek elterjedésének és hatásfokának növekedésével, például az elektromos páncél alkalmazásával csökkenthető lesz a harckocsik össztömege, amely kedvezően hat majd a mozgásképességi mutatókra is.

Az új generáció jellemző képviselői a nagyközönség előtt a 2015. május 9-i moszkvai győzelem napi díszszemlén bemutatkozó [18] Armata, egységes harcjármű platformra épülő T-14 típusú harckocsi [14. ábra] [19], illetve az amerikai MPF-programra pályázó M8 MPF (Mobile Protected Firepower – mobil védett tüztámogató harcjármű) harckocsi, amelyek bizonyos távirányítási, vagy önvezetési tulajdonságokkal is rendelkeznek. A tanulmány írásával egy időben megjelentek a hetedik generációs harckocsik leg-

utolsó szereplői, mint például a német KF-51 Panther, valamint az M1 Abrams alapjaira építkező, következő generációs amerikai harckocsi, az AbramsX [16. ábra]. (7. táblázat)

### ÖSSZEZÉS

A tanulmány első részében (Haditechnika 2023/1., 7–14. o.) bemutatott harckocsi-generációkkal együtt, a korszakos felosztás jelenleg a 7. generációnál tart, és az orosz–ukrán háború végkimenetétől függetlenül, a jövőben vélhetően újabb generációk követik egymást. Időről időre megkon-

15. ábra. Egy T-14 Armata alapharckocsi vonul a 2019-es moszkvai győzelmi napi díszszemlére

(Forrás: HT archív / Zentay Péter)



7. táblázat. A hetedik generációs harckocsik jellemző képviselőinek fontosabb technikai paraméterei és tulajdonságai (A szerző szerkesztése [18] alapján)

Típus	Gyártó ország	Tömeg (t)	Átlag-sebesség (km/h)	Hatótávolság (km)	Kezelő-személyzet (fő)	Fegyverzet
T-14	Oroszország	55	70	550	3	1 db sima csövű ágyú
						125
M8 Buford	USA	24	65	500	3	2 db géppuska
						7,62
						1 db ágyú
KF-51 Panther	Németország	59	65	500	4	105
						1 db géppuska
						7,62
KF-51 Panther	Németország	59	65	500	4	1 db ágyú
						130
						1 db géppuska
KF-51 Panther	Németország	59	65	500	4	7,62
						12,7



16. ábra. Az amerikai General Dynamics által, az AUSA 2022 kiállításon bemutatott AbramsX, 7. generációs harckocsi prototípusának bal oldali nézete [24]

kapcsolatban, de a világ különböző haderőiben a harckocsikra láthatóan szükség van, a harckocsikat fejleszteni kell, és az eszközök továbbra is az országok nem nukleáris elrettentő erejének fő haditechnikai eszközét fogják képezni.

Nem véletlen, hogy azok az országok, amelyek tradicionálisan „harckocsi-nagyhatalmak” voltak, folyamatosan támogatják a harckocsi alkalmazását és fejlesztését. Ahogy James McConville, az Amerikai Egyesült Államok Hadserege (US Army) szárazföldi erejének vezérkarfőnöke tavaly, a U.S. Army éves bemutatóján és konferenciáján kijelentette: „...csak akkor nincsen szükségünk harckocsikra és páncélozott harcjárművekre, ha nem szeretnénk nyerni a háborúban”. [20]

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [16] Skinner, D.R. Tactics and design of armoured fighting vehicles. Royal United Services Institution. Journal, 89:556, pp. 392–398. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03071844409419125?journalCode=rusi19> <https://doi.org/10.1080/03071844409419125> (Letöltve: 2022.1.21.);
- [17] Stefancsik F. A harckocsi múltja, jelene és jövője. Új Honvédségi Szemle LXI. évfolyam, 10. szám, Budapest, 2007;
- [18] <https://tanks-encyclopedia.com> (Letöltve: 2021.10.7.);
- [19] Zentay Péter, „Vitézek a Vörös téren – Harckocsik és harckocsi támogatók III. rész” *Haditechnika* 53. évf. 5. szám (2019): 26–29. <http://doi.org/10.23713/HT.53.5.06>.

- [20] ASHLEY ROQUE, „With war in Europe, US Army replenished weapons, pushed modernization: 2022 in Review” *Breaking Defense* 2022. december 27. [https://breakingdefense.com/2022/12/with-war-in-europe-army-replenished-weapons-stockpile-and-pushed-modernization-2022-in-review/?utm\\_campaign=Breaking%20Defense%20Land&utm\\_medium=email&\\_hsmi=239636823&hsenc=p2ANqtz-8KNxtUlrWJw8LKq\\_DXwk1E2vTr4-ektAsp1VFFFQsrVH6ngOYFnTwe-rITAjKubuPFcvFY1HNKfPPJlfb-S8mnLPPw&utm\\_content=239636823&utm\\_source=hs\\_email](https://breakingdefense.com/2022/12/with-war-in-europe-army-replenished-weapons-stockpile-and-pushed-modernization-2022-in-review/?utm_campaign=Breaking%20Defense%20Land&utm_medium=email&_hsmi=239636823&hsenc=p2ANqtz-8KNxtUlrWJw8LKq_DXwk1E2vTr4-ektAsp1VFFFQsrVH6ngOYFnTwe-rITAjKubuPFcvFY1HNKfPPJlfb-S8mnLPPw&utm_content=239636823&utm_source=hs_email);
- [21] Forrás: <http://fighting-vehicles.com/challenger-1-tank/challenger-1-tank-with-its-chobham-armor-removed/> (Letöltve: 2022.10.21.);
- [22] Forrás: <https://www.inetres.com/gp/military/cv/tank/M1.html> (Letöltve: 2022.10.21.);
- [23] Forrás: <https://militaryleak.com/2021/11/04/rafael-trophy-active-protection-system-successfully-tested-on-german-leopard-2a7-tanks/> (Letöltve: 2023.1.10.);
- [24] Forrás: <https://www.autoevolution.com/news/abrams-x-emerges-as-the-tank-of-the-future-youtube-video-shows-it-driving-200764.html> (Letöltve: 2023.1.10.).

#### JEGYZETEK

- 6 APFSDS – Armour Piercing Fin-Stabilized Discarding Sabot (szárnystabilizált, leváló köpenyes páncéltörő lőszer).
- 7 A Chobham páncél az angliai Chobham Common területén található brit tankkutató központban kifejlesztett kompozit páncél nem hivatalos megnevezése, de általában a kerámia járműpáncélatok megnevezésére is használják. Az 1980-as évektől megjelenő kompozit páncélatok részletes felépítését az alkalmazó országok titokban tartják. A kerámiának nevezett szintetikus kristályok közül páncélba ágyazottan alumínium-oxid vagy korund golyókat és betéteket alkalmaztak a korabeli harckocsikban.
- 8 ERA – Explosive Reactive Armour (robbanó reaktív páncél).
- 9 MBT – Main Battle Tank (alapharckocsi).
- 10 Основной боевой танк – alapharckocsi.
- 11 Soft-kill – az aktív védelmi rendszerek első generációja, ahol nem fizikai tárgyakkal (értsd: repeszek, lövedékek, robbanótestek) történi a páncéltörő fegyverek elleni ellentévesítés.
- 12 Hard-kill – az aktív védelmi rendszerek további fejlesztésével létrejövő, a harckocsit fenyegető páncéltörő fegyvereket valamilyen fizikai behatással semlegesítő rendszerek, amelyek ezt a hatást különféle repeszképző rakéták robbantásával érik el.
- 13 Штора, azaz oroszul függöny.



Dr. Varga Béla\*

## A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai **II. rész**

A szerző cikksorozatában bemutatja a propulziós rendszerek működését, a tolóerő keletkezésének összefüggéseit, ezen belül részletesen foglalkozik a gázturbinás propulziós rendszerek típusaival, és szerkezeti kialakításukkal. Tárgyalja a hajtóműfejlesztés és a klímaváltozás miatt is fontos széndioxid-kibocsátás összefüggéseit. Vizsgálja az alternatív tüzelőanyagok alkalmazásának lehetőségét, és azoknak a hajtómű termikus hatásfokára és fajlagos hasznos munkájára kifejtett hatását. Foglalkozik a gázturbinás hajtóművek égőtereinek kialakításával, kémiai, termodinamikai és gázdinamikai kérdéseivel, a keletkező égéstermék összetételével. A tanulmány második részében a szerző folytatja a hajtóműtípusok bemutatását.

### TURBÓLÉGCSAVAROS HAJTÓMŰVEK (TURBOPROP)

A hőerőgépet képező gázgenerátor-egység minden gázturbinában létfonosságú elem. Ebben az esetben azonban a gáz kinyerhető energiájának nagy része további turbinafokozatokban munkává alakul, meghajtva a légcsavart. Ezek a fokozatok a legtöbb esetben mechanikusan függetlenek a kompresszorturbina-fokozatoktól, közöttük csak gázdinamikai kapcsolat van, tehát csak a munkaközeg azonos. Mivel a légcsavar megengedett fordulatszáma jóval alacsonyabb, mint a meghajtó turbina fordulatszáma, így fordulatszám-csökkentő közlőmű (reduktor) beépítése szükséges a turbina és a légcsavartengely közé. Általában a vonóerő 85–90%-át a légcsavar által felgyorsított környezeti levegő, míg a fennmaradó 10–15%-ot a fűvócsövön kiáramló forró gáz hozza létre. Létezik azonban számos

turbólégcsavaros hajtóműtípus – főleg a kis kategóriában –, amelyeknél a gáz teljes kinyerhető energiája a turbina-ban hasznosulva tengelyteljesítményt szolgáltat. Ez azt jelenti, hogy a turbina utolsó fokozatának kilépő keresztmetszetében a gáz már közel a környezeti nyomásra expandált. Ebben az esetben a munkát végzett, már tolóerőképzésre alkalmatlan égéstermék a gázvezető rendszeren (nem fűvócső) keresztül áramlik ki a környezetbe.

Ezeknek a hajtóműveknek a jellegzetes üzemi tartománya a 400–650 km/h közötti sebesség- és az 5500–9000 méter közötti repülési magasságtartomány. A turboprop hajtóművek, a légcsavarok jó propulziós hatásfoka miatt üzemanyag-felhasználás szempontjából a legtakarékosabb gázturbinás repülőgéphajtóművek, de mint látható, a nagy kétáramúsági fokú hajtóművekhez képest ez kb.  $M = 0,2-0,3$  értékkel kisebb Mach-számot<sup>10</sup> és 3 km-rel alacsonyabb repülési magasságot jelent. Az ilyen hajtómű legjobb fajlagos tüzelőanyag-fogyasztása általában kb. 7000–8000 méteres magasságtartományban érhető el. A turbólégcsavaros hajtóművek modern légcsavarjai manapság kompozitból készülnek, többnyire soklapátos kivitelben. A speciális „szablya alakú” kialakítás (16. ábra) lehetővé teszi a magasabb fordulatszámot anélkül, hogy létrejönnének a hangsebesség körüli áramláshoz köthető negatív jelenségek. Bár a legkorszerűbbek esetén elérhető maximális  $M = 0,7$  körüli Mach-számot jobb hatásfokkal érik el, mint a nagy kétáramúsági fokú hajtóművek, de a kibocsátott zaj sokkal magasabb. A lapátok szükség esetén az áramlással párhuzamossá (vitorlába) állíthatók, amely helyzet – a hajtómű meghibásodása esetén – csökkenti az ellenállást. A lapátok reverz állásba is állíthatók,

\* Alezredes (PhD), egyetemi docens, NKE HHK Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék ORCID: 0000-0003-3454-0825





17. ábra. Az NFTC-képzésben alkalmazott CT-156 Harvard II kiképző repülőgép, Pratt & Whitney Canada PT6A-68 (820 kW) hajtóművel [17]

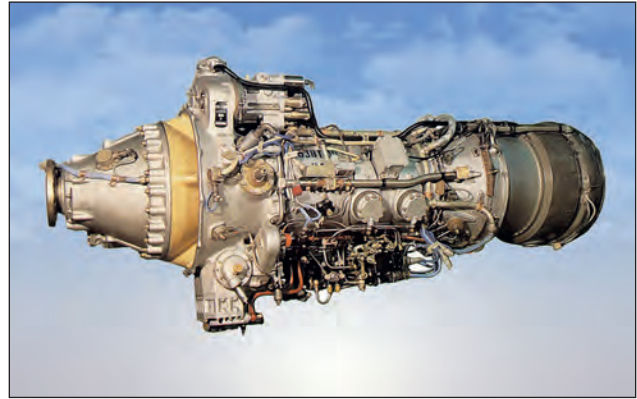
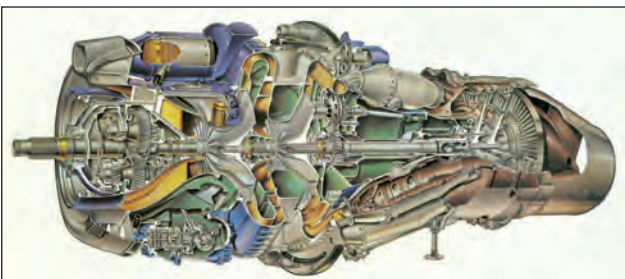
amely negatív tolóerőt eredményez, lassítva ezzel a repülőgépet a földet érés után.

A Turboprop hajtóművek manapság a katonai szállítógépek (pl.: az Airbus A400M Europrop International TP400–D6 hajtóművei), a regionális utasszállító repülőgépek és kisebb üzleti repülőgépek jellemző erőforrásai. Használhatók még az egyhajtóműves, kétüléses katonai kiképző repülőgépek, mint például a Pilatus PC-9, vagy az NFTC-programban (NATO Flying Training in Canada) is alkalmazott Royal Canadian Air Force CT-156 Harvard II (17. ábra), vagy a brazil Embraer Tucano erőforrásaiként.

A turbólégcsavaros hajtóművek története szempontjából vissza kell kanyarodnunk a tanulmányorozat első részében már említett Jendrassik György gépészmérnökhöz, akinek 1938-ban elkészült, közel 75 kW-os teljesítményű gázturbinája volt a legelső ilyen kis méretben megvalósított légszűrővel gázturbinára. Repülőgépre történő felszerelése csak terv maradt, amely a II. világháború miatt nem valósult meg.

Az első brit turbólégcsavaros hajtómű a Rolls-Royce RB.50 Trent volt, amely egy átalakított Rolls-Royce RB.37 Derwent II turbojet hajtómű volt reduktorral, és 2,41 m átmérőjű, ötlapátos légszűrővel. A Gloster Trent-Meteor egyedülálló helyet foglal el a repülés történetében, mint a turbólégcsavaros hajtás úttörő repülőgépe. 1945-ben két Trent-hajtóművet építettek a kísérleti Gloster Meteor EE227 típusú vadászrepülőgép szárnyába, amely így a világ első turbólégcsavaros meghajtású repülőgépe lett. Az először 1945. szeptember 20-án repülő kísérleti gépet ugyan nem kezdték el sorozatban gyártani, de az így szerzett tapasztalatokat felhasználva, a Rolls-Royce kifejlesztette az RB.39 Clyde típust, amely civil és katonai típusalkalmassági engedéllyel is rendelkezett. A következő fejlesztési lépcsőt az RB.53 Dart jelentette, amely a valaha gyártott egyik legmegbízhatóbb turbólégcsavaros hajtómű lett, gyártása több mint ötven évig folytatódott. (18. ábra)

18. ábra. Rolls Royce RB.53 Dart hajtómű metszeti rajza [18]



19. ábra. Szovjet gyártmányú Ivcsenko AI-24 hajtómű [20]

A Rolls Royce Dart hajtóművel szerelt Vickers Viscount volt az első, négy turbólégcsavaros hajtóművel ellátott, nagy sorozatban rendszeresített repülőgép. A Vickers-Armstrongs 1948–1963 között többféle változatban, összesen 445 darabot gyártott belőle. A világ első egyhajtóműves, turbólégcsavaros repülőgépe az Armstrong Siddeley Mamba hajtóművel szerelt Boulton Paul Aircraft által gyártott Balliol volt, amely először 1948. március 24-én repült [19].

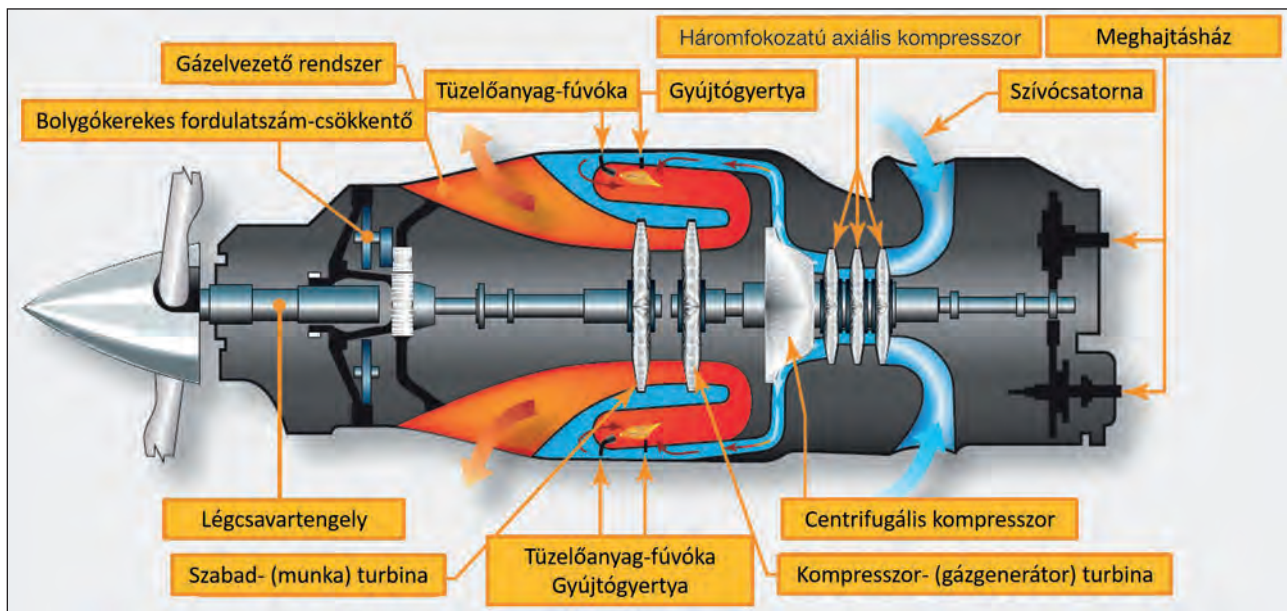
A szovjet szakemberek kezdetben erősen támaszkodtak a II. világháborús német fejlesztésekre, pl. a Junkers Motorenwerke előzetes tervezési koncepcióira. A későbbiekben természetesen számos turbólégcsavaros hajtóművet fejlesztettek ki a Szovjetunióban is, többek között az általunk is jól ismert Antonov An-26 repülőgépekbe épített Ivcsenko AI-24 típusú hajtóművet (19. ábra). A leghíresebb a Tupoljev Tu-95 típusú repülőgépekbe épített (négy darab), a Kujbisevi Motorgyár (jelenleg: Motorsztrouitel) által kifejlesztett, 11 030 kW teljesítményű Kuznyecov NK-12 légszűrővel gázturbinára, amely még ma is a világ legerősebb turbólégcsavaros hajtóműve. [21]

### SZABADTURBINÁS HAJTÓMŰ-ELRENDEZÉS

A szabadturbinás hajtómű-kialakításnál – például a Pratt & Whitney PT-6 hajtóműnél –, a légszűrőt külön turbina (szabad-, vagy más kifejezéssel munkaturbina) hajtja a reduktoron keresztül. A szabadturbina függetlenül forog a gázgenerátor-egység turbinájától (20. ábra). Ennek megfelelően a légszűrő beállítási szöge repülés közben és a földön is állítható, tehát ez a kialakítás – a gázgenerátor-egység fordulatszámától függetlenül – lehetővé teszi a pilóta számára a kívánt légszűrő-fordulatszám kiválasztását. Ez a hajtómű-elrendezés valójában megegyezik a következő fejezetben tárgyalt turboshaft hajtóművek elrendezésével és alapműködésével. A szabadturbina általában ellentétes forgású a gázgenerátor-egységhez képest. A kompresszor – a kis méretű hajtóművekre jellemzően – csak néhány (ebben az esetben három) axiális fokozatot tartalmaz, amelyet ugyanazon a tengelyen egy centrifugál fokozat zár. A centrifugál fokozat alkalmazása itt azért előnyös, mert axiális fokozatok esetében – a kis kompresszorméret miatt – az utolsó fokozatok (még további három-négy fokozat) kis lapátmagassága nagyon gyenge kompresszorhatásfokot eredményezne.

A gázgenerátor-egység fordulatszámának módosítása a hajtómű-vezérlőkkel (gázkar) történik, míg a légszűrő (szabadturbina) fordulatszámát a légszűrő beállítási szög-vezérlőkkel lehet szabályozni a kívánt üzemmód függvé-





20. ábra. A szabadturbinával rendelkező turbólégcsavaros hajtómű elvi felépítése  
(Forrás: a szerző szerkesztése a [22; 14–6] alapján)

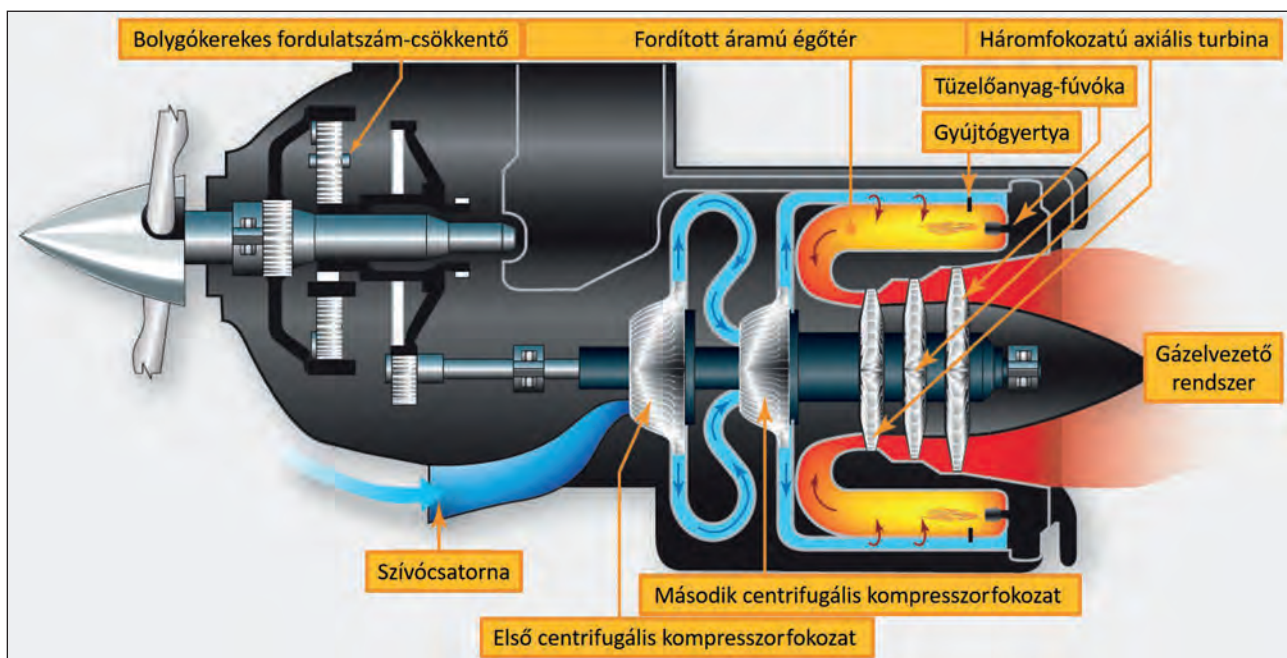
nyében (felszálló, emelkedő, utazó). A beállított fordulatszámot a fordulatszám szabályozó-egység tartja a megadott értéken. [22]

### EGYTENGELYES TURBÓLÉGCSAVAROS HAJTÓMŰVEK

Az egytengelyes turbólégcsavaros hajtóműveknél – például a Garrett TPE331 esetében is (21. ábra) –, nincs szétválasztva a forgórész. A gázgenerátor-egység turbinája nemcsak a kompresszort (jelen esetben kétfokozatú centrifugál), hanem a légcsavart is meghajtja.

Egytengelyes elrendezés esetén a hajtómű fordulatszáma szűk tartományban, 96–100% között változtatható. Földi üzem közben a fordulatszám 70%-ra csökkenhet. Repülés közben a hajtómű gyakorlatilag állandó fordulatszámon dolgozik, amelyet a légcsavar fordulatszám-szabályozója tart fenn. A teljesítmény növelését a tüzelőanyag-mennyiség növelésével idézik elő a gázkar segítségével, miközben a légcsavar beállítási szögét a fordulatszám szabályozó-egység olyan ütemben növeli, hogy a fordulatszám állandó maradjon. A hajtóművet úgy tervezték, hogy teljes élettartama alatt 100%-os tartomány közelében működjön. Minden alkatrésze (pl.: a kompresszorok, a turbinák) itt működnek a leghatékonyabban. [22; 14–3]

21. ábra. Az egytengelyes elrendezésű, turbólégcsavaros hajtóművek elvi felépítése  
(Forrás: a szerző szerkesztése a [22; 14–4] alapján)



4. táblázat. A turbólégcsavaros hajtóművek jellemző adatai (A szerző szerkesztése [22] [23] alapján.)

Jellemző paraméterek	Általában	Kuznyecov NK-12	TP400-D6
Tengelyteljesítmény [kW]	200–4000	11000	8200
Tömegáram [kg/s]	2–15	65	26,3
Kompresszor-nyomásviszony [-]	7–16	13	25
Turbina előtti gázhőmérséklet [K]	1200–1500	1250	1470
Fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás [kg/kWh]	0,25–0,5	0,219*	0,228
Hajtóműtömeg [kg]	100–1000	2900	1900
Termikus hatásfok [%]	20–35	38*	36,5

\* A jellemző a hajtómű technikai paramétereinek alapján kétségsbe vonható.

Az egytengelyes elrendezésű turbólégcsavaros hajtóművek két kiemelt típusának jellemző teljesítményadatait a 4. táblázat tartalmazza.

### TURBOSHAFT HAJTÓMŰVEK

Az 1940-es, '50-es évek fordulóján a „turboshaft” hajtóművek is megjelentek a repülésben. Először kis teljesítményű, ún. segédhajtóművek készültek ebben a kategóriában (Auxiliary Power Unit – APU), amelyeknek a feladata a repülőgépek főhajtóműveinek indítása, a fedélzeti elektromos energiaellátó rendszer táplálása, és a légkondicionáló rendszer levegővel történő ellátása.

Az 1950-es évek második felére, amikor a helikopterek esetében is szorítóvá vált a viszonylag kis teljesítményű és nagy tömegű dugattyús motorok leváltása, a helikopterek és a „turboshaft” hajtóművek gyorsan „egymásra találtak”. Ez alól csak a könnyű helikopterek egyes típusai (pl. a Robinson R-22-es és R-44-es) kivételek, ahol a tervezők megmaradtak a dugattyús motornál. A helikoptereken alkalmazott gázturbinák első típusa 1950-ben a francia Turbomeca Artouste hajtómű volt, amely eredetileg segédhajtóműnek készült (22. ábra).

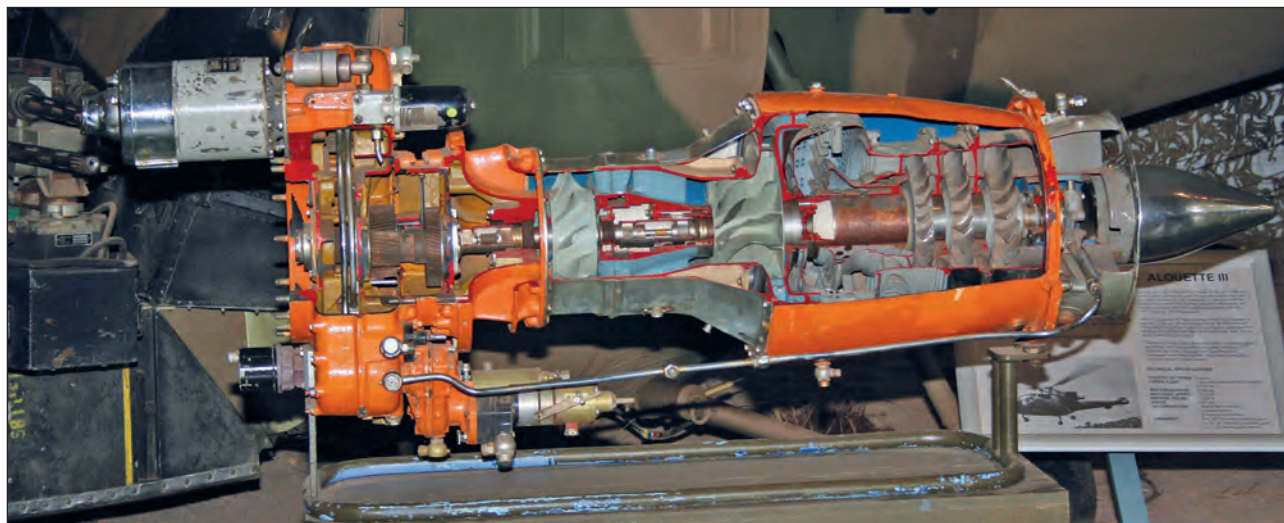
A hajtómű 210 kW tengelyteljesítményre volt képes, és számos helikopterbe – Aérospatiale Alouette II, Aérospatiale Alouette III, Aérospatiale Lama, Aerotécnica AC-14, Atlas

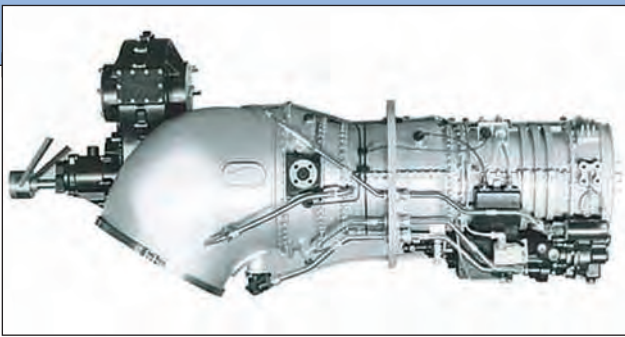
XH-1 Alpha, IAR 317 –, valamint merevszárnyas repülőgépekbe – Handley Page Victor, Hawker Siddeley Trident, Vickers VC10 – segédhajtóműként beépítették. [19; 178. o.]

Az Amerikai Egyesült Államokban Anselm Franz, a Jumo 004 hajtómű megalkotója vezetésével a Lycoming kezdett a légierő megrendelésére (373–522 kW közötti teljesítményű) légcsavaros gázturbinás hajtóművek megépítésébe. Ebből a projektből származott később a Lycoming T53-as és a T55-ös turboshaft gázturbinás hajtóműcsalád. A T53 típusú hajtóműveket olyan helikopterekbe, illetve repülőgépekbe építették be, mint a Bell UH-1 Iroquois és AH-1 Huey Cobra, illetve a Grumman OV-1 Mohawk repülőgép. [25]

Megjegyzendő, hogy a turbólégcsavaros (turboprop) és a gázturbinás helikopter-hajtóművek (turboshaft) között jelentős a szerkezeti hasonlóság. Több gyártónál egy adott típusnak létezik „turboprop” és „turboshaft” változata is. Két alapvető különbség mégis van a két kategória között. Az egyik az, hogy a légcsavaros gázturbinák esetében a gáz energiájának egy kis része általában a fűvécsoben hasznosul, biztosítva ezzel a toló(vonó)erő 10–15%-át. A fűvécso helyett egy további turbinafokozat beépítésével, vagy a turbina modifikációjával elérhető, hogy a munkaközeg energiájának ez a fennmaradó része is tengelyteljesítményként hasznosuljon. A másik különbség, hogy a légcsavaros gázturbinák esetében a légcsavar és a közlőmű szerkezeti-leg a hajtómű részét képezi, és a légcsavaron keletkező

22. ábra. Turbomeca Artouste, az első forgószárnyas légi járművön alkalmazott gázturbinák metszete [24]





23. ábra. Az XT58-as hajtómű, kialakításában már a mai hajtóműveket idézi [27]

vonóerő a hajtóművön, illetve annak bekötéseinek adódik át a sárkányszerkezetre. Gázturbinás helikopter-hajtóművek esetében a közlómű szerkezetiileg a sárkányhoz kapcsolódik, és a vonóerő azon keresztül nem a hajtóműre, hanem közvetlenül a sárkányra adódik át.

Az 1950-es évek elején a General Electric is kapott egy 3 millió dolláros szerződést az Egyesült Államok kormányától egy új, könnyű és megbízható helikoptereken alkalmazható, tengelyteljesítményt szolgáltató gázturbinás hajtómű kifejlesztésére. A titkos program XT58 elnevezéssel indult, és végeredményként egy 596 kW tengelyteljesítményű gázturbinát hoztak létre, amelynek tömege mindössze 181 kg volt. (23. ábra)

Továbbfejlesztve ezt a hajtóművet, 1957-re a teljesítménye 783 kW-ra növekedett, tömege pedig 114 kg-ra csökkent. Ugyanabban az évben két T58-as hajtóművel helyettesítették egy Sikorsky HSS-1F típusú helikopter dugattyús erőforrását, és ezzel először emelkedett levegőbe az USA-ban gázturbinás helikopter. Felismerve az új fejlesztés gyakorlati jelentőségét, egy sor helikoptergyártó (Sikorsky, Kaman) kezdte el alkalmazni a helikoptereiben az újonnan kifejlesztett T58-as gázturbinát. [26]

A szovjet második generációs helikopterek első példánya, a Mil Mi-6 típusú nehéz teher- és csapatszállító helikopter, 1957-ben jelent meg. Az 1950-es évek második felében Mihail Leontyevics Mil, a Mil tervezőiroda vezetője egy forradalmian új forgószárnyas repülőgép tervezését határozta el a közepes szállító kategóriában, az akkora már elavuló Mi-4-es helikopterek leváltására. 1958. február 20-án a Szovjetunió Minisztertanácsa elfogadta javaslatát, és elrendelte egy 1,5–2 tonna hasznos teher szállítására alkalmas helikopter kifejlesztését V-8 típusjelzéssel, amelynek erőforrását 1 darab Ivcsenko AI-24V helikopteren történő alkalmazáshoz igazított turbólégcsavaros hajtómű biztosította. Az egyhajtóműves V-8 típusjelű forgószárnyas légi jármű először 1961. június 24-én emelkedett a levegőbe. Felismerve az AI-24V hajtómű hátrányait, az Izotov Hajtóműtervező Iroda utasítást kapott egy valóban helikopteres alkalmazásra optimalizált hajtómű kifejlesztésére. A TV-2VM és a D-25V hajtóműveket – amelyeket a Mi-6-os helikop-

24. ábra. Az Izotov TV2-117A, az első, szovjet szakemberek által helikopterbe tervezett hajtómű (A szerző saját felvétele)



terek esetében alkalmaztak –, eredetileg merevszárnyú repülőgépek számára tervezték. Az Izotov Iroda által tervezett új TV2-117A hajtóművet (24. ábra) és a VR-8 típusú reduktort 1962 nyarán szállítottak le. A hajtómű felszálló üzemmódban 1118 kW teljesítményt adott le, viszonylag jó fajlagos fogyasztási mutatók mellett. [28]

(Folytatjuk)

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [16] Forrás: <https://www.radarmiliter.com/2019/11/tni-au-jajaki-pembelian-pesawat-angkut.html> (Letöltve: 2022.11.16.);
- [17] Forrás: Szerző: Balon Greyjoy - Власна работа, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=77821136> (Letöltve: 2022.12.8.);
- [18] Forrás: <https://www.avplan.co.nz/Downloads/DART-Engine.pdf> (Letöltve: 2021.2.16.);
- [19] Wilkinson, Paul H. (1957). Aircraft engines of the World 1957 (15th ed.). London: Sir Isaac Pitman & Sons Ltd. pp. 122–123.;
- [20] Forrás: <http://ivchenko-progress.com/?portfolio=ai-24&lang=en#prettyPhoto/0/> (Letöltve: 2021.2.16.);
- [21] Karnozov, Vladimir. More Power for the Mighty 'Bear' (2018.10.31.) <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2018-10-31/more-power-mighty-bear> (Letöltve: 2022.11.16.);
- [22] Airplane Flying Handbook 2021. U.S. Department of Transportation FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION Flight Standards Service FAA-H-8083-3C Chapter 14. Transition to Turbopropeller Powered Airplanes. [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/airplane\\_handbook/media/16\\_afh\\_ch14.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/airplane_handbook/media/16_afh_ch14.pdf) (Letöltve: 2021.2.6.);
- [23] Europrop: TP400-D6 ENGINE <http://www.europrop-int.com/the-tp400-d6/> (Letöltve: 2021.1.12.);
- [24] Forrás: <http://occurs.lineum.org.uk/public//Alouette:-Artouste-versus-Astazou> (Letöltve: 2022.11.26.);
- [25] Smithsonian National Air and Space Lycoming T53-L-1 (LTC1B-1) Turboshaft Engine [https://airandspace.si.edu/collection-objects/lycoming-t53-l-1-ltc1b-1-turboshaft-engine/nasm\\_A19620117000](https://airandspace.si.edu/collection-objects/lycoming-t53-l-1-ltc1b-1-turboshaft-engine/nasm_A19620117000) (Letöltve: 2022.11.26.);
- [26] GEA: 50 Years and Counting for the GE T58 Engine (2007. 4. 4.); <https://www.geaerospace.com/press-release/military-engines/50-years-and-counting-ge-t58-engine> (Letöltve: 2022.11.26.);
- [27] Forrás: [https://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018\\_1/2018-1-01-0442\\_Varga\\_Bela.pdf](https://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_1/2018-1-01-0442_Varga_Bela.pdf) (Letöltve: 2022.11.26.);
- [28] UEC Klimov <https://www.klimov.ru/en/production/helicopter/TV2-117/> (Letöltve: 2022.11.26.).

## JEGYZETEK

- 10 A Mach-szám két sebesség hányadosaként definiált, dimenzió nélküli mennyiség, tehát egy objektum haladási vagy áramló közegáramlási sebességének, és az áramló közeg helyi hangsebességének hányadosa. Elnevezése Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach (1838. február 18., Brno, Csehország – 1916. február 19., München, Németország) morvaországi osztrák fizikus, filozófus nevéből származik.



1. ábra. Tüzelés közben a Gepárd M1 mesterlövészpuska a Breakthrough 2021 gyakorlaton, a hajmáskéri lőtérén  
(Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kertész László)

Dr. Földi Ferenc\*

# A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története

I. rész

## 35 év a honvédség szolgálatában

### A FEJLESZTÉS ELŐZMÉNYEI

Az 1980-as évek közepén hazánkban két állami kézfegyvergyár működött, a Danuvia Gépgyár a zuglói Angol utcában<sup>1</sup> és a Fegyver- és Gázkészülékgyár (FÉG) a Soroksári úton<sup>2</sup>. Annak ellenére, hogy a gyárak termékei (a 7,62 mm-es PKM<sup>3</sup> géppuska és az AK gépkarabélyok<sup>4</sup> – mindkét típus esetében – kizárólag szovjet licenc alapján, de bizonyos korai modernizálásokat is végrehajtva) világpiaci szinten is megfelelő minőséget jelentettek, a külföldi piacok drá-

maian beszűkültek, alapvetően a 7,62 mm-es űrméretől az 5,56 mm-es űrméretre történt széles körű áttérés miatt. A FÉG az évtized harmadik harmadában hozzáfektett egy – export célokra készülő – saját, de az AKM fegyver automatikájára épülő, 5,56 mm-es rohampuska kifejlesztéséhez, NGM néven. A kísérlet alapvetően szilárdsági problémák, és a megfelelő minőségű 5,56 mm-es M193 töltény hazai gyártásának ugyancsak kísérleti jellege miatt meghíúsult. A rendszeresített AKM/AMD fegyverek modernizálása azonban – legalább a századvég igényeinek megfelelő

**ÖSSZEFOGLALÁS:** 1988-ban készült el a 12,7 mm-es Gepárd egylovétű mesterlövészpuska kísérleti mintapéldánya, amelynek a rendszeresítés után Gepárd M1 néven sorozatgyártott változata, mintegy 90 példányban azóta is szolgálja a Magyar Honvédséget. A szerző bemutatja a fejlesztés körülményeit és folyamatát az igény felmerülésétől a mintapéldány elkészítéséig, majd az ellenőrző méréseket szolgáló tesztlövészetek végrehajtásáig.

**KULCSSZAVAK:** fejlesztés, Gepárd M1 mesterlövészpuska, nagy űrméretű, pontosság, hatáshossz

**ABSTRACT:** In 1988 the development of cal. 50 Gepard (Cheetah) rifle was completed and the prototype was ready. There have been in service about 90 pieces mass-produced Gepard M1 rifles at Hungarian Army. The author presents the circumstances and process of the development, from the emergence of the need to the preparation of the prototype and the execution of test shots for control measurements.

**KEY WORDS:** Development, Gepard M1 sniper rifle, big caliber, accuracy, effectiveness

\* Nyugállományú mérnök ezredes (PhD); Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola; ORCID 0000-0002-0513-8493.



ergonómiai szintre –, elsősorban politikai okok miatt elképzelhetetlen volt. (Még 1986 után is megkérdőjelezték a HTI munkatársainak szaktudását, mondván: „*Talán jobban értenek a géppisztolyhoz, mint a Kalasnyikov elvtárs?*”) Vitathatatlan ugyanakkor, hogy mindkét fegyvergyárban és a Magyar Néphadsereg Haditechnikai Intézetében<sup>5</sup> (HTI) a szakmai tudás, valamint a személyi állományt jellemző innovációs készség még mindig a világ élvonalában tartotta ennek a haditechnikai ágazatnak a művelőit. Emiatt egyre inkább kitűnt, hogy ezt a szakmai tapasztalatot és tudást nem szabad elveszíteni.

Az előbbieken vázolt piaci környezet azonban kijózanítóan hathatott volna minden, az adott fegyverfajtát fejleszteni kívánó szakemberre, mert a honvédség, az AK gépkarabélyokból belátható időn belül nem igényelt újragyártást. A politikai vezetés nem tervezte az orosz 5,45 mm-es űrméretre történő áttérést, ezáltal az AK-74-es gépkarabély licencgyártása sem került látótérbe,<sup>6</sup> valamint a külpolitikai/külgazdasági helyzet sem mutatott lehetőséget akár csak kisebb mennyiségű exportra ezekből a gyártmányokból. A helyzetképet elemezve elmondhatjuk, hogy ebben az időszakban a lövészkatoná alapvető gyalogsági kézi fegyverének hazai tervezése és gyártása – a külgazdasági környezettől eltekintve is – reménytelennek látszott, mert nem volt olyan igény sem a honvédség, sem a külkereskedelem részéről, amely a fegyvergyáraknak rentábilis méretű tömeggyártást tett volna lehetővé.

Mindent figyelembe véve csak olyan jellegű, speciális rendeltetésű lövészfegyver megalkotására volt némi esély, amely különleges szolgáltatásokat nyújt, mind a használó lövészeknek, mind a honvédségnek. A szakirodalmat [1; 234–235. o.] tanulmányozva egyetlen, de még követhető iránynak mutatkozott az akkoriban megszülető amerikai, nagy űrméretű (.50 Browning, azaz 12,7 × 99 mm-es NATO űrméretű RAI 500 egylövetű mesterlövész és Barrett M82 öntöltő romboló) fegyvereknek megfelelő kategóriájú saját fegyverek megalkotása. A HTI főmérnökének Schlemmer László mérnök alezredesnek a szóbeli engedélye alapján és a HTI II. (fegyver-lőszer) osztály osztályvezetőjének támogatásával megkezdődött a fejlesztési munka, amelyet később Gerlei István mérnök ezredes, a HTI parancsnoka is jóváhagyott. Az előtervezés műveleteit – magasabb szintű támogatás hiányában – csak a HTI saját anyagi és eszközforrásaival lehetett folytatni. A puska kísérleti mintapéldányát (akkori jelöléssel GEPÁRD III.) a szakemberek egy, a HTI-ben rendezett szakmai értekezleten mutatták be dr. Ungvár Gyula mérnök vezérőrnagynak, az a Magyar Néphadsereg (a továbbiakban: MN) fegyverzettechnikai főcsoportfőnök helyettesének, aki támogatta a fejlesztést. Attól kezdve már egyenes út vezetett a fegyverfejlesztés MN szerinti szabályos rendben történő végrehajtásához, amelynek fázisai: az előkísérletek befejezése; a kísérleti minta haditechnikai vizsgálata; előterjesztés a vizsgálat eredményeiről; a fejlesztés Harcászati Műszaki Követelményeinek (HMK) meghatározása és jóváhagyása a Tudományos Műszaki Tanáccsal (TMT).

Az MN vezérkari főnök hadműveleti csoportfőnök helyettese a fejlesztést kizárólag „kereskedelmi érdekből” megjelöléssel hagyta jóvá, és ezzel a megjelöléssel kerülhetett be az MN 1988. évi haditechnikai fejlesztési tervébe. Legmagasabb előljáró szervezete álláspontja szerint „ez a fegyver nem illeszthető be az MN fegyverzeti rendszerébe, a Néphadseregnek nincs ilyen fegyverre szüksége”. Véleményük szerint a szovjet fegyverek képességei elegendőek a hadsereg számára. (A Haditechnikai Intézet előljáró szervezete, az MNVK 5. Csoportfőnökség illetékes szakembere ezt a kérdést tette fel: „Mit képzelnék az elvtársak, a szovjet elvtársaknak nincs ilyen fegyverük?”)

*Maguk okosabbnak képzelik magukat a szovjet elvtársaknál?*) Ennek ellenére a fejlesztési tervben a fenti „kereskedelmi célra” 1 millió forintot előirányoztak. Bár a jelentősnek ítélt vezetői ellenérzés nem lassította le a fejlesztés lendületét, mégis előállt az a váratlan helyzet, hogy mind a két fegyvergyárunk visszautasította a részvételt a projektben. 1988-ban a belső gazdasági környezet azonban már lehetővé tette bizonyos gépgyártó kisvállalkozások létrejöttét. Ilyen volt Fellegi István – korábban a DIGÉP H gyáregység (közismert nevén: Ágyúgyár) főmérnöke – cége (a FETE, Miskolc) is, amely akkor már a HTI egyes fejlesztéseinek keresztül jelentős fegyveripari beszállításokat teljesített az MN számára. A HTI megkeresésére a FETE tulajdonosa fantáziát látott a fejlesztésben, és elvállalta – első lépésben – az előkísérleti és kísérleti minták, valamint a mintapéldányok elkészítését is.

### A FEJLESZTÉS ELSŐ FÁZISA: AZ ELŐKÍSÉRLETI MINTAPÉLDÁNY (A „DESZKAMODELL”) ELKÉSZÍTÉSE [5]

A fejlesztés azzal az alapvetéssel indult, hogy a már idézett szakirodalom [1] szerint is létezik ilyen űrméretben egy fő által kezelhető, legalább két különböző típusú gyalogsági kézi fegyver, ezért ennek sarkalatos műszaki akadálya nem létezhet. Tehát ilyen eszköz megvalósítható, pusztán meg kellett határozni a tervezés alapvető követelményeit. Ennek során állt össze a HTI II. (fegyver-lőszer) osztály szakembereiből a háromfős fejlesztői gárda: e tanulmány szerzője, mint a fegyver tervezője, Egerszegi János kinevezett polgári alkalmazott szakértő, mint egyes részegységek tervezője és szakmai tanácsadó, valamint Piroska György kinevezett polgári alkalmazott, a bel- és külballisztikai számítások szakértője. A fejlesztés legfontosabb céljai az alábbiak voltak:

- a mintául választott amerikai fegyverek műszaki színvonalát elérő fegyver megalkotása;
- a fegyver egy fő által egyszerűen és sérülésmentesen legyen kezelhető;
- a hazai ipar által sorozatgyártásban is legyen előállítható;
- az MN-ben addig ismeretlen *mesterlövész* kategóriában készüljön;
- a katonai követelmények szerinti környezeti körülmények között korlátozásmentesen legyen alkalmazható, azaz a fejlesztés célja egy *nagy* űrméretű, egyéni lövész fegyver (*valódi mesterlövészpuska*) megalkotása volt.

### A FELMERÜLT PROBLÉMÁK

Már a fejlesztés kezdetén a következő, igen jelentős műszaki problémák merültek fel:

- az 50 Browning (12,7 × 99 mm-es) űrméret a Varsói Szerződésben (VSZ) nem volt rendszeresítve, ezért annak műszaki és külballisztikai adatai még jó közelséggel is csak részben voltak összevethetők az MN-ben rendszeresített 12,7 × 107 mm-es tölténnyel<sup>8</sup>; [2]
- a 12,7 mm-es űrméretű fegyvercsöveket itthon nem lehetett lekovácsolni, sem másképp előállítani. A FÉG – bár csökövacsoló munkájuk minősége világszínvonalú volt –, a szükséges külső átmérőben nem rendelkezett megfelelő teljesítményű csökövacsoló géppel. Nemesített acélszalag „bandázsolásával” a töltőűr külső átmérőjét nem tartottuk célszerűnek megvastagítani. A Danuvia csak vont csöveket készített – de azokat is legfeljebb 9 mm-es űrméretig – ezért nem

- kívánt a fejlesztéssel foglalkozni. Eszerint hazai gyártású fegyvercső nem jöhetett szóba;
- a zárszerkezethez szükséges nagy szilárdságú acélanyagot a magyar ipar nem gyártotta;
  - a Magyar Optikai Művek (MOM) csak 7-szeres nagyítású puskatávcsövet gyártott – bár vitathatatlanul jó minőségben –, amely kevésnek számított a *félcolos* fegyverek hatásos lőtávolságához;
  - a tervezett 12,7 mm-es űrméretű töltény 48,5 g-os B32-es páncéltörő-gyújtó lövedékének<sup>9</sup> és lőporgáza-inak jelentős torkolati impulzusa olyan mértékű erőlködést gyakorolt volna a lövőre, hogy az illető ezt sérülés nélkül nem tudta volna elviselni [2];
  - a HTI-ben a szovjet tervezésű 12,7 mm-es töltény külballisztikai adatait csak a 12,7 mm-es NSzVT „*Yméc*” (kb.: *Utjosz* = Szikla) nehézgéppuska eredeti szovjet szabályzata [3; 204–205. o.] alapján – ennek az űrméretnek B32-es páncéltörő-gyújtó lövedékű töltényével – lehetett tanulmányozni, mert csak ebben a szabályzatban volt külballisztikai táblázat. A szórás kép meghatározásához azonban, a géppuska jelleg miatt nem lehetett megbízható következtetéseket levonni az adatokból még akkor sem, ha minden csoport *első lövéseinek*<sup>10</sup> szórás képét külön megadták.
  - meg kellett vizsgálni, hogy létezik-e olyan műszaki megoldás, amellyel a lehető legjobban lehet követni az egyes lövésekre alapuló pontlövő fegyver várható viselkedésének vizsgálatát.

## VÁLASZOK A FELMERÜLT PROBLÉMÁKRA

A HTI II. (fegyver-lőszer) és a VI. (táborfalvai vizsgáló) osztály szakemberei a fenti műszaki problémák megválaszolására a következő megoldásokat dolgozták ki:

- 1988-ban a HTI szakemberei nem fértek hozzá a 7,62 × 99 mm-es NATO töltényhez, így – egyetlen reálisan elérhető lehetőségként – a szovjet eredetű 12,7 mm-es töltény maradt, amely akkor még hazai gyártásból (Hajdúhadház) is elérhető volt;
- a tervezés alatt álló puska számára megfelelő fegyvercső kiválasztásához kísérletsorozatot végeztek;
- az akkor még működő DIGÉP H gyáregység azonban megfelelő mennyiségben rendelkezett a szovjet eredetű OXH3M jelölésű, nagy szilárdságú lövegcső alapanyaggal. Az alapanyag titkos minősítésű dokumentációja a HTI irattárában megtalálható volt;
- a kísérletek elején egyik lehetséges megoldásként a 7,62 mm-es SzVD távcsöves puska négyszeres nagyítású PSzO–1 optikai irányzékát kívántuk felhasználni, ugyanakkor kölcsönbe kaptunk a Magyar Optikai Művektől (MOM) egy hétszeres nagyítású puskatávcsövet is;
- kezdetben elméleti (rajztábla) megoldásokban gondolkodtunk: például a hátraható erő amortizációja érdekében 2 darab 7,62 mm-es AMP gépkarabély-váltásmoz pneumatikus amortizátorának párhuzamos beépítése a fegyvertusába;
- tisztában voltunk azzal, hogy a megfelelő töltény kiválasztását kizárólag lőtéri kísérletekkel tudjuk vizsgálni. Erre a legjobb alapot a VI. (táborfalvai vizsgáló) osztály eszközállománya tudta biztosítani. Táborfalva szerencsére rendelkezett 12,7 × 107 mm-es űrméretben sebesség-, valamint nyomásmérő ballisztikai *etalon* mérőcsövekkel. Ezek a mérőcsövek szolgálták a hazai gyártású, ekkora űrméretű töltények átvételi, ellenőrzési vizsgálataihoz, mind az új gyártású, mind az életartam végéhez közeledő, mind a felújított töltények



2. ábra. Sebességmérő ballisztikai cső az egységes belövőpad tetején. Az elsütőbillentyűre kötött zsinór kísérleti lövésekkor a távelsütés kötelező tartozéka

esetében. Ezeket a mérőcsöveket egy 45 mm-es páncéltörő ágyú lövegtalpára felszerelve, megfelelő szerelvénytartó lapra rögzítve alkalmazták (2. ábra), a mérőcső saját nyílt irányzékát használva. Ez a provizórikus, de praktikus „mobil ballisztikai állvány” magasságban és oldal irányban a löveg irányzó elemeivel volt kezelhető, kellő stabilitást biztosított a korrekt mérések elvégzéséhez. Erre a szerelék alapra felerősítettük a PSzO–1 optikai irányzékot, a mérőcsővel szinkronizáltan (a készlethez természetesen 12,7 mm-es hidegbe-lövő csövek is tartoztak). Magától értetődően ezek a mérőcsövek kizárólag egyes lövés leadására voltak képesek (kézi töltéssel), de épp ez felelt meg tökéletesen a kitűzött célnak. Természetesen a két mérőcső közül számunkra csak az RD–159 (PD159) számú sebességmérő cső használatára volt szükség, mert ebben a szakaszban nem volt kérdéses a töltény lőporgáz-nyomás alakulása.

- az előző bekezdésben leírt fegyverállvány-rendszer már megfelelt a műszaki követelmények teljesíthetőségét vizsgáló néhány mérés elvégzéséhez.

Első lépésként ebben a kiépítésben néhány tucat vizsgáló lövést lehetett leadni a töltény tulajdonságainak a megismerésére, még műszeres mérés nélkül. Ennek során kiderült, hogy a mérőcső mellé épített PSzO–1 optikai irányzék alkalmatlan erre a feladatra, mert félő volt, hogy több lövés után a hatalmas reakciókból származó reakcióerők károsítani fogják az optikai szerkezetét, illetve nem lehet szilárdan rögzíteni az alapra, mert a kapcsoló elemek alkalmatlanok erre a feladatra. Az ismétlődő összehangolás erősen hátráltatta az érdemi munkát. A mérőcső nyílt irányzékai azonban csak hozzávetőlegesen pontos célzást tettek lehetővé a mérőfegyver precíziójának megállapításához. Ez kevésnek bizonyult az SzVD hasonló pontosságképeségeivel történő összehasonlításához. Szintén problémákat vetett fel – már a dokumentáció szintjén is – a két rendszer összehasonlítása, mert a [2] dokumentáció  $R_{50\%[140\text{ m}]}$ <sup>11</sup> értéket adott meg, míg az SzVD-szabályzat szórás kép melléklete [4; 5. melléklet, 114.] szórás képadatai 100 m távolságban a szórás belső sávjának ( $B_m$  = szórás belső sávja magasságban;  $B_{sz}$  = szórás szélességben) értékeit adja meg.<sup>12</sup> Bár a  $B_m$  és a  $B_{sz}$  értékei adtak, így  $R_{50\%[140\text{ m}]}$  értéke matematikailag átszámítható, de azt csak a megadott szórás jellemzőkhöz tartozó lövésszámok ismeretében lehetne korrekt módon végrehajtani, amelyekről azonban nem volt információ.





3. ábra. Az átalakított mérőcső – a fejlesztés az előkísérleti mintapéldányaként (ún. deszkamodellként) – egy PKMSz tripodon. Az eszközt egy amortizált tartóba szerelt, 52-szeres (MOM) célfigyelő távcső, ergonomiailag megfelelő kialakítású markolat, és az Egerszegi-féle csőszájfék egészíti ki

A nyílt irányzékkel történő kényyszerű célzás később váltható volt egy 52-szeres nagyítású, merev szálkereszttel kiegészített, célfigyelő távcsővel. Ezt a távcsövet a FETE a HTI tervei alapján egy rugós előresiklású távcsőszerelvényen keresztül erősítette fel a ballisztikai mérőcsőre. A mérőcső gyári elsütőbillentyűjén keresztül történő elsütés ergonomikusabbá tétele érdekében, a markolat diófából kifaragott borítást kapott (3. ábra). A távcső azonban, rendeltetése alapján nem volt alkalmas lövés közbeni találatfigyelés elvégzésére, mert az okulár majdnem közvetlen, szemmel való érintkezést igényelt a tiszta célkép biztosításához, ezért alkalmazását csak ideiglenes megoldásnak tekintették. A mérőcső irányzását a fegyverállványt képező ágyútalp kezelőelemei biztosították.

Mivel a [2] gyártási dokumentáció csak egy valószínűségi értéket ad meg a páncéltűtésre, és az *Utjász* szabályzata [3] semmiféle adatot sem közölt, ezt a kérdéskört is körbe kellett járunk. Ennek érdekében vizsgáltuk meg a B32-es töltény lövedékének tényleges páncéltörő képességét, amely során megállapítottuk, hogy minden lövés eredményeként a lövedék 64–68 HRC<sup>13</sup> keménységűre hőkezelt acél páncéltörő magja teljes keresztmetszetében áthatol 100 m lőtávolságból a D944 páncélozott szállító harcjármű (PSZH) vezetői és parancsnoki ablakait védő páncéllemezen. Második alkalommal már átütötte a befogókeretbe erősített 20 mm-es „szovjet eredetű” páncéllemezt (ezekkel a lemezekkel Táborfalva bőségesen rendelkezett, ballisztikai szilárdságuk magasan jobb minőségű volt a hazai Dunai Vasmű lemezeinél), amellyel túlteljesítette a [2] dokumentáció egyik átvételi követelményét. Az átütést követően a lövedék orrába préselt gyújtóanyag-keverék a dokumentáció másik követelményének megfelelően

begyűjtotta a nyitott acéltálba töltött benzint, ezen túlmenően – valós helyzetet modellezve: páncélozott jármű küzdőterében elhelyezett egyesített lösszerre történő hatást kiváltva – beindította a páncéllap mögé felállított 85 mm-es ágyúlösszer-hüvelyekbe töltött, keménypapír-tárcsákkal lefojtott löpporköteget is. Az eltalált hüvely mellett álló további hüvelyek, a lőportűz és a berobbanás hatására sorra beindultak. A vizsgálat sorozatot a táborfalvai 300 m-es *sebességpálya* lőfolyosóján végeztük el, amelyet homokkal töltött, nagy nyílású, masszív betonbunker zárt le. A 600 m lőtávolságú vizsgálatot a „0” ponti, 21 km-es lőfolyosón végeztük. A lövedék minden esetben átütötte a normál falazótégglából, dupla sorosan épített, cementhabarccsal erősített téglafalat, a 2 darab sátor formában összetámasztott, 100 mm vastag vasbeton lapokat, és a 15 mm-es páncéllapot is. Ezekről a mérésekről már (Sony) Betamax rendszerű videofilmet is készített az egyik fegyveres testület házi

filmstúdiója. A FETE ezt követően a mérőcsövön további átalakítást hajtott végre, a csőtorkolat palástjára M32×2 mm-es balmenetet vágott a különféle csőszerelvények felszerelhetősége érdekében. 1988 őszétől kezdve ez az előkísérleti minta, a fejlesztett fegyver „deszkamodelljeként” kapta a *Gepárd I<sup>14</sup>* nevet.

(A tanulmányban szereplő ábrákat és a rajzokat a szerző készítette a fejlesztés során, ezek kivétel nélkül a szerző saját archívumából származnak.)

(Folytatjuk)

#### HIVATKOZT IRODALOM

- [1] Jane's Infantry Weapons 1985-1986 Edited by Ian V Hogg Jane's Yearbooks London 1985.;
- [2] B-32 páncéltörő-gyújtó lövedékek és sárgaréz hüvellyel szerelt 12,7 mm-es töltény rajzdokumentációja; rajzszám: 3-24465; HTI LP 1010; MN HTI 1979.;
- [3] Руководство по 12,7-мм пулемету „Утеc” (HCB – 12.7). Органа Трудового Знамени Военное Издательство Министерства Обороны СССР; Москва – 1978. „секретно”;
- [4] Löfe/109. 7.62 mm-es Dragunov távcsöves puska anyagismereti és lőutasítása; Honvédelmi Minisztérium kiadása 1978.;
- [5] Földi Ferenc mérnök ezredes: a 12,7 mm-es GEPÁRD M1 mesterlövész puska *műszaki alkotás* leírását tartalmazó PhD munka; Üllő, 2007; NKE Ludovika Campus Tudományos Könyvtár <http://hdl.handle.net/20.500.12944/12093>.

#### JEGYZETEK

- 1 Az 1923-ban létrejött Danuvia Ipari és Kereskedelmi Rt. 1924-től modern fegyvereket gyártott. Központja Budapesten, a XIV. kerületben, az Angol u. 10–20. szám alatt volt, több telephellyel működött.
- 2 A FÉG a hazai nagyüzemi fegyvergyártásban meghatározó szerepet játszó – története során különböző nevek alatt működő – vállalat a budapesti IX. kerületben, a Soroksári út 158. szám alatt működött.



- 3 A PK (oroszul: ПК – Пулемёт Калашникова, magyarul: Kalasnyikov-géppuska), illetve modernizált változata a PKM a Szovjetunióban kifejlesztett és gyártott 7,62 mm-es géppuska, mely a 7,62×54 mm R peremes löszert tüzeli.
- 4 Az AK-47, hivatalosan Avtomat Kalashnikova (oroszul: Автомат Калашникова образца 1947 года) tőfordításban Automata Kalashnikov, közneve AK) egy gázélveteles, 7,62×39 mm kaliberű gépkarabély, amely Mihail Tyimofejevics Kalasnyikov kézifegyver-tervező konstrukciója, ezért gyakran Kalasnyikov-gépkarabélynak nevezik.
- 5 A Haditechnikai Intézet, majd utódja a Technológiai Hivatal 1920-tól 2007-ig végezte önálló szervezetként a katonai kutatás-fejlesztési feladatokat a hadsereg számára. Kezdetben a Hungária krt. 7-9., később a Daróczi út 1-3. szám alatt működött, majd 1950-ben az akkor felépített II. Szilágyi Erzsébet fasor 20. szám alatti objektumba költözött.
- 6 A Munkásórség szerzett be NDK relációból néhány darab német gyártású 5,45 mm-es AK-74/AKSz-74 típusú fegyvert az adott esetben gyors ellátás biztosításának lehetőségét vizsgálva, ezekből a fegyverekből a HTI egy-egy darabot tanulmányozott is haditechnikai összehasonlító/ellenőrző vizsgálat (nagy lőpróba) keretében az 1980-as évek végén.
- 7 A technológiai demonstrátorok, kísérleti minták megnevezése a HTI-n belül elfogadott szakszargonban a fejlesztés idejében „deszkamodell” volt.
- 8 A gyártási dokumentáció szerint a hüvelyhosszúság:  $108^{+0,6}$  mm [2; Hüvely, rajzsám: 3-24467]. Emiatt egyes szakirodalmi forrásokban 12,7×107 mm-nek jelölik a töltényt.
- 9 A [2] gyártási dokumentáció szerint a lövedék tömege: 48,5 g, a lövedék átlagos kezdősebessége, sebességmérőcsőből:  $v_{25max} = 845$  m/s. A torkolati sebesség ennél biztosan magasabbnak volt tekinthető.
- 10 Általában kimondható, hogy sorozatlövő fegyverek sorozatlövésekor minden első lövés jó közelítéssel egyes lövésnek vehető figyelembe – általában és jó közelítéssel. Az „Utjós” azonban nyílt töltőű löfegyvernek számít. Nem kakasos, hanem ütőtömbös kialakítású az elsütőszervezete, azaz az elsütőbillentyű a hátul lévő zártömböt akasztja ki a rögzítőtől és engedi előre. Ez a tömb, mozgása közben tölti be az éles töltényt a töltőürbe és a zártömb mechanikus késleltetőjével mereven zároló ütőtömbbel indítja a csappantyút az ütőszegen keresztül. Emiatt a jelentős mozgó tömegek erősen megrázzák a fegyvercsövet, ez azonban egy nehéz géppuskánál nem okoz jelentős gondot a területfoglalás szempontjából.
- 11 A találatok 50%-át befoglaló kör sugara, 140 m-es lőtávolság mellett  $R_{50\%[140m]}$  = annak a körnek a sugara, ahová a 140 méterről leadott találatok 50%-a esik. Páratlan számú találat esetén metszi az egyiket (pl.: 11-ből a 6.-at), páros két egymást követő találat között (pl.: 10-ből az 5. és a 6. között a két radiális távolság felében halad át).
- 12 A találatok 50%-át befoglaló kör sugara szerkeszthető és számítható is, a szórás belső sávja pedig valamely statisztikai eloszlástípust feltételezve csak számítható, de téglalapként, vagy azonos értékek esetében négyzetként ábrázolható. A találatok felét befoglaló kör sugara egy konkrét mérhető geometriai méret, a szórás belső sávja pedig statisztikai szórás alapján számítható oldal és magasság méretpáros, amely derékszögű négyzöggel jellemezhető.
- 13 HRC: Hardness Rockwell C kemény acélok jellemzésére szolgál, azt jellemzi, hogy az anyag felülete mennyire szilárd, milyen mértékben ellenáll a külső mechanikai behatásokkal szemben. A vizsgálat során 150 kp (1471N) erővel egy 120°-os gyémántkúpot nyomnak a felületbe. A mérési eljárást jelenleg az MSZ EN ISO 6508-1:2016 szabvány rögzíti.
- 14 Nemere István: A sötétség határán című akcioregényében szereplő terrorelhárító csoport neve után, mivel ezt a puskát is elsődlegesen terrorelhárítási célra engedélyezték a társ fegyveres testületeknél.

**Harald Pöcher**

## The defence equipment production of European states: Once and now

### (Az európai államok védelmiipari termelése – Egykor és most)

Az osztrák szerző kötetében áttekintést nyújt az európai fegyverkezésről, és így a fegyverkezés fogalmával kapcsolatos kérdések sokaságára ad választ. Az első fejezet a fegyverzet, a védelemgazdaság és a kettős felhasználású áruk fogalmát és jelentéstartalmát határozza meg. A második fejezet az EU védelmi beszerzéseinek jogi vonatkozású kérdéseit elemzi. A harmadik fejezetben a szerző történelmi távlatból mutatja be a védelmi ipar jelentőségét, és választ ad a védelmi ipar technológiai fejlődésben betöltött fontos szerepével kapcsolatos kérdésekre. A bő terjedelmű negyedik fejezet az európai országok, köztük Oroszország védelmi iparát mutatja be. A szakkönyv szerzője külön csoportban, betűrendben tárgyalja a jelentős védelmi iparral nem rendelkező 19 európai ország hadiipari teljesítményét, majd a 26 jelentős védelmi ipari potenciállal bíró országokat veszi sorra.

Először az adott ország hadiiparának múltját vázolja fel, majd a védelmi ipar jelenének főbb területeit elemzi a járműgyártás, az elektronikai ipar, a repülőgépgyártás, a fegyvergyártás, a löszergyártás stb. területeit érintve.

Harald Pöcher osztrák tábornok Wiener Neustadtban, a Theresian Katonai Akadémián végzett, majd a Theresian Katonai Akadémián, az Osztrák Fegyveres Erők Orvostudományi Karán (Bécsben), a Burgenlandi Katonai Tartományi Parancsnokságon és a Honvédelmi Minisztériumban szolgált. 2003-ban közgazdasági doktori fokozatot szerzett a Bécsi Egyetemen. 2008-ban habilitált a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen, Budapesten. A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Szenátusa 2022-ben tiszteletbeli doktori címmel ismerte el Harald Pöcher ny. vezérőrnagy tudományos tevékenységét.

**A 208 oldal terjedelmű, angol nyelvű kötet 2020-ban jelent meg a Scientia Scripts Int. Book Market Service Ltd. kiadásában. ISBN: 9786200995070 (DRU)**



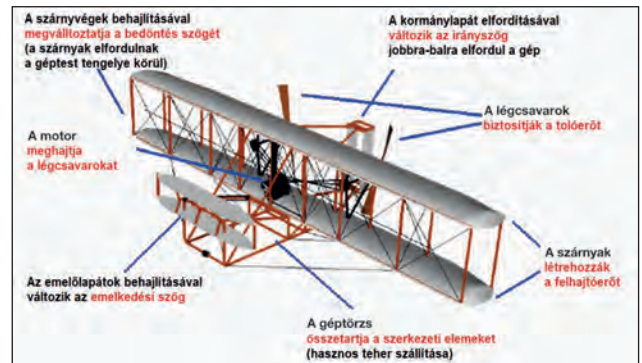
Dr. Guth-Orji Ágnes\*

# A Covid19-fertőzés repülésbiztonsági aspektusai I. rész

## A bioszenzorok alkalmazásának lehetőségei a fáradtságmérésben

### BEVEZETÉS

Az 1903-ban, irányítható, motorral hajtott, ember által vezetett levegőnél nehezebb eszközzel végrehajtott első sikeres repülést követően, az amerikai Wright fivérek 1904-ben bejelentették szabadalmi igényüket a repülőgép aerodinamikai tulajdonságainak megváltoztatásával, annak irányítását lehetővé tévő „szárnyhajlítás” technológiára [1] (1. ábra), amely egyben a mai modern repülőmérnöki tudomány alapja is. (2. ábra). A Wright fivérek mellett számos más személyt és nemzetet is foglalkoztatott akkoriban a repülés, többek között a francia Louis Bleriot aviátor, feltaláló és mérnök is fejlesztett repülőgépet; az ő nevéhez fűződik az első egyfedeles repülőgép, amelyet kézzel mozgatott botkormány és lábbal kontrollált pedál kombinálásával irányítottak [2] [3]. Egy ilyen Bleriot-féle, egyfedeles repülőgépből ugrott ki egy teszttúrák során a francia Adolf Pegoud pilóta-oktató és ejtőernyős 1913-ban. A gépet sorsára hagyva, ereszkedés közben megfigyelte az elhagyott monoplán bizarr mozgását a levegőben, és eszébe jutott, hogy egy pilóta irányításával is képes a repülőgép ilyen látványos manőverekre, amit később meg is valósított. Független S-manőverrel, belső hurkokkal és fordulókkal tarkított fordított félhurkokkal kápráztatta el a nézőit [4; 1. o.], és ezzel lerakta a műrepülés alapjait. Az I. világháború során az összetett műrepülő-manőverek a légi harc alapvetően szükséges részévé váltak, és a mai korokhoz hasonlóan nagy sikert arattak mind a civil-, mind a katonai légiképesség-bemutatókon. Ezen műrepülő-manővereknek láttán maga a repülőmérnök, Bleriot fogalmazta meg 1922-ben a mai modern repülőtechnikákra is hatványozottan igaz tény, hogy „Nem az anyag ellenállása limitálja a mesterséges madár aerodinamikai teljesítményét, sokkal inkább az ember élettani ellenállása, aki a mesterséges madár agya” [4; 1. o.]<sup>1</sup>. Ez a kijelentés – a modern komplex repülési környezetet figyelembe véve –, azzal a kiegészítéssel még



1. ábra. Az 1903-as Wright Flyer repülőgép rajza a háromdimenziós térben való irányíthatóság mérnöki megoldásaival (A szerző szerkesztése a [6] alapján)

pontosabb, hogy az aerodinamikai teljesítmény határa az emberi teljesítőképesség határa – jelentse ez magát a pilótát, vagy a pilóta feladatainak ellátásához nélkülözhetetlen koordináló-kiszolgáló erők szakembereit. A humán faktor tehát a „leggyengébb láncszem” a repülésbiztonságban, az egyik legfőbb hibaforrás, hiszen a repülésben bekövetkező balesetek oka 80%-ban az emberi tényező okozta hiba. [5; 6. oldal].

### AZ EMBERI TÉNYEZŐ SZEREPE A REPÜLSÉSBIZTONSÁGBAN

Az emberi tényező – a továbbiakban humán faktor (hf) – meglehetősen széles skálán íveli át az emberi tevékenységgel kapcsolatos veszélyforrásokat. A szándékosan elkövetett szabályszegés, vagy az érvényben lévő eljárásrendektől történő tudatos eltérés (szabály megsértése – rule breaking) viszonylag ritkább, az esetek döntő többségében nem szándékos emberi hiba fordul elő. Ilyen nem szándé-

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A Covid19-pandémia jelentős hatással volt életünk minden területére, a légi közlekedésre is, bár a Covid19 repülésbiztonsági aspektusait eddig kevesen vizsgálták. A Covid19 leggyakoribb szövődményei közül számos tünet jelentősen befolyásolja az emberi munkavégző képességet, fokozhatja a humán faktor hibaforrásveszélyét, így repülésbiztonsági kockázatot jelenthet. Jelen tanulmány célja a Covid19 megbetegedés lehetséges hatásainak azonosítása a repülésben részt vevő személyekre, azok repülésbiztonsági kockázatának felmérése és csökkentése, különös tekintettel a krónikus fáradtságra, amelynek objektív mérésére még kevés módszer létezik. A szerző a poszt-Covid okozta fáradtság hatását vizsgálta a fizikai erőnlétre, két hónappal a fertőzés után.

**KULCSSZAVAK:** Covid19, poszt-Covid szindróma, repülésbiztonság, humán faktor-hiba, fáradtság-menedzsment

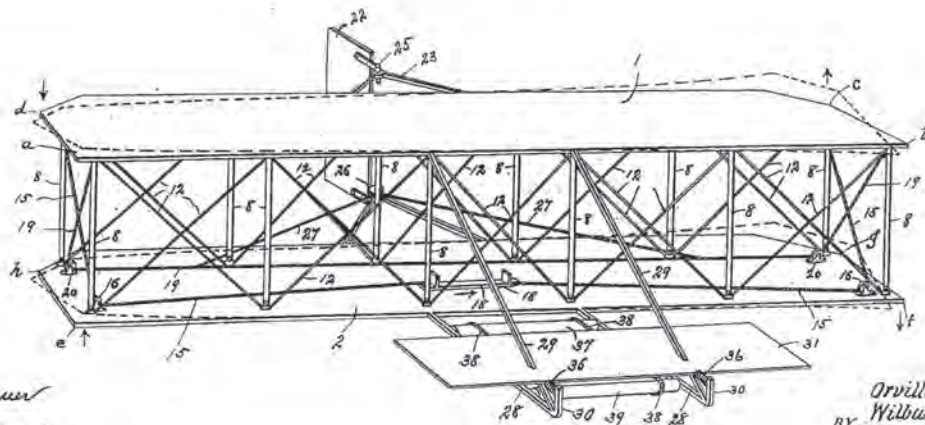
**ABSTRACT:** Covid19 pandemic had a significant effect on every aspects of our lives, on air traffic as well, however not many considerations on its aviation safety aspect. Many complications of Covid19 infection significantly reduce human performance- increase the human factor error likelihood, pose an aviation safety risk. The aim of this research is to identify the effects of Covid19 infection on aviation personnel and mitigate the risk that it may cause in aviation safety, in particular the chronic fatigue, which has very few methods to measure objectively. The author studied the effects of fatigue on physical performance after 2 months of infection.

**KEY WORDS:** Covid19, post-Covid syndrome, aviation safety, human factor error, fatigue management

\* Orvos őrnagy, NKE, HHK, Katonai Műszaki Doktori Iskola; Repülőorvosi Alkalmasságvizsgáló és Gyógyító Intézet (RAVGYI), Funkcionális Diagnosztikai és Fizikai Alkalmasságvizsgáló Osztály, osztályvezető főorvos ORCID: 0000-0003-0138-9807

O. & W. WRIGHT.  
FLYING MACHINE.

FIG. 1.



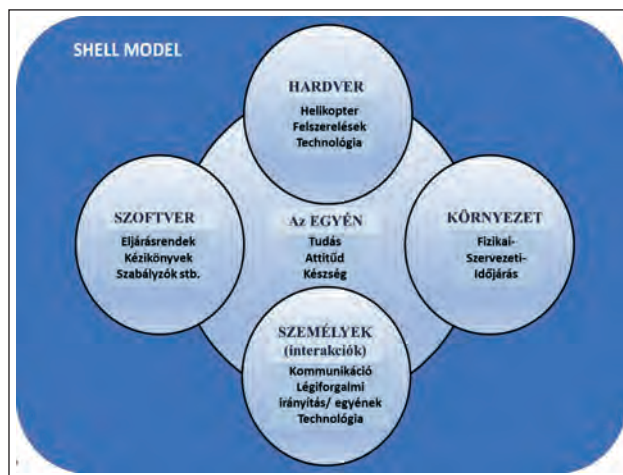
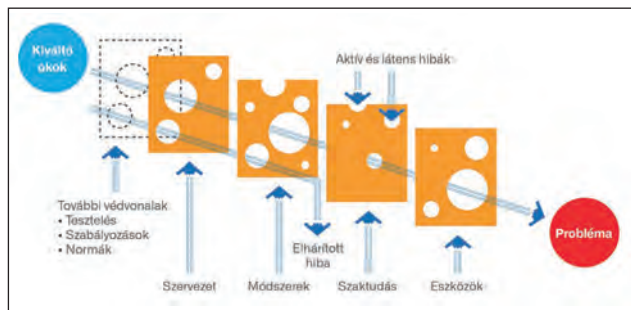
WITNESSES:  
William F. Bauer  
Irene Miller

INVENTORS:  
Orville Wright  
Wilbur Wright  
BY  
H. A. Carlson,  
ATTORNEY.

2. ábra. A Wright fivérek 1906-ban megszerzett, US Patent 821393 számú szabadalmi rajza (Forrás: a szerző szerkesztése a [7] alapján)

kos emberi hiba történhet jól megírt szabályok rossz kivitelezése miatt (a szabály nem ismerete, vagy az ismert szabály rosszul történő végrehajtása, a jártasság hiánya), vagy előfordulhat rossz szabályozás előírás szerinti végrehajtása (szabályozás alapú hiba – rule based error), esetleg a szabályról történő megfeledkezés (tudáshiány miatti hiba – knowledge based error). Mindezek mellett a humán faktor eredetű hibaforrások közé tartozik számos környezeti tényező is, például a kommunikációs hibák (nem tisztázott eljárások, vagy feladatkörök stb.), a szervezeti szintű hibák – organisational error), ilyen például a munkakörnyezet és munkafeltételek, a munkaterhelés nem megfelelő kialakítása, vagy a gazdasági döntések biztonságra kiható következményei. Ezekre az esetekre a repülésbiztonsági rendszerben többféle humánfaktor-modell is létezik, legismertebbek ezek közül az események kialakulásában leírt emberi hiba háttér okait kutató James Reason-féle „svájci sajt” modell (3. ábra), az ember-gép-környezet dinamikus egyensúlyát tükröző SHEL(L)-modell (4. ábra), illetve az emberi hiba viselkedésen alapuló megközelítést leíró Rasmussen nevéhez köthető SRK-modell (képeségek, szabályok, és szabályok ismerete – Skills, Rules, Knowledge) [8]. A repülésbiztonsági modellekben közös tulajdonságként emondható, hogy a repülésben elkövetett 1-1 egyéni hiba – legyen az szándékos vagy sem – nem feltétlenül vezet katasztrófához, amennyiben a szervezeten belül jól alkalmazkodik a többi védelmi vonalhoz. Ilyen védelmi vonal lehet például az eljárásrendek ellenőrzése (check list), a kontroll (a másodpilóta, a légiforgalmi irányító, vagy a felettes személy felülvizsgálata), megfelelő kommunikáció (a bizonyta-

3. ábra. James Reason „svájci sajt” modellje a repülésbiztonságról [9]



4. ábra. SHELL-modell a repülésbiztonságban. Szoftver: a működést biztosító programok. Hardver: maga az eszköz, az ember, aki dolgozik. Személyek: akikkel az egyén dolgozik (Forrás: a szerző szerkesztése a [10] alapján)

lanság kifejezése, segítség kérése, vagy az észlelt hiba jelezése), belső vagy szervezeten kívüli auditok, vagy éppen a biztonsági továbbképzésekre költött vállalati erőforrások. Szintén közös ezekben a repülésbiztonsági modellekben az, hogy a leggyakoribb veszélyforrás a humánfaktor-hiba, amely a munkakörben megszerzett tudás és tapasztalat mellett a repülésben dolgozók fokozott terheléssel járó munkakörnyezetében mutatott emberi teljesítőképességen, munkavégző képességen alapul. Az ember, teljesítőképességének maximumát csak megfelelő mentális és fizikális egészségi állapotban képes nyújtani, és még ebben az ideális állapotban is komoly kihívást jelentenek a hosszú idejű munkavégzés, a váltott műszakos és éjszakai munkarend, valamint a monotonia okozta veszélyek. A repülésben számos munkakör esetében elkerülhetetlen az éjszakai, vagy az elhúzódó, fokozott koncentrációt igénylő munka (pl. a 24 órás szolgáltatást biztosító légiforgalmi irányítás, a hosszú távú transzkontinentális repülőutak pilótáinak és légiutas-kísérőinek feladatai stb.). Sok esetben az intenzív munkaterhelés csendesebb, monoton rutinfeladatokkal töltött időszakokkal váltakozik, amely próbára teszi a dolgozó monotonia-tűrését is. A felsoroltak alapján, a humánfaktor-

Repülésbiztonsági kockázatot jelentő poszt-Covid-tünetek	Fáradtság	Koncentrációs problémák	Pszichés problémák
Átfogó egészségügyi felmérés 3 hónappal a Covid19-fertőzésből való felgyógyulás után Lásd: [16] 3 hónap utáni poszt-covidos tünetek, 124 beteg	69%	36%	30%
Kórházi elbocsátás utáni tünetek és rehabilitációs szükséglet Covid19-fertőzést túlélők körében, keresztmetszeti vizsgálat [15] 100 kórházi beteg 4-8 hét után	60-70%	nincs adat	25-45%
Hosszú Covid- és fertőzés utáni fáradtság szindróma: Áttekintés [19] 2021. januárig irodalmak meta-analízise (115 irodalom)	Átlag: 46 % 50% 4-7 hét 53% 8-11 hét 40% 12-15 hét 28% 16-20 hét 34% 28. hét után	Hasonló, enyhén alacsonyabb előfordulási %	nincs adat
A post-Covid19 manifesztációk értékelése és jellemzése [18] 278 fiatal, viszonylag egészséges páciens	72,8%	28,6%	28,6%
A Covid19 poszt-akut következményei 6-12 hónappal a fertőzés után: populációalapú vizsgálat [22] 6-12 hónappal Covid-fertőzés után, kb. 12 000 fő keresztmetszeti vizsgálata, átlag 44,1 éves kor, átlag 8,5 hónappal Covid-fertőzés után.	37,2%	31,3%	21,1%

hiba érhető módon jelentőséggel bír a repülésbiztonságban, és szorosan összefügg az emberi teljesítőképességgel, egészséggel. Ezt igazolja az is, hogy a repülésben dolgozóknak – hazai és nemzetközi viszonylatban is – rendszeresen speciális munkaköri alkalmassági vizsgálaton, úgynevezett *repülőorvosi alkalmasságvizsgálaton* kell részt venniük mind a katonai, mind a polgári repülésben. [11] [12] [13]

### A COVID19-FERTŐZÉS ÉS A POSZT-COVID-SZINDRÓMA KAPCSOLATA AZ EMBERI HIBÁVAL

A leggyakoribb humánfaktor-hibaforrások közé sorolható a fáradtság, a figyelem zavara (koncentrációs nehézségek), a pszichikai nyomás, a stressz, a memóriazavarok, a tudatosság/térbeli orientáció zavarai [5; 7. o.]. A Covid19-pandémia kitörése óta a nemzetközi irodalmakban leírt Covid19-betegséggel együtt járó tünetek és akár hosszabb ideig is fennálló szövődmények közül a leggyakoribb panaszok (pl. a fáradékonyság, a brain fog, a memória-problémák, a kognitív képességek csökkenése, az alvászavarok, a pszichés panaszok) pontosan ezekbe az előbb felsorolt humánfaktor-hiba veszélyét fokozó problémakörbe tartoznak. A Covid19-fertőzésen átesett személyeknél szignifikánsan romlik a munkavégző teljesítmény mind a reakcióidő, mind a hibaszázalék tekintetében [14]. A nemzetközi kutatások adatai alapján a Covid19-fertőzésen átesett betegek jelentős része, 60–70%-a számol be elhúzódó fáradtság, fáradékonyság kialakulásáról, 40–60% tartós légzési problémákról vagy légszomjról, és 25–45%-uk elhúzódó pszichológiai rendellenességekről az infekció lefolyásának súlyosságával arányosan. [15] Ezek közül a repülésbiztonságban a humánfaktor-hiba rizikóját növelő panaszok közül számos, a felgyógyulást követően még hosszú ideig fennáll. Három, vagy akár hat hónappal a Covid19-fertőzés után, amikor a tüdőszövet diagnosztikus módszerekkel kimutatható érintettsége már meggyógyult, a betegek jelentős része számol még be krónikus fáradtságról (kb. 70% három- és 34% hat hónap után is), életminőség-romlásról és a funkcionális képességek romlásáról (pl. objektív légzésfunkciós teszt, hatperces gyaloglásteszt, valamint a szubjektív mentális, kognitív és az életminőség felmérésére szolgáló kérdőívek kitöltése során). [16] (1. táblázat)

A fertőzés kezdetétől számított 4 hétnél tovább fennálló panaszokat nevezük poszt-Covid-szindrómának [17].

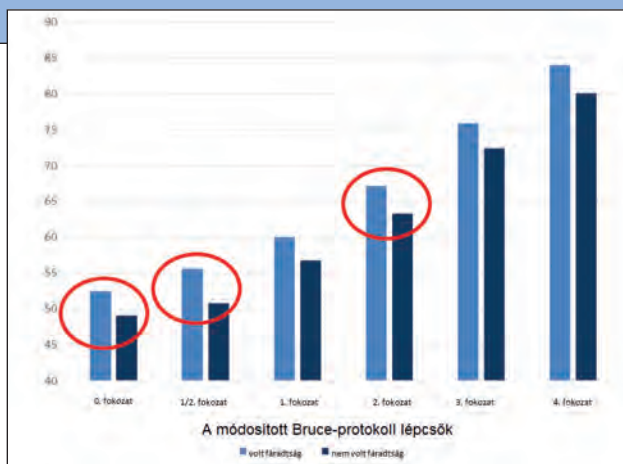
A Covid19-fertőzésen átesett pilóták esetében a poszt-Covid maradványtünetek okozta élettani problémák, a munkavégző- és a teljesítőképesség-csökkenés repülés közbeni vészhelyzetekhez, akár hirtelen cselekvőképtelenség kialakulásához is vezethetnek. Ez jelentősen növeli a Covid19-fertőzésen átesett pilóták körében a humánfaktor-hiba veszélyét, ezzel a repülésbiztonsági kockázatot. A fertőzés alatt kialakuló tünetek súlyossága-, és a poszt-Covid-szindróma során fennmaradó szövődmények valószínűsége is pozitívan korrelál a páciensnél meglévő rizikófaktorok számával (életkor, alapbetegségek). [18][19][20] Figyelembe kell venni azt a tényt, hogy az életkor kitolódása a repülésben a repülőorvostan egyik legnagyobb kihívásai közé tartozik napjainkban, a repülésre való alkalmasság felső korhatárának megállapítása kérdésében. [21] Az idősebb pilóták, a repülésben szolgáló személyek körében a poszt-Covid-szakirodalomban is leírt tapasztalatok szerint súlyosabb lefolyású Covid19-fertőzés és több, illetve súlyosabb maradványtünet várható, súlyosabb és elhúzódóbb poszt-Covid-rehabilitáció lehet szükséges, azaz összességében a kevésbé rigorózus szabályok alapján minősített polgári repülő-hajózó állomány és az idősebb, repülésben tevékenykedők körében nagyobb repülésbiztonsági rizikót jelenthetnek a poszt-Covid-tünetek.

### A COVID19-FERTŐZÉS HATÁSA A FIZIKAI ERŐNLÉTRE<sup>2</sup>

A kutatás első részében megvizsgáltam a Covid19-fertőzés hatását a fizikai erőnlétre. A repülőorvosi alkalmasságvizsgálatra kötelezett személyeket Covid19-fertőzés esetén soron kívüli alkalmasságvizsgálatra hívtuk be Intézetünkbe<sup>3</sup>, hogy megállapítsuk a repülésre való alkalmasságukat és kiszűrjük az esetleges repülésbiztonsági rizikót jelentő egészségi vagy pszichés problémákat. A végrehajtott vizsgálatok egyik része a fizikai erőnlétnek, a szervezet fizikai terhelhetőségének és rezerv kapacitásainak felmérésére irányult. A Covid19-fertőzés egyik jól ismert szövődménye lehet a szívizomgyulladás kialakulása a vírusinfekció kapcsán megjelenő toxinok miatt, amelyek a fertőzés után nagyobb fizikai megterhelés esetén súlyos egészségkárosodást okozhatnak még egészséges sportolók esetében is. Ennek elkerülése érdekében a Covid-fertőzés után csak fokozatos visszatérést ajánlanak a sportoláshoz (a Covid19-betegség lefolyásának súlyossága alapján meg-

határozott ideig). [23] [24] Ennek figyelembevételével erre a terheléses EKG-vizsgálatra intézetünkben egy módosított Bruce-protokoll szerinti futószalag-ergometriával került sor, amelynek célja, hogy az óvatosabb, fokozatosan emelkedő terhelés érdekében a terhelési lépcsők hosszabb ideig tartanak (a szokásos 1 perc helyett 2 perces stádiumok). A vizsgálat kezdetén kisebb mértékben emelkednek a nehézségi fokozatok (az emelkedési szög, illetve a sebesség). Az ergometria során folyamatosan monitorozzuk a vérnyomást, a szív működést (EKG), a perifériás oxigén-szaturációt, ezáltal fokozott megfigyeléssel tudjuk végrehajtani a szervezet fizikai terhelését. Amennyiben panasz, szívritmuszavar, légszomj, mellkasi fájdalom vagy egyéb poszt-Covid-szövődmény jelentkezne, azt időben észleljük. Ezen a módon biztonságos körülmények között terhelhetjük meg a páciensek szervezetét a Covid-fertőzés utáni fizikai erőnlét objektív megállapítása céljából. A fizikai erőnlétet a teljesítmény (maximális Watt-, illetve a szervezet oxigén-felhasználásának emelkedését kifejező metabolikus ekvivalens-MET érték) mellett a terhelésre jelentkező pulzusválasz alapján tudjuk megállapítani. A pulzusszám-emelkedés mértéke negatívan korrelál a fizikai erőnléttel [25], azaz minél magasabbra ugrik a pulzus a terhelés hatására, annál rosszabb a fizikai kondíció.

A vizsgálat során 47 repülőorvosi alkalmassági vizsgálatra kötelezett személy terheléses EKG-vizsgálatának adatait elemeztük, átlagosan 66,91 nappal a Covid19-fertőzés után (az átlag életkor  $36,43 \pm 9,52$  év, az átlagos testsúly:  $BMI = 26,59 \pm 2,44$  kg/m<sup>2</sup> volt) a fentebb leírt, módosított Bruce-protokoll szerinti terhelési lépcsőkben. Az ergometria során mért pulzusértékeket átszámoltuk a korhoz igazított vita-max pulzus (220-életkor) százalékába annak érdekében, hogy a pulzusválasz kortól függetlenül összehasonlítható legyen a vizsgált populációban. A páciensektől megkérdeztük a Covid19-fertőzés lefolyásának tüneteit, súlyosságát, időtartamát, az esetleg meglévő krónikus alapbetegségeket, és összefüggést kerestünk a szubjektív tünetek, a krónikus alapbetegség megléte, illetve az objektíven mérhető fizikai erőnlét között. A fizikai erőnlét maximális MET-értékben (a szervezet oxigénfelvevő kapacitásának emelkedése) kifejezve, minden terhelési lépcsőben ( $r = -0,374 - -0,706$ ;  $p < 0,01$ ) negatív összefüggést mutatott a pulzusválasszal, amely igazolja azt a fentebb leírt irodalmi megállapítást, hogy a fizikai kondíció negatívan korrelál a pulzusválasszal. A Covid19-fertőzés során jelentkező tünetek közül a szubjektíven megélt fáradtság kialakulása minden terhelési lépcsőben szignifikáns összefüggést mutatott ( $p < 0,05$ ) a pulzusválasz mértékével mind a nyers pulzusadatok, mind a korhoz igazított vita-max pulzusszázalékában kifejezett arányszám tekintetében. Azok a páciensek, akiknél megjelent a fáradtság mint szubjektív tünet a fertőzés során, magasabb pulzusválasszal reagáltak a terhelésre, azaz objektíven is rosszabb fizikai kondícióban voltak még a fertőzés után átlagosan 2 hónappal végrehajtott vizsgálatok során is (5. ábra). A vizsgálat adatai az eddigi nemzetközi irodalmakkal egyezően azt mutatják, hogy a krónikus alapbetegségek megléte szignifikánsan magasabb pulzusválasszokkal jár, azaz rosszabb fizikai kondíciót okoz még kb. 2 hónappal fertőzés után is, valamint a krónikus alapbetegségek jelenléte esetén gyakrabban alakul ki lát a megbetegedés során, tehát a krónikus alapbetegségek megléte (pl. a polgári repülésben résztvevő személyek esetén) súlyosabb lefolyású betegséget és komolyabb szövődményeket okozhat. Sem a vérnyomás, sem a perifériás oxigénszint nem mutatott szignifikáns összefüggést sem a szubjektív panaszokkal, sem a fizikai kondíciót mérő MET-értékkel, valamint a fertőzés során



5. ábra. A fáradtság hatása a korhoz igazított vita-max pulzus %-ra (A szerző szerkesztése)

kialakult egyéb szubjektív panaszok sem mutattak szignifikáns összefüggést a fizikai kondícióval a vizsgálat során. Úgy tűnik tehát, hogy a fáradtságon kívül a Covid19-fertőzés egyéb tipikus tünetei (pl. a láz, az íz- és szaglásvesztés), és a megbetegedés időtartama már nem befolyásolja az objektíven mérhető fizikai erőnlétet kb. 2 hónap elteltével, szintén nem befolyásolja a keringési, illetve a pulmonális rendszer fizikai terhelésre adott reakcióját, ezek a szervrendszerek tehát jelen adatok szerint már nem érintettek (regenerálódtak) kb. 2 hónappal a fertőzés után.

Ezek az eredmények megerősítik a jelen kutatás azon feltételezését, hogy a Covid19-fertőzés során az irodalmi adatok szerint igen gyakran, hosszú ideig fennálló fáradtság jelentősen befolyásolhatja a fizikai terhelhetőséget – ezzel az emberi teljesítőképességet is, így jelentős repülésbiztonsági kockázatot jelenthet még 2 hónappal a fertőzés után is.

(Folytatjuk)

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Combs, Harry, Caidin, Martin. Kill Devil Hill: Discovering the Secret of the Wright Brothers, Englewood, CO. TernStyle Press, 1979. pp. 68–71. ISBN 0940053020;
- [2] Crouch, Tom D. Blériot XI, the Story of a Classic Aircraft. Washington, D.C. Published for the National Air and Space Museum by the Smithsonian Institution Press, 1982. p. 22.;
- [3] Gibbs-Smith, C.H. A History of Flying. London: Batsford, 1953. p. 239.;
- [4] Kirkham, William R., Wicks, S. Marlene, Lowrey, D. Lee. G-incapacitation in aerobatic pilots: A flight hazard, FA-AM-82-13, technical report, Prepared for U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine. Washington DC 20591, 1982 October. <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/2756.pdf> (Letöltés: 2022.11.8.);
- [5] Buzai László. A humán faktor szerepe a repülésbiztonsági rendszerek működtetésében Repüléstudomány.hu Különszámok, 2004. p. 6. [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2004\\_cikkek/buzai\\_laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2004_cikkek/buzai_laszlo.pdf) (Letöltés 2022.11.10.);
- [6] Az 1903-as Wright Flyer repülőgép rajza a 3 dimenziós térben való irányíthatóság mérnöki megoldásaival forrás: [https://www.nasa.gov/audience/foreducators/k-4/features/F\\_Wright\\_Brothers\\_Story.html](https://www.nasa.gov/audience/foreducators/k-4/features/F_Wright_Brothers_Story.html) (Letöltés: 2022.11.15);



- [7] A Wright fivérek 1906-ban megszerzett szabadalma US Patent 821393 By Unknown author or not provided - U.S. National Archives and Records Administration, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80511298> (Letöltés: 2022.11.15.);
- [8] Dudás Z. Repülésbiztonság emberi hiba nélkül? Repüléstudományi Közlemények XXIX. Évf. 2017/1, pp. 75–82. [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017\\_1/2017-1-06-0389\\_Dudas\\_Zoltan.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-06-0389_Dudas_Zoltan.pdf) (Letöltés: 2021.11.7.);
- [9] James Reason Svájci Sajt modellje a repülésbiztonságról forrás: <https://blog.hungarocontrol.hu/cikk/mitol-lesz-biztonsagos-a-legi-kozlekedes/> (Letöltés: 2022.11.24.);
- [10] SHELL modell a repülésbiztonságban forrás: [https://mediawiki.ivao.aero/images/a/a9/SHELL\\_MODEL.png](https://mediawiki.ivao.aero/images/a/a9/SHELL_MODEL.png) (Letöltés:2022.11.24.);
- [11] 20/2021. (X. 6.) HM Rendelet Az állami célú légiközlekedési szektor repülőegészségi alkalmasságának feltételeiről, valamint a repülőegészségi alkalmassági vizsgálatot végző szerv kijelölésének és tevékenységének szabályairól <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/index.php?pageindex=kozltart&ev=2021&szam=184> pp. 8476–8530. (Letöltés: 2021.10.24.);
- [12] 14/2002 Közl. Min. és EÜM Együttes rendelet a polgári légiközlekedési szakszolgálati engedélyek egészségügyi feltételeiről és kiadásuk rendjéről [https://hffa.hu/wp-content/uploads/2009/11/14\\_2002.pdf](https://hffa.hu/wp-content/uploads/2009/11/14_2002.pdf) (Letöltés: 2021.11.5.);
- [13] 1178/2011EU szabályzó a polgári légi közlekedéshez kapcsolódó műszaki követelményeknek és igazgatási eljárásoknak a 216/2008/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet értelmében történő rögzítéséről (Magyarországon érvényben 2014. április 8. óta) IV. Fejezet (MED) pp. 211–234. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1178-20160408> (Letöltés: 2021.11.7.);
- [14] Zhou, H., Lu, S., Chen, J., Wei, N., Wang, D., Lyu, H., Shi, C., Hu, S. The landscape of cognitive function in recovered Covid-19 patients, *Journal of Psychiatric Research* 129 (2020) pp. 98–102 <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2020.06.022>;
- [15] Halpin, S. J., McIvor, C., Whyatt, G., Adams, A., Harvey, O., McLean, L., Walshaw, C., Kemp, S., Corrado, J., Singh, R., Collins, T., O'Connor, R. J., Shivan, M. Postdischarge symptoms and rehabilitation needs in survivors of Covid-19 infection, a cross-sectional evaluation, *Wiley Journal of Medical Virology*, 93 (2021) pp. 1013–1022 <https://doi.org/10.1002/jmv.26368>;
- [16] Borst, B. van den, Peters, J. B., Brink, M., Schoon, Y., Bleeker-Rovers, C. P., Schers H., Hees, H. W.H. van, Helvoort, H. van, Boogaard, M. van den, Hoeven, H. van der, Reijers, M. H., Prokop, M., Vercoulen, J. Heuvel, M. van den, Comprehensive health assessment three months after recovery from acute COVID-19, *Clin Infect Dis.* 73(5) (2021 Sep 7): e1089–e1098. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1750>;
- [17] Magyar Tüdőgyógyász Társaság: A COVID–19 vírusfertőzésen átesett – és visszamaradó károsodásokat szenvedő – Poszt-covid szindrómás betegek gondozási protokollja, 2021. p. 6. <https://tudogyogyasz.azurewebsites.net/Media/Download/30445> (Letöltés: 2021.10.16.);
- [18] Kama, M., Abo Omirah, M., Hussein, A., Saeed, H. Assessment and characterisation of post-COVID-19 manifestations, *Wiley The International Journal of Clinical Practice, IJCP* 75(3) (2021): e 13746 <https://doi.org/10.1111/ijcp.13746>;
- [19] Sandler, C. X., Wyller, V. B. B., Moss-Morris, R., Buchwald, D., Crawley, E., Hautvast, J., Katz, B. Z., Knoop, H., Little, P., Taylor, R., Wensaas, K-A., Lloyd A. R. Long COVID and Post-infective Fatigue Syndrome: A Review, *Open Forum Infect Dis.* 8(10) (2021): ofab440. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofab440>;
- [20] Gemelli Against COVID–19 Post-Acute Care Study Group: PostCOVID-19 global health strategies: the need for an interdisciplinary approach, *Aging Clinical and Experimental Research* 32 (2020) pp. 1613–1620 <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01616-x>;
- [21] Szabó S. A. „öreg pilóta nem vén pilóta” élettani korlátozó tényezők és szellemi teljesítmény az életkor függvényében a pilóta és az u(c)av operátor minősítése szempontjából” *Repüléstudományi Közlemények XXIV. Évf* (2012/2) Repüléstudományi Konferencia 2012 című konferencia, Konferenciakiadvány p. 502. [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012\\_cikkek/39\\_Szabo\\_Sandor\\_Andras.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/39_Szabo_Sandor_Andras.pdf) (Letöltés: 2021.11.5.);
- [22] Peter, R. S., Nieters, A., Kräusslich, H. G., Brockmann, S. O., Göpel, S., Kindle, G., Merle, U., Steinacker, J. M., Rothenbacher, D., Kern, W. V., & EPILOC Phase 1 Study Group (2022). Post-acute sequelae of Covid-19 six to 12 months after infection: population based study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 379, (2022) e071050. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-071050>;
- [23] Verwoert, G.C., de Vries, S.T., Bijsterveld, N., Willems, A.R., Vd Borgh, R., Jongman, J.K., Kemps, H.M.C., Snoek, J.A., Rienks, R., Jorstad, H.T. Return to sports after COVID-19: a position paper from the Dutch Sports Cardiology Section of the Netherlands Society of Cardiology. *Neth Heart J.* 28(7-8) (2020 Jul) pp. 391–395. <https://doi.org/10.1007/s12471-020-01469-z>;
- [24] Országos Sportegészségügyi Intézet. Aktualizált állásfoglalás a COVID–19 fertőzött sportolók sportba való visszatérésének kérdésében. [https://www.osei.hu/images/stories/osei/munkatarsaknak/10.28\\_COVID-Sportba-val-visszatr.pdf](https://www.osei.hu/images/stories/osei/munkatarsaknak/10.28_COVID-Sportba-val-visszatr.pdf) (Letöltés: 2022.11.17.);
- [25] Putri, Elsyia Vira. “The Correlation Between Physical Workload and the Increase in Workers’ Pulse Rate” *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health* 8 (2) (2019) pp. 206–214. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v8i2.2019.206-214>.

#### JEGYZETEK

- 1 „It is not the resistance of material which limits the aerobic performance of the artificial bird, but the physiologic resistance of man, who is the brain of the artificial bird.” Louis Bleriot, 1922. (A szerző fordítása.)
- 2 Erőnlét: Az edzettség speciális megnyilvánulása, amely kifejezi, hogy az adott pillanatban milyen teljesítményre képes az egyén. A fizikai erőnlét összetevői: az izomerő, az izom-állóképesség, a kardiorespiratorikus állóképesség, a mozgékonyág (agilitás), az izületi mozgékonyág (flexibilitás) és a testösszetétel.
- 3 Repülőorvosi Alkalmasságvizsgáló és Gyógyító Intézet, Kecskemét

1. ábra. A sebesültszállításhoz hordággal ellátott TheMIS UGV útban a sérült katonára (Fotó: Ocskay István)



Ocskay István\*

# Integrált, moduláris, vezető nélküli szárazföldi járműrendszerek bemutatója Versailles-ban

## Az iMUGS PESCO program folytatása Franciaországban

Az Európai Unió tagállamainak Állandó Strukturált Együttműködés szervezete, a PESCO (Permanent Structured Cooperation), iMUGS (integrated Modular Unmanned Ground System – integrált, moduláris, vezető nélküli szárazföldi járműrendszer) munkacsoportja 2022. október 26. és 27. között rendezte meg a 2020-as alakuló ülését követő ötödik, ismételt demonstrációval egybekötött tanácskozását, amelynek moderátorai – az iMUGS

projekt két vezető kutatóhelyeként – a francia NEXTER és SAFRAN vállalatok szakemberei voltak. A szakmai összejövetel helyszínéül a vállalatokkal szorosan együttműködő francia hadsereg Versaillesben települő kísérleti alegységének telepét választották, a Satory Military Camp-ben. [1] [2]

A Haditechnika folyóirat korábban megjelent számaiban<sup>1</sup> is utaltunk rá, hogy a magyar honvédelmi tárca kiemelten

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A szerző az MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság szakértőjeként ötödször vett részt az iMUGS munkacsoport ülésén és technikai bemutatóján, amelyre ezúttal a franciaországi Satory Military Campben, Versailles-ban került sor. A korábbi négy bemutató témájához hasonlóan, a figyelem a folyamatosan fejlődő vezető nélküli szárazföldi rendszerekre, és az azokkal arányosan nehezező – az eszközökkel végrehajtható – feladatokra irányult. A 2022 októberében megrendezett bemutató három, egymáshoz szorosan kapcsolódó szcenáriót dolgozott fel a felderítéssel kezdve, a sebesültek és anyagok szállításán keresztül, a területen végrehajtott járőrözésig. Ez az utolsó előtti bemutató a munkacsoport kétéves történetében, amelyet két hónappal később a németországi záróesemény foglalt keretbe.

**KULCSSZAVAK:** detekció, önvezető architektúra, PESCO, UGV, TheMIS

**ABSTRACT:** As an expert of the HDF Force-Modernisation and Transformation Command, the author took part in the meeting and technical presentation of the iMUGS working group for the fifth time, this time at the French Satory Military Camp in Versailles. As in the previous four presentations, unmanned ground vehicles are constantly developing, and the tasks that can be performed with them are proportionally more difficult. The presentation in October 2022 elaborated three closely related scenarios from reconnaissance, through the transport of the wounded and materials, to the patrolling of the area. This is the penultimate presentation in the two-year history of the working group, which will be framed by the final event in Germany.

**KEY WORDS:** vehicle detection, autonomy, PESCO, UGV, TheMIS

\* Ezredes. MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság modernizációs igazgató, NKE KMDI doktorandusz.  
ORCID: 0000-0003-0279-8215



kezeli a vezető nélküli szárazföldi járművekhez köthető civil és haditechnikai jellegű kutatásokat. Az iMUGS program célja, hogy egy hibrid hajtású UGV-re (Unmanned Ground Vehicle – vezető nélküli szárazföldi jármű) kifejlesszen olyan moduláris, a lehető legnagyobb autonómítási fokkal rendelkező szenzorarchitektúrát, amely a legjobban illeszkedik a munkacsoportban résztvevő tagállamok és vállalatok igényeihez, lehetőségeikhez, és alkalmas különböző fegyveres, vagy attól eltérő, de jellemzően katonai feladatok ellátására. A program kezdete óta végrehajtott fejlesztések bemutatása céljából a különböző tagországokban más-más forgatókönyv alapján tervezett feladatokat végeztek a résztvevő, többségében az észti MILREM vállalat THeMIS vezető nélküli járművei. A munkacsoport októberi demonstrációját 2022-ben a németországi Brück városa melletti gyakorlótéren végrehajtott záró bemutató követte december 13–15. között. (Ez utóbbiról a szerző a Haditechnika folyóirat 2022/3. számában részletesen beszámol.)

A versailles-i technikai, technológiai jellegű bemutató és rögtönzött kiállítás legfőbb célja az volt, hogy szemléletesen bemutassa az iMUGS-projekt során kifejlesztett speciális képességek kialakításával megoldható járőrözési, utánszállítási és felderítési feladatokat<sup>2</sup>, valamint ismertesse a korszerűsítések eredményeit: a folyamatosan fejlődő THeMIS-platformot, a taktikai rádióhálózatot és az automata hálózatba integrált önvezető kettőt, valamint az azokon futó algoritmust. Ezen a franciaországi bemutatón az autonóm üzemmódban közlekedő THeMIS vezető nélküli járművek alkalmazását immár többféle scenárióban is láthattuk. A bemutató során a francia hadsereg egyik lövészraja területfoglalási, járőrözési és területellenőrzési, felszerelés-utánszállítási, illetve sebesült-kiszállítási feladatokat látott el, amelyek során ezeket a harcjárműveket is intenzíven alkalmazták. (1. ábra) Az önvezető eszközökre felszerelt különféle platformok integrálására is sor került, amikor lőfegyveres, sebesültkihordó, illetve felderítő felépítményeket adaptáltak az észti MILREM vállalat által gyártott eszközökre.

A feladatok végrehajtásához olyan területeket biztosítottak, amelyeken véletlenszerűen alakították ki a mesterséges akadályokat, objektumokat. Ezek egy részét még elektronikusan is megtöbbszörözték ún. geofencing<sup>3</sup> eljárással. A szakemberek számára a járműben aktuálisan zajló folyamatokat – az algoritmusok futtatását – a jármű menet közbeni viselkedését leíró programok kivetítőn történő folyamatos megjelenítése mutatta. A gyakorlat során az eszközöket imitált kibertámadás is érte, amely az irányítást segítő GPS-jelek elvesztését okozta.

Az előzőekben összegzett feladatokat három elkülönített scenárióban mutatták be:

**2. ábra. A THeMIS UGV önvezető üzemmódban tevékenykedik az akadályok között** (Fotó: Ocskay István)



**3. ábra. A rajparancsnoki vezetési pont kialakítású TITUS típusú, növelt aknavédelemmel ellátott páncélozott harcjármű küzdőtere** (Fotó: Ocskay István)

**1. scenárió: Előrevonás, felderítés, sebesültek hátra szállítása**

Ebben a feladatban két THeMIS lánctalpas UGV-vel, kötelékben vonult fel egy lövészraj, az eszközök followme<sup>4</sup> funkcióval követték az előttük haladó katonát. A mesterséges akadályoknál az eszközökkel együtt megálltak, majd fedezéket keresve, a raj megkezdte a terület felderítését. A raj parancsnoka egy francia gyártmányú TITUS MRAP (Mine Resistant Ambush Protected) növelt aknavédelemmel rendelkező harcjárműből irányította a raját, és oda érkeztek azok a felderítési adatok is, amelyeket egy távolban lévő, szintén THeMIS UGV-re integrált, felderítő platform szolgáltatott. (3. ábra) A leküzdendő terep szélén egy épület helyezkedett el, amelynek a felderítését a rajparancsnok egy kamerával is felszerelt UGV-re bízta. Ezt az eszközt az egyik katona távirányítóval irányította.

Az UGV-jármű az épülethez előre mozogva elrejtőzött, ellenséges fegyveres katonát észlelt, értesítette a raj parancsnokát, majd a raj ennek az információnak a birtokában tervezte meg az épület elfoglalását. A tűzharc során a raj egyik katonája súlyos sérüléseket szenvedett, ezért a rajparancsnok a megadott koordináták betáplálásával, előre küldte az addig háttérben lévő, kifejezetten CASEVAC (Casualty Evacuation – egészségügyi kiürítés) feladatokra optimalizált felszereltségű UGV-t. Ez a THeMIS UGV – önvezető eszközei alkalmazásával – a megadott koordinátákkal kijelölt helyszínre sietett, közben kikerült néhány olyan akadályt is, amelyek előre nem voltak beprogramozva, így azokat menet közben kellett észlelnie, majd a megkerülési pályát kiszámolnia. (1. ábra) Az ellátott sérültet felfektették a hordágyra, felhelyezték a járműre, majd az UGV a korábban leírt útvonal mentén a sebesültet, további ellátásra hátra szállította a fedezékek mögé. A művelet szakmailag érdekes részét az UGV-k önálló tájékozódása, akadály-elkerülése és mozgása jelentette, amelyet ugyan kisebb megállások és bizonytalankodások szakítottak meg, de a feladatot végül sikerült végrehajtani. Az észti UGV-re az autonóm rendszereket a francia SAFRAN cég integrálta a THeMIS UGV NGVA5 egységes rendszerének köszönhetően, amely lehetővé teszi, az ún. plug-in rendszerű eszközök rövid időn belüli integrálását, összehangolását.

**2. scenárió: utánszállítás, ellátás**

A második feladat előtt a lövészraj az előző scenárió során „elfoglalt” területen védőállásokat létesített. Elkezdődött a védelmi harc, amelynek során a rajhoz véletlenszerűen lőszer-, fegyver- és kézigránát-utánpótlás iránti ellátási kérelmek érkeztek. Az ellátó, szállító (cargo) kialakítású UGV-re a katonák felmálhálták a szükséges utánszállítási anyagokat, majd a rajparancsnok betáplálta a rászállítást igénylő lövész katonák koordinátáit, és meghatározta



a prioritási sorrendet, hogy mely katonához kell előbb le szállítani a felszereléseket. A megadott információk feldolgozását a vezetési pontba telepített számítógép végezte el mesterséges intelligencia (MI) támogatásával, a 6 ellátandó katonára vetítve, tizedmásodpercek alatt. Egy nagyobb egység esetében azonban – betáplálva a közlekedhető utak halmazát és a különböző ellátási prioritásokat is figyelembe véve – ez a számítás akár több percet is igénybe vehet. Ebben a szcenárióban az ellátó UGV a megkapott adatok alapján megkezdte mozgását, és az útjában lévő akadályokat kikerülve, végrehajtotta a feladatát. A feladatvégrehajtás során, mesterségesen – geofencinggel – egy rombolt útszakaszt létesítettek, amely előtt az UGV megállt és kikerülő manőverbe kezdett, majd gond nélkül folytatta utánszállítási tevékenységét. A feladatvégrehajtás szakmailag fontos eleme volt az MI-rendszerek alkalmazása a szállítási útvonalak optimalizációjában, illetve a menet közben megváltozó feltételekhez történő gyors alkalmazkodóképesség vizsgálata, amelyek mindegyikét teljesítette az eszköz.

### 3. szcenárió: járőrözés

Az elfoglalt terület felügyelete érdekében járőrözést kellett végrehajtani, amelyet három, egymással kapcsolatban álló THeMIS UGV hajtott végre. A szükséges felderítési adatokat egy felderítő platformmal rendelkező THeMIS UGV biztosította. (4. ábra) A járőrözési útvonalon érinteni kellett bizonyos pontokat, katonákat, valamint figyelemmel kellett lenni a felderítési adatokra, amelyek alapján kiszámítható, hogy melyek azok az útvonalak, amelyek alkalmazása során az UGV az ellenség feltételezett fegyvereinek hatótávolságán belülre kerülhetne. Az összes adat a vezetési ponton keresztül jutott el az UGV-khez oly módon, hogy a járművek egymással is megosztottak információkat, biztosítva ezzel a rajzási (swarming) képességet is. Minden ellenőrző ponton és katonánál meg kellett jelenniük a járműveknek úgy, hogy egyik pontot, vagy katonát sem hagyhatták ki. Azt, hogy melyik pontnál jártak a járművek, azok beépített alrendszerei egyeztetették egymással. A feladat végrehajtása során egy időre kiber ellentevékenységet is szimuláltak, így „zavarták” a járművek GPS-vevőit. Ekkor az UGV-k a betáplált térképadatok és a saját érzékelőik alapján tájékozódtak, így fejezték be feladatukat. A demonstráció szervezői kivetítőn megjelenítették, hogy a járművek algoritmusai milyen számításai lehetőségével választja ki a legoptimálisabb útvonalakat, figyelembe véve a betáplált térképi és geográfiai adatokat, információkat. (5. ábra)

4. ábra. Egy spanyol felderítőkészlettel ellátott THeMIS UGV, felderítő tevékenység közben (Fotó: Ocskay István)



5. ábra. Járőrtevékenység közben haladó THeMIS UGV képe és a teljesítendő feladat sematikus vázlata a kivetítőn (Fotó: Ocskay István)

## ÖSSZEGZÉS

A munkacsoport tagjai az egymást követő rendezvényeken egyre komplexebb, az előző bemutatókra épülő demonstrációkat tartottak annak érdekében, hogy a 2021-ben megfogalmazott terveiket a 2022 decemberében, Németországban megtartandó „záróvizsgán” teljesíteni tudják. A közel két éve tartó program elérkezett az utolsó demonstrációjához, amelyre 2022. december 15–17. között került sor, egy Berlin melletti erdős gyakorlóterületen. Ekkor kellett teljes körűen számot adni a résztvevő vállalatoknak az addig elért eredményekről, a felhasznált anyagi erőforrások megtérüléséről a gyakorlatban. A munkacsoport tagjainak jó együttműködését példázza, hogy az így nyert tapasztalatokat minden résztvevő képes beolvasztani a saját kutatási portfóliójába, például az ész MILREM vállalat ennek köszönhetően képes hónapról hónapra újabb eszközre integrált platformokat készíteni, és a munkacsoport keretén belül érvényt szerezni a fejlesztéseiknek.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] PESCO PROJECTS <https://www.pesco.europa.eu/project/integrated-unmanned-ground-system-ugs/> (Letöltve: 2022.11.29.);
- [2] Integrated Modular Unmanned Ground System iMUGS | – European Union <https://ec.europa.eu> (Letöltve: 2022.11.29.)

## JEGYZETEK

- 1 Ocskay I.: Ész robotikai innováció *Haditechnika* 2021/6. szám 21. o. DOI: 10.23713/HT.55.6.04; Ocskay I.: Az iMUGS PESCO program folytatása Rigában *Haditechnika* 2022/1. szám 28. o. DOI: 10.23713/HT.56.1.05
- 2 ISR – Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – hírszerzés, megfigyelés és felderítés.
- 3 A geofencing olyan elektronikai útvonalblokkolás, vagy nehezítés, amelyet csak az önvezető jármű vezérlőrendszere észlel, a valóságban ezek az akadályok nem láthatók.
- 4 Az UGV szenzoraival „figyeli” az előtte haladó katonát, és megfelelő, előre definiált távolságban követi őt.
- 5 NATO Generic Vehicle Architecture – NGVA, a STANAG 4754 szabvány szerint több olyan elektronikus alrendszert tervezhetnek és integrálhatnak katonai járművekbe, amelyek többfunkciós kijelzőről vezérelhetők.
- 6 A zavarást valójában a GP-koordinátákat biztosító vevők táplálásának megszüntetése jelentette.

# Az elektromos és hibrid hajtásláncú személy- és tehergépjárművek alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben III. rész

Az egyre nagyobb méreteket öltő globális légszennyezés és a fosszilis tüzelőanyagok, így a kőolaj és a földgáz véges mennyisége is felhívja a figyelmet a közlekedési eszközök meghajtásának jelentőségére. Mára az összes említett szempont figyelembevétele fontos annak eldöntésében, hogy gépjárműveinket milyen hajtóanyaggal üzemeltetjük. Különösen hangsúlyos kérdésként merülhet fel ez a probléma az olyan nagy járműparkkal rendelkező fogyasztók esetében, mint a Magyar Honvédség (MH). A problémák enyhítése érdekében az Európai Unió egyre szigorodó károsanyag-kibocsátási normákat vezet be, így a szabályozás következtében a különböző gyártók kevésbé szennyező, fokozottan környezetbarát – elsősorban hibrid vagy tisztán elektromos – járműveket gyártanak. A tanulmány sorozat első részében a szerző az alternatív hajtásláncú gépjárművek fejlesztési irányait, üzemeltetésük környezetvédelmi és gazdaságossági szempontjait ismertette, kitekintéssel a katonai alkalmazás lehetőségeire. A szerző a második részben a kisbuszok és az akár 53 férőhelyes autóbuszok alternatív hajtási megoldásait elemezte, míg a tanulmány folytatásában a tehergépjárművek alternatív hajtásáról olvashatunk.

A személyszállításon túl, az anyagszállítás is az MH logisztikai feladatkörébe tartozik. A központi raktárból történő anyagvételezés, a gyakorlatok anyagi szükségleteinek ellátása vagy egy missziós felkészülés egyaránt anyagszállítással jár. Ezeknek a feladatoknak a végrehajtásához különböző tehergépjárművek állnak a honvédség rendelkezésére. A gépjárműveket teherbírásuk alapján három csoportba sorolhatjuk. (11. táblázat)

Az MH-ban rendszeresített tehergépjárművekre ugyanazok a szempontok, követelmények vonatkoznak, mint a személyszállító gépjárművekre, amelyeket a tanulmány sorozat előző részében tárgyaltunk. Ezek a követelmények a multifunkcionalitás, a NATO-kompatibilitás, a megbízható működés, a magas fajlagos teljesítmény, az egyszerű technikai kiszolgálási igény, az egyfajta szabványos üzemanyag-igény, a családélvű gyártás, valamint a szállítási tagozatok körülményeihez történő igazodás. Ezekon túl további speciális szempont a bizonyos mértékű terepjáró képesség, a viszonylag alacsony infrastruktúra-függőség, illetve az aránylag alacsony rakfelület-magasság, amely jelentősen befolyásolja a rakodási időt. [65]

A folyamatosan szigorodó károsanyag-kibocsátási normák következtében – és mivel a személyszállítási szektorban nagy sikert aratnak az alternatív hajtásláncú személygépjárművek –, egyre több gyártó épít be ilyen hajtásláncokat tehergépjárműveibe. Az ilyen eszközöket napjainkban még csak azok a cégek alkalmazzák, amelyeknek jelentős mértékű tehergépjármű-flottával rendelkeznek és a személyszállítás terén már pozitív a tapasztalatuk, de 2035-től várhatóan minden cégnek ezt az utat kell majd járnia.

**KIS TEHERBÍRÁSÚ TEHERGÉPJÁRMŰVEK**

A kis teherbírású tehergépjárművek 0,5–3 tonna hasznos teher szállítására alkalmasak. A katonai szervezetek napi szállítási feladataik ellátása érdekében rendszerint ezeket a tehergépjárműveket veszik igénybe. Ebből a kategóriából az MH 2019-ben a Volkswagen Crafter két típusát rendszeresítette: a Volkswagen Crafter 35 Doka platós HT 2.0 TDI (L3H2)-t és a Volkswagen Crafter platós KT SCR 2.0 TDI-t. [66]

## KIS TEHERBÍRÁSÚ TEHERGÉPJÁRMŰVEK

A kis teherbírású tehergépjárművek kategóriájában szinte az összes alternatív hajtáslánc elérhető. A családélvű gyártásnak köszönhetően a Ford Transit, a Volkswagen Crafter és a Peugeot Expert egyaránt megtalálható a személy- és a teherszállító szektorban is. (12. ábra)

A táblázatból jól látható, hogy a vizsgált járművek hengerűrtartalma jelentősen eltér egymástól, így a tehergépjárművek teljesítménye és nyomatéka igen változatos. A legnagyobb különbség a hagyományos, belső égésű motoros és az alternatív hajtásláncú típusok között a fogyasztásban jelentkezik. A jelenleg rendszeresített, alternatív hajtásláncú Crafter típusok ugyanis akár 3 literrel is többet fogyaszthatnak, mint az alternatív hajtásláncú tehergépjárművek, amelyek szintén rendelkeznek belső égésű motorral. Ez a különbség belvárosi közlekedés esetén (például budapesti alakulatok között) jelentősen megnőhet, mivel a csúcspor-

ozat előző részében tárgyaltunk. Ezek a követelmények a multifunkcionalitás, a NATO-kompatibilitás, a megbízható működés, a magas fajlagos teljesítmény, az egyszerű technikai kiszolgálási igény, az egyfajta szabványos üzemanyag-igény, a családélvű gyártás, valamint a szállítási tagozatok körülményeihez történő igazodás. Ezekon túl további speciális szempont a bizonyos mértékű terepjáró képesség, a viszonylag alacsony infrastruktúra-függőség, illetve az aránylag alacsony rakfelület-magasság, amely jelentősen befolyásolja a rakodási időt. [65]

11. táblázat. Tehergépjárművek csoportosítása teherbírásuk alapján [64]

Tehergépjármű csoport	Teherbírás (tonna)	Példa gépjármű
Kis teherbírású	0,5–3	Volkswagen Crafter
Közepes teherbírású	3–6	Renault D18
Nagy teherbírású	>6	Rába H-14, H-18, H-25 Renault T520

\* Hadnagy, Magyar Honvédség Lahner György 2. Ellátóezred, Nemzeti Támogató Zászlóalj, harcanyagellátó szakaszparancsnok.  
ORCID: 0000-0002-8702-0519



12. ábra. Volkswagen Crafter 35 alváz platós (bal felső kép) [67], Ford Transit Custom mHEV (jobb felső) [68], Ford Transit Custom PHEV (bal középső) [68], Peugeot e-Expert Hydrogen (jobb középső) [69], Volkswagen e-Crafter (bal alsó) [70] és Volkswagen Crafter 35 Doka platós (jobb alsó) [71]

galom következtében kialakuló forgalmi dugók olyan alacsony haladási sebességet eredményeznek, ahol az alternatív hajtásláncú típusoknál nem indul be a belső égésű motor, így jelentős mennyiségű üzemanyagot lehet velük megtakarítani. A raktérfogat nagyságát tekintve a Volkswagen Crafter 35 alváz (platós) a legkevésbé hasznosítható, ugyanis raktérfogata mindössze 2,85 m<sup>3</sup>, míg a táblázatban fetüntetett többi tehergépjármű legalább 6 m<sup>3</sup>-es kapacitással rendelkezik. Annak ellenére, hogy az alternatív hajtásláncú gépjárművekben az akkumulátorok sok helyet foglalnak el a raktérből, mégis versenyképes raktérkapacitással rendelkeznek. A Volkswagen e-Crafter tisztán elektromos hatótávolsága a legkisebb, mindössze 160 km, míg a Peugeot 4,4 kg hidrogénnel 350 km-t képes megtenni, a Ford Transit Custom PHEV pedig akár 600 km-t is a belső égésű motor által hajtott generátor közreműködésével.

### KÖZEPES TEHERBÍRÁSÚ TEHERGÉPJÁRMŰVEK

A közepes teherbírású tehergépjárművek 3–6 tonna anyag szállítására képesek. Ebben a gépjármű kategóriában az MH 2019-ben szerzett be Renault D18 HIGH P4x2 280 E6/HP típusú platós ponyvás tehergépjárműveket. Ezen járművek rendeltetése a honvédségi szervezetek összetett teher szállítási feladatainak biztosítása közúton, valamint könnyű terepen, a nemzeti haderő hazai és nemzetközi szállítási feladatainak biztosítása érdekében. [75]

13. ábra. Renault D18 (bal felső kép) [75], Scania G360 HEV (jobb felső) [76], Hyundai Xcient Fuel Cell (középső) [77], MAN eTGM (bal alsó) [78] és Scania G360 PHEV (jobb alsó) [76]



12. táblázat. A különböző meghajtású kis teherbírású tehergépjárművek összehasonlítása [66] [44] [45] [43] [72] [73] [74]

Műszaki jellemzők	Volkswagen Crafter 35 Doka platós	Volkswagen Crafter 35 alváz (platós)	Ford Transit Custom mHEV (L2H1)	Ford Transit Custom PHEV (L1H1) (jelenleg nem elérhető)	Volkswagen e-Crafter	Peugeot e-Expert Hydrogen
Meghajtás típusa	Belső égésű motor		Mild hibrid	Hatótávnövelt elektromos autó	Elektromos	Üzemanyag-cellás
Teljesítmény (kW/LE)	103/140		125/170	92/125	100/136	100/136
Maximális nyomaték (Nm)	340		405	355	290	260
Hengerűrtartalom (cm <sup>3</sup> )	1968		1998	998	–	–
Üzemanyagfogyasztás (l/100 km)	10,5		7,4	9	–	–
<b>Felépítmény / Rakfelület (plató)</b>						
Hosszúság (mm)	3450	3500	2921	2554	3201	2862
Magasság (mm)	1726	400	1406	1406	1861	1397
Szélesség (alul/felül) (mm)	1832/1380	2040	1775	1775	1832	1628
Raktérfogat (m <sup>3</sup> )	9,56	2,85	7,28	6,37	10,91	6,5
Platómagasság (mm)	1000		536	564	669	633
<b>Az alternatív hajtáslánc jellemzői</b>						
Akkumulátor kapacitása (kWh)	–	–	0,48	13,6	35,8	10,5
Elektromos hatótávolság (elektromosság) (km)	–	–	–	50	160	50
Energiafelhasználás (kW/100 km)	–	–	–	–	21,5	21
Bővített elektromos hatótávolság (PHEV) (km)	–	–	–	Kb. 600	–	–
Hidrogénmennyiség (kg)	–	–	–	–	–	4,4
Elektromos hatótávolság (hidrogén) (km)	–	–	–	–	–	350
Töltési idő szabványos hálózati csatlakozóval (1,6 kW) (óra)	–	–	–	8,5	22,3	6,5
Töltési idő 22 kW-os gyorsöltővel (laktanyák)	–	–	–	0,6	1,6	0,5

A beszerzési eljárás során a Volvo Hungária Kft.-től megvásárolt Renault közúti tehergépjárművek három különböző kialakítással rendelkeznek: platós ponyvás, speciális autószállító és autószállító felépítménnyel. (13. táblázat)

A 13. ábrán látható, hogy az ismert nemzetközi tehergépjármű-gyártó cégek (a MAN, a Scania) is látnak fantáziát az alternatív hajtásláncú tehergépjárművek két-háromszori feladatokban való részvételében.

A Scania típusok teljesítménye megegyezik a Renault D18 típusossal, a MAN-nak azonban 30%-kal, a Hyundai-nak pedig 70%-kal nagyobb a teljesítménye. A legnagyobb eltérés a nyomaték mutatószámaiban érzékelhető, mivel az alternatív hajtásláncú tehergépjárművek két-háromszor nagyobb forgatónyomatékot képesek leadni. Az alternatív hajtásláncot tekintve megállapíthatjuk, hogy az MAN és a Hyundai tehergépjárművei a leggazdaságosabbak, mivel sokkal kevesebb energiára van szükségük 100 km-nyi távolság megtételéhez, mint a Renault-nak és a két Scaniának.

Az elektromos töltésű tehergépjárművek alkalmazása során elengedhetetlen nagyobb teljesítményű töltőoszlopok kiépítése a gépjármű telephelyeken, mert az eszközök nélkül a töltés miatt akár egy egész napra is kieshetnek a gépjárművek a szállítási feladatokból.

### NAGY TEHERBÍRÁSÚ TEHERGÉPJÁRMŰVEK

Nagy teherbírású tehergépjárművet akkor célszerű igénybe venni, ha több, mint 6 tonna anyagot kell elszállítani. Ilyen volumenű szállítások esetén, a honvédségben terepen a Rába H-14 vagy H-18 típusú terepjáró tehergépjárműveket, közúton pedig az újonnan beszerzett Renault T520-as nyerges vontatókat, és az azokhoz tartozó Schwarzmüller típusú rolóponyvas félpótkocsikat alkalmazzák. [83]

Az említett közúti technikai eszközöket ugyanazon beszerzési eljárás keretében szerezték be, mint a Renault

13. táblázat. A különböző meghajtású közepes teherbírású tehergépjárművek összehasonlítása [75] [76] [78] [79] [80] [81] [82] [83]

Műszaki jellemzők	Renault D18 HIGH P4x2 280 E6/HP	Scania G360 HEV	Scania G360 PHEV	MAN eTGM	Hyundai Xcient Fuel Cell
Meghajtás típusa	Belső égésű motor	Full hibrid	Plug-in hibrid	Elektromos	Üzemanyagcellás
Teljesítmény (kW/LE)	206/276	206/280 (belső égésű motor) 290/388 (elektromotor)		264/360	350/469
Maximális nyomaték (Nm)	1050	1200 (belső égésű motor) 2150 (elektromotor)		3100	3400
Hengerűrtartalom (cm <sup>3</sup> )	7700	6700		–	–
Üzemanyag-fogyasztás (l/100 km)	21	n. a.		–	–
Felépítmény / Rakfelület (plató)					
Hosszúság (mm)	7190	7500	7500	6500	n. a.
Magasság (mm)	1358	2476	2476	2160	n. a.
Szélesség (mm)	2480	2540	2540	2490	n. a.
Az alternatív hajtáslánc jellemzői					
Akkumulátor- kapacitás (kWh)	–	30	90	185	73,2
Elektromos hatótávolság (elektromosság) (km)	–	20	60	190	–
Energiafelhasználás (kW/100 km)	–	150	0,97	18,3	
Hidrogénmennyiség (kg)	–	–	–	–	32
Elektromos hatótávolság (hidrogén) (km)	–	–	–	–	Kb. 400 (jármű + 18 tonnás vontatmány)
Töltési idő szabványos hálózati csatlakozóval (1,6 kW) (óra)	–	18,75	56,25	115,6	–
Töltési idő 22 kW-os gyorsöltővel (laktanyák) (óra)	–	1,3	4	8,4	–
Töltési idő egyenárammal (150 kW)	–	0,25	0,5	1,25	–

D18 típusú közepes teherbírású tehergépjárműveket. Rendeltetésük az országon belüli, valamint a nemzetközi teher szállítási feladatokban történő részvétel közúton és könnyű terepen. A Renault T520-asok az MH által rendszeresített félpótkocsival akár 29 tonna anyagot is képesek egyszerre szállítani. [83]

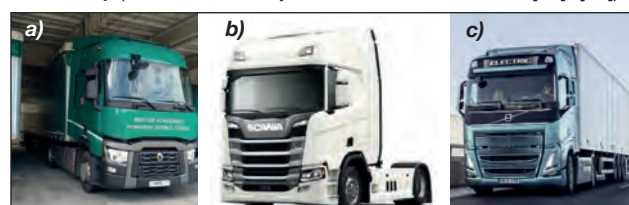
A Renault T520 típust a 14. táblázatban hasonlítjuk össze alternatív hajtásláncú, nagy teherbírású tehergépjárművekkel. Az összehasonlításban csak a nyerges vontatók szerepelnek, vontatmány nélkül.

A 14. ábrán, valamint a 14. táblázatban is látható, hogy ebben a kategóriában található a legkevesebb gépjárműtípus, hiszen ezek a gépjárművek hatótávolság tekintetében még nem tudják felvenni a versenyt a hagyományos belső égésű motoros típusokkal.

A két fenti alternatív hajtásláncú tehergépjármű teljesítményben és nyomatékban is felülmúlja a Renault típust. A maximális vontatható tömeg a Renault és a Scania nyerges vontató esetében 36 tonna, míg a Volvonál csupán 29 tonna. Ez a különbség azért adódik, mert a Volvo Magyar-

országon jelenleg nem rendelkezik a megengedett legnagyobb össz tömegre irányuló eltérési engedéllyel. Amennyiben rendelkezne, akkor akár 33 tonnát is vontathatna. Az alternatív hajtáslánc adataival kapcsolatban a Scania és a Volvo hasonló energiafelhasználással működik, előbbi akkumulátora azonban csak a regeneratív fékezésből tölthető. Jelenleg a Scaniánál fejlesztés alatt áll plug-in hibrid, valamint tisztán elektromos nyerges vontató is. A Volvo kamion jelenleg kimagasló teljesítményt nyújt: akkumulá-

14. ábra. Renault T520 a), Scania R360 HEV b), és Volvo FH Electric c) (Források, balról jobbra: a szerző felvétele, [76], [84])



14. táblázat. A különböző meghajtású, nagy teherbírású teherszállító tehergépjárművek összehasonlítása [83] [76] [85]

Műszaki jellemzők	Renault T520 T4X2 E6	Scania R360 HEV	Volvo FH Electric
Meghajtás típusa	Belső égésű motor	Full hibrid	Elektromos
Teljesítmény (kW/LE)	390/522	265/360 (belső égésű motor) 290/388 (elektromotor)	490/650
Maximális nyomaték (Nm)	2550	1700 (belső égésű motor) 2150 (elektromotor)	n. a.
Hengerűrtartalom (cm <sup>3</sup> )	12 777	9 291	–
Üzemanyag-fogyasztás (l/100 km)	32	n. a.	–
Vontatható tömeg (kg)	36 600	36 300	29 400
Az alternatív hajtáslánc jellemzői			
Akkumulátor kapacitása (kWh)	–	30	540
Elektromos hatótávolság (km)	–	20	300
Energiafelhasználás (kW/100 km)	–	150	180
Töltési idő 22 kW-os gyorstöltővel (laktanyák) (óra)	–	–	20–22
Töltési idő gyári töltővel (43 kW) (óra)	–	–	11
Töltési idő egyenárammal (250 kW) (óra)	–	–	1,5

tor-kapacitása 540 kWh, hatótávolsága meghaladja a 300 km-t. Ekkora teljesítményű akkumulátor esetén azonban még inkább fontos a nagy teljesítményű töltőpontok kiépítése, ugyanis a jelenlegi 22 kW teljesítményű töltőoszlopokkal majdnem egy napba telne egy ekkora méretű akkumulátor feltöltése.

Összevetve a jelenleg rendszerben lévő Renault T520-as típussal, az alternatív hajtásláncú tehergépjárművek rendelkeznek alkalmazási potenciállal. A Scania az alacsony, tisztán elektromos töltéssel megtehető hatótávolsága, valamint akkumulátorának kizárólag regeneratív fékezéssel tölthetősége miatt inkább városban belüli, míg a Volvo a közel 300 km-es hatótávolságával a városok, alakulatok közötti közlekedésre alkalmasabb. A Scania a Renault-hoz viszonyítva teljesítményben, nyomatékban, illetve az elektromotornak köszönhetően üzemanyag-fogyasztásban is jobb, míg a Volvo a teljesítményében, a nyomatékleadásban (már alacsonyabb fordulatszámra is képes leadni a maximális nyomatékot) és az elektromotor következtében a károsanyag-kibocsátás szempontjából is kedvezőbb, mint a Renault. A jelenleg rendszerben lévő Rába tehergépjárművek leváltása pillanatnyilag nem lehetséges alternatív hajtásláncú típusra, mert egyedülként az Oshkosh nevű amerikai cég gyárt hibrid terepjáró tehergépjárművet. A HEMTT A3 közel 30%-kal használ kevesebb üzemanyagot, mint a belső égésű motoros változata, valamint képes akár 120 kW áramot előállítani „külső” használatra. [86]

## ÖSSZEZÉS

Az alternatív hajtásláncú tehergépjárművek alkalmazhatóságának megállapításához két fontos tényezőt kell mérlegelni. A töltőoszlopok kiépítettségét, illetve azt a szempontot, hogy amikor nincs igénybe véve a jármű, akkor

mennyire merül le az akkumulátora. Utóbbi főként a nehéz teherbírású tehergépjárműveket érinti, mivel azok igénybevétele nem rendszeres. A töltőoszlopok kapacitása elsősorban a közepes és nagy teherbírású tehergépjárművek akkumulátorainak méretei miatt lényeges. Ahhoz, hogy ezek a járművek gazdaságosan igénybevehetőek legyenek, nagy teljesítményű (250 kW-os) töltőoszlopok szükségesek, annak érdekében, hogy a töltési időt a személygépjárművekkel egy szintre csökkentsük.

A kis teherbírású tehergépjárművek összevetése nyomán azt a következtetést vonhatjuk le, hogy méretükben jelentősen elmaradnak a jelenleg rendszeresített járművekhez képest. Ez nem feltétlenül negatív jellemző, mivel így sokkal nagyobb a járművek raksúlykapacitása, illetve tüzelőanyag-fogyasztásuk is gazdaságosabb. A felépítménnyel kapcsolatos adatok közül a raktérfogatot érdemes kiemelni. Annak ellenére, hogy a Volkswagen Crafter 35 alváz (platós) a leghosszabb jármű, annak a típusnak a legkisebb a raktérfogata. Ennek oka, hogy a felépítmény kialakítása következtében csak kisebb magasságig lehet rá árut rakodni. Ebből a szempontból a Volkswagen e-Craftert érdemes kiemelni, amely majdnem 11 m<sup>3</sup>-es raktérfogattal rendelkezik. Az alternatív hajtáslánc adatait megfigyelve nem állapítható meg, hogy melyik a legjobb jármű, mivel a PHEV, a tisztán elektromos és az üzemanyagcellás típus is jelentős hatótávolsággal bír. Ha a hatótávolságot vesszük figyelembe, akkor a Ford Transit Custom PHEV, ha azonban a töltési idő – hatótávolság arányait, akkor az előbb említett Ford, valamint a Peugeot e-Expert Hydrogen a legjobb választás.

Az a tény, hogy a közepes teherbírású tehergépjárműveknél is megtalálható minden hajtáslánc (full hibrid, plug-in hibrid, tisztán elektromos, üzemanyagcellás) azt mutatja, hogy egyre több cég gondolkodik alternatív megoldásokban annak érdekében, hogy megfeleljenek a károsanyag-

kibocsátási normáknak, illetve, hogy lépést tartsanak a technológiai fejlődéssel. Az MH-ban rendszeresített típus-hoz képest a Scania változatok azonos, míg a MAN és a Hyundai nagyobb teljesítménnyel rendelkeznek, és nyomtérük két-háromszor nagyobb. A tehergépjárművek felépítményét vizsgálva nem hasonlíthatók össze a típusok, mivel a Scania és a MAN csupán önjáró alvázat gyárt, a felépítményt pedig egy másik cég állítja elő, amelyből csak akkor lehetséges két milliméterre pontosan azonos kialakítás, ha ugyanaz a személy, cég vagy szervezet vásárolja meg. Az alternatív hajtáslánc jellemzőit tekintve az MAN és a Hyundai adatai a legjobbak, egyrészt a hatótávolság, másrészt az energia-felhasználás miatt. Mindent egybe véve – a tömeg kivételével – a főbb jellemzők (például a teljesítmény vagy a nyomaték) az alternatív meghajtású tehergépjárművek mellett szólnak. A rövid, tisztán elektromos hatótávolság miatt a Scania modelljei a városi, míg az MAN és a Hyundai modelljei a városok közötti közlekedésre lennének alkalmasak.

A nagy teherbírású tehergépjárműveknél jelenleg csak a full hibrid és a tisztán elektromos hajtáslánc található meg, a Scaniánál azonban már menetpróbákat teljesítenek a konnektoros (plug-in) hibrid nyerges vontatók. Teljesítményben és nyomatékban a Scania kétféle meghajtása (belső égésű motor, elektromotor) külön-külön elmarad a másik két tehergépjárműhöz képest, együttes használatuk esetén azonban közel azonos eredményeket mutat. Vontatás szempontjából a Volvo két szempontból marad el a többi típustól: egyrészt a 3 tonnával nagyobb tömege miatt, másrészt, mert nem rendelkezik eltérési engedéllyel Magyarországon. Abban az esetben, ha rendelkezne ilyen engedéllyel, akkor 33 tonnára nőne a vontatható tömege. Az alternatív hajtáslánc jellemzőit figyelembe véve a Scania és a Volvo az energiaszolgáltatás tekintetében rendkívül hasonló eredményt produkál. A Volvo esetében a hosszú távú utakon jut szerephez az akkumulátor 3 tonnás többlettömege, ugyanis az FH Electric akár 300 km-t is meg tud tenni tisztán elektromos töltéssel. Ugyanakkor a Volvo annyira elkötelezett az alternatív hajtáslánc mellett, hogy az FH Electricen kívül még négy másik tisztán elektromos típust (FM, FMX, FE és FL) is kínál a vásárlói igények kielégítésére.

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [64] Dr. Grasselli Gábor (szerk.) Logisztika jegyzet Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, Magyarország 2013. ISBN 978-615-5183-38-6;
- [65] Boros János. 1980. Katonai közúti szállítások szervezése és végrehajtása I. rész, Katonai gépkocsi szállítások szervezése és végrehajtása, Budapest, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Hadtáp tanszék, Nyt. sz.: 36/0321/Ea;
- [66] Használatba vételi intézkedési terv a VW Crafter 50 Midibusz HT 2.0 TDI (L3H2) 140LE/103kW, VW Crafter 35 Doka platós HT 2.0 TDI (L3H2) 140LE/103kW, VW Crafter 35 Platós KT SCR 2,0 TDI 140LE/103kW gépjárművek használatba vételére, Magyar Honvédség Logisztikai Központ kiadványa (Nyt. szám: 432-55/2019.); <https://www.trucksout24.hu/a-jarmu-reszletei/Transporter-VW-T6-Pritsche-lang-Automatik-DSG-AHK-2-5-T-Plat%C3%B3s-ponyv%C3%A1s/19969740/1> (Letöltve: 2022.3.28.);
- [67] <https://www.ford.hu/aruszallitok-pickupok/uj-transit-custom/van> (Letöltve: 2022.3.28.);
- [68] <https://www.peugeot.hu/hirek-ujdontasok-sport/hirek/e-expert-hydrogen-sorozatgyartas.html> (Letöltve: 2022.3.28.);
- [69] <https://www.autoszektor.hu/hu/content/e-crafter-haszonjarmuvek-jovoje-szallit-de-nem-szenyyez> (Letöltve: 2022.3.28.);
- [70] <https://www.truck1.hu/kisteherautok/platos-kisteherautok/volkswagen-crafter-35-doka-ahk-klima-a6188512.html> (Letöltve: 2022.3.28.);
- [71] [vw.hu, Volkswagen Crafter, Crafter katalógus, url: https://www.vw.hu/crafter-dobozos/katalogus](https://www.vw.hu/crafter-dobozos/katalogus) (Letöltve: 2022.3.3.);
- [72] Peugeot.hu, Peugeot e-Expert Hydrogen: Ugrás a jövőbe, url: <https://www.peugeot.hu/hirek-ujdontasok-sport/hirek/peugeot-e-expert-hydrogen-ugras-a-jovobe.html> (Letöltve: 2022.3.7.);
- [73] A Peugeot magyarországi hivatalos képviselőjének adatbázisából;
- [74] Intézkedési terv a Renault D18 HIGH P4x2 280 E6/HP platós ponyvás,- D16 HIGH P4x2 R 250 E6/HP speciális autószállító, - D14 MED P4x2 280 E6/HP autószállító gépjárművek használatba vételére, Magyar Honvédség Logisztikai Központ kiadványa (Nyt. szám: 303-10/2020);
- [75] A Scania magyarországi hivatalos képviselőjének adatbázisából;
- [76] <https://trucknbus.hyundai.com/global/en/products/truck/xcient-fuel-cell> (Letöltve: 2022.4.4.);
- [77] <https://www.man.eu/hu/hu/tehergepkocsi/mindenmodell/az-man-etgm/etgm.html> (Letöltve: 2022.4.4.);
- [78] man.eu, MAN eTGM broszúra [https://www.man.eu/ntg\\_media/media/hu/content\\_medien/doc/bw\\_master/truck\\_2/man\\_lkw\\_broschuere\\_etgm.pdf](https://www.man.eu/ntg_media/media/hu/content_medien/doc/bw_master/truck_2/man_lkw_broschuere_etgm.pdf) (Letöltve: 2022.3.7.);
- [79] MAN Trucknology Roadshow 2021 [https://www.man.eu/ntg\\_media/media/en/content\\_medien/doc/bw\\_germany\\_1/bcc\\_1/\\_TRS\\_2021\\_FV\\_Katalog\\_DE.pdf](https://www.man.eu/ntg_media/media/en/content_medien/doc/bw_germany_1/bcc_1/_TRS_2021_FV_Katalog_DE.pdf) (Letöltve: 2022.4.2.);
- [80] Az MAN magyarországi hivatalos képviselőjének adatbázisából;
- [81] trucknbus,hyundai.com, Hyundai Xcient e-brosúra <https://trucknbus.hyundai.com/global/en/products/truck/xcient-fuel-cell> (Letöltve: 2022.3.30.);
- [82] Intézkedési terv a Renault T 520 T4X2 E6 típusú nyerges vontató és a HP Schwarzmüller RH 125 típusú rolóponyvas félpótkocsi használatba vételére, Magyar Honvédség Logisztikai Központ kiadványa (Nyt. szám: 303-5/2020);
- [83] <https://www.volvotrucks.hu/hu-hu/trucks/trucks/volvo-fh/volvo-fh-electric.html> (Letöltve: 2022.4.6.);
- [84] A Volvo magyarországi hivatalos képviselőjének adatbázisából;
- [85] <https://oshkoshdefense.com/technology/propulse/> (Letöltve: 2022.4.8.).

15. ábra. A szerb légierő Airbus H-145M típusú helikopterei a batajncai légi bázison (Fotó: Kelecsényi István)



Kelecsényi István\*

## A szerb haderőfejlesztés **II. rész**

### Stit 2022 (Pajzs 22) haditechnikai bemutató Batajnica, Szerbia

A szerző a délszláv háborút követő időszakról napjainkig tekinti át Szerbia haderejének átalakítását. Az ország haderőfejlesztési programja keretében beszerzett haditechnikai eszközöket a batajncai légibázison megrendezett Stit 2022 (Pajzs 22) rendezvényen mutatták be. A haditechnikai bemutató és repülőnap keretében a légi és a szárazföldi haderőnem fegyverzetét és felszerelését tekinthették meg az érdeklődők. A kétrészes tanulmány első része ismertette a szerb haderőfejlesztési program előzményeit, majd a haderő átszervezésének katonapolitikai és szakmai szempontjait, valamint a szárazföldi haderőnemhez tartozó saját fejlesztésű, és külföldről beszerzett légvédelmi eszközöket, helikoptereket, valamint a gyakorló és csapásmérő repülőgépeket tárgyalja.

#### LÉGI HADERŐNEM

A légierő és légvédelmi csapatok háborús veszteségei után Szerbia gyakorlatilag újjáépítette a saját légierő haderőnemét és légvédelmi képességeit. Az elavult, már a vietnámi háborúban is alkalmazott Sz-125 Nyeva rakétarendszereket a mai napig használja a szerb légvédelem. Szükségesé vált az eszközök modernizációja, amely az optikát és az infravörös rendszereket érintette. A korszerűsített légvédelmi rakéta neve: Pecsora-M. Szerbia a modernizált Sz-125 Percsora-M rakétarendszerekből 12 osztályban 32 indítóállvánnyal rendelkezik.

A csapatlégvédelem korszerűsített 2K12 Kub önjáró lánctalpas eszközeiből 87 darab áll rendszerben. Egyes források Kvadrat-ML 2K12-ML vagy Kub2M [16] változatként is említik a modernizált típus jelzését. A Kub önjáró légvédelmi rakétakomplexum SzPU indítóállványai (angolul: TELAR – Transporter-Erector-Launcher And Radar) nem rendelkeznek sem lokátorral, sem optikai irányzékkal, ezért önállóan nem alkalmazhatók.

A 2K12 közepes hatótávolságú rakétarendszer fejlesztésének egyik újdonsága a 2018-ban modernizált indítóállvány, amelyen a középső rakéta helyére hőkövető rakéta indítására alkalmas rakétasínt terveztek és építettek be, ezáltal a két 3M9M4 típusú rakéta közé három darab, infravörös képalkotó rakéta kerülhet. A három rakétából a két szélső R-60 típusú, középen pedig egy R-73 infravörös önirányítású légi harc-rakéta módosított változata került. (16. ábra) A szintén korszerűsített SZURN típusú célfelderítő és rakéta-rávezető állomás a légi célok helyzetének adatait átadja a TELAR indítóállványnak, amelyet megfelelő irányzóegységben a támadó repülőgép felé lehet fordítani.

A 2K12 rendszer célkövető lokátora ugyan egycsatornás – tehát nem lehetséges az SzPU-ról radarirányítású rakétát indítani, ha az már egy másik 3M9M4 rakétát vezet célra –, de indíthatnak hőkövető, infravörös irányítású rakétát az ellenség repülőeszköze felé, amennyiben az a megsemmisítési zónában repül.

Rendszerben tartanak még néhány darab 9K35 Sztrela-10 lánctalpas, csapatlégvédelmi komplexumot is, de azok számát jelentősen meghaladják az orosz 9K38 és

\* Szakújságíró. ORCID: 0000-0001-5563-3313.





16. ábra. A szerb légvédelem 9K12ML (Kvadrat) rendszerének indítóállványa szemből a), és hátulról b). A modernizált Kub SzPU (TELAR) indítóállvány esetében a középső rakéta helyére három darab R-60 vagy R-73 típusú infravörös, hőkövető rakétaindítót szereltek, ezzel csökkentve a veszélyt, hogy az egycsatornás légvédelmi rendszer másik támadási irányból védtelen maradjon. A hőkövető rakétákhoz nem szükséges a komplexum célravezető lokátorának használata (Fotók: Kelecsényi István)

9K310, illetve 9K34 Sztrela 3-as változatok a kézi légvédelmi rakéták közül.

Szerbia a nagy, közepes és kis hatótávolságú légvédelmi rakétarendszerekből új típusokat szerzett be. Elsőként a kis hatótávolságú csapatlégvédelmi komplexumokból vásárolt Pancir-Sz1 kerekes hordozójárművekre telepített légvédelmi rakéta- és gépágyúkomplexumokat, amelyekből a batajnicei rendezvényen hat darab volt látható. A Szíriában folyó harcok, és az orosz-ukrán háború tapasztalatai alapján a gyártó ezeket Sz1M változatra modernizálta [15].

A kis hatótávolságú légvédelmi rakéták közül a 18 darab MBDA Mistral rakétaindító rendszert szerezték be, amelyeket a PASARS önjáró légvédelmi gépágyúkra integrálnak. [16] Érdekesség, hogy ez utóbbira az orosz légvédelmi rakétákat is fel lehet szerelni, tehát a fejlett optikai és MITS-2 hőkamerás rendszerrel is lehet célozni. A Giraffe radarokból 18 darabot vásároltak.

A nagy hatótávolságú légvédelmi eszközök közül – a Pancir kis és közepes hatótávolságú légvédelmi eszközök beszerzése után – az Sz-300PM2 beszerzésének bejelentését várták a szakmai körök, de a kínai hadiipar kedvezőbb áron tudta szállítani a HQ-22 légvédelmi rakéta-komplexumot.

2022 tavaszán a HQ-22 rendszert – amelyet Kína FK-3 vagy KC-2 exportnéven értékesít külföldön – 6 darab Y-20A

17. ábra. A Mistral rendszer ATLAS indítóállványára integrált, kis hatótávolságú orosz légvédelmi rakéták (Fotó: Kelecsényi István)



típusú teherszállító repülőgéppel szállították. [17] A kézirat lezártaig (2022. október) a HQ-22-ből négy üteget vásárolt meg déli szomszédunk. A komplexum alapvető járművei és rendszerei közül kiemelendő a collimator állomás, amely egy 6 x 6-os kerékképletű járműre telepített magas antennának elhelyezésére szolgáló árbóc. Ennek feladata a rakéta és a lokátor közötti kommunikáció ellenőrzése a célpontok követésére, a rakéták irányítása szimulált jel küldésével. A 240 km hatótávolságú JGS-100-as felderítő 3D-s lokátort és a H-200-as célkövető lokátorokat szintén 6 x 6-os Hanjang járművekre telepítették. A felderítő radar – publikus információk szerint – több mint 100 célt képes önállóan érzékelni. A lokátor saját aggregátorral rendelkezik, amely az elektromos energiát szolgáltatja. A H-200-as célkövető lokátor az FK-3-as légvédelmi rendszer központja, hiszen az vezeti célra a légvédelmi rakétákat. A képességének szélessége azimutban 90° (45° az antennafelezőtől balra és jobbra), magasságban 70°, hatótávolsága körülbelül 180 km. Az antenna azimutban 360°-ban, korlátozás nélkül elfordul. Akár 6 különböző célpontot követ pontosan, és max. 12 rakétát irányíthat azonos időben, valamint több, mint 30 további nyomvonalat dolgoz fel egyszerre. A radar 360°-os tartományban (szektormunkával), és 27 km magasságig képes követni a célokat. A HQ-22 rendszer 6 célpontot egyidejűleg 12 rakétával is képes támadni. A H-200-as célkövető radar is rendelkezik önálló áramszolgáltató gépjárművel. A radarok tevékenységének és a parancsok kiadásának központja egy önálló jármű, amely szintén 6x6-os hajtásképlet-kialakítású. A tűzvezető központ a vezetékes kapcsolatot 300 méterig, míg a vezeték nélkülit mindegy 1 km távolságig képes fenntartani. A vezérlőkabin számos beépített konzollal, munkállomással rendelkezik. Az összesen akár 100 megjeleníthető célból 16 követése lehetséges. A parancsnoki központi jármű tömege 18 tonna (a lokátorhordozó jármű tömege 32 tonna). A légvédelmi rakétaütegek állományában rakétaszállító, -indító és logisztikai járművek is megtalálhatók. Egy üteget 15 darab jármű alkot. Az MLV mozgó önjáró indítóállvány négy darab rakétát képes szállítani és indítani, a rátöltést az SzPV logisztikai jármű végzi. A szerb katonák Kínában kaptak kiképzést a komplexumok üzemeltetéséhez. A kiképzés részeként, az éleslövészetben 97 km-es távolságból is célba találtak, ami a szerb légvédelem eddigi legjobb eredménye. A komplexum részeként 6 darab indítóállványt, a H-200-as célkövető lokátort, a





18. ábra. A HQ-22/FK-3 komplexumhoz tartozó H-200 típusú célkövető lokátor (Fotó: Kelecsényi István)

parancsnoki harcálláspontot és a rakétaszállító járműveket is bemutatták a Stit 2022 rendezvény statikus és dinamikus bemutatóin.

A szerb légvédelmi tüzérségi eszközök körében is fejlődés tapasztalható. A FAP-2026-os tehergépkocsira épített toronyba 40 mm-es Bofors légvédelmi gépágyút szereltek, és a kivont MiG-21 típusú repülőgépek RM-13 légi harc-rakétáiból átalakított és továbbfejlesztett RLN-IC föld-levegő rakétákat integráltak. A fejlesztés eredményeként létrehozták a páncélozott PASARS-16 (ПАСАРС-16) légvédelmi járművet. A módosított rakétát új infravörös keresőfejjel, harci résszel, közelségi gyújtóval és hajtóművel szerelték fel. Hatásos magassága 8 km, hatótávolsága 12 km. A későbbiekben az R-60-as és az R-73-as légi harc-rakéták átalakított föld-levegő változatainak integrációját tervezik a rendszerhez.

A légvédelmi lokátorok terén új beszerzést jelent a Thales-Raytheon Systems (TRS) Ground-Master GM-200/400 típusú lokátorok rendszerbe kerülése. [18]

A légierő fejlesztése a haderőmodernizáció legköltségszebb szektora, ezért a folyamat racionális döntések alapján zajlik. A háború után – az üzemidő kirepülését követően – a

megmaradt MiG-21UM és MiG-21BiSz vadászipülőgépeket kivonták a rendszerből, így csak öt darab MiG-29A és egyetlen UB szupersonikus vadászipülőgépük maradt rendszerben, amelyek Európa legöregebb MiG-29 változatai voltak. Szerbia 2017-től kezdődően modernizált orosz MiG-29C (9.13) és UB (9.51), valamint belorusz MiG-29C (9.13) vadászipülőgépeket kapott katonai segítségként. A különböző változatú és műszerezettségű Fulcrumokat a batajnicai „Moma Stanojlović” Repülőgépjavítóüzem (Aviation Institute), az orosz gyártóval közösen SzM változatra építi át. A Stit 22 rendezvényen 5 darab volt látható a modernizált MiG-29 példányokból. A statikus bemutatón kiállított Fulcrumnál AKU-170E indítószint is bemutatott, amely a látóhatáron túli légi harcra alkalmas R-77, aktív radarirányítású légi harc-rakéta indításához szükséges. Az R-77 (RVV-AE, Izdelije 190) rakéták hatótávolsága mintegy 80 km. Ez a teljesítmény ugyan elmarad az AIM-120 AMRAAM rakétákétól, mégis hatalmas előrelépés a szerb légierő számára. A szerbek R-77-esei nem egyeznek meg azokkal az R-77-1 változatú rakétákkal, amelyekkel az orosz légierő megszerezte a légi fölényt az ukrán repülőgépekkel szemben az ukrajnai intervenció során, azonosak azonban az indiai légierő flottájában lévő változattal. A MiG-29SzM repülőgépek hat darab R-77-es hordozására képesek, bár az átadott rakéták száma csekély. India ugyan kritizálta a R-77-est, különösen az amerikai AIM-120-asnál rövidebb hatótávolsága miatt, ugyanakkor annak irányító rendszerét átvette, és ezekkel fejlesztette saját ASTRA típusú, aktív lokátor-vezérlésű rakétáit. A szerb MiG-29SzM másik, új légi harc-rakétája az R-27ER1, amely inerciális és félaktív radarvezérlésű, hatótávolsága 110–130 km. Ez a hatótávolság azonban csak a nem manőverező, nagyobb repülőgépek (légi utántöltő, légtérelenőrző repülőgépek) esetében igaz. A szerb repülőgépek csak az R-27R1 maximum 50–60 km hatótávolságú rakétákat használhatták. A R-27ER1 (470-1E) rakéta robbanófejének tömege 39 kg, és akár 27 km magasságban repülő légi célok ellen is hatásos. A MiG-29SzM típusú repülőgépek két darab R-27 rakétát képesek hordozni. A bemutatón a modernizált vadászipülőgépekhez több levegő-föld irányított rakétát is bemutatott. A H-29TE (63-as változat) televíziós irányítású változat, hatótávolsága 3–30 km, sebessége 720 m/s, pontossága 2,2 CEP<sup>2</sup>. A rakéta teljes tömege 690 kg, amelyből a robbanófej 317 kg tömegű.

19. ábra. MiG-29SzM többfeladatu vadászipülőgép. Az avionika és a fegyverzetintegráció modernizálását a szerb MOMA, és orosz cégek közösen Batajnicán végezték (Fotó: Kelecsényi István)





20. ábra. A Soko Orao J-22 és NJ-22 csapásmérő repülőgépek négyes rajkötelékében repülő, díszfestett változatai több alkalommal láthatók voltak a kecskeméti Nemzetközi Repülőnap és Haditechnikai Bemutaton is (Fotó: Kelecsényi István)

Ezekből a rakétákból két darab a hordozható mennyiség, amennyiben azokkal egy időben R-27 változatú légharc-rakéta nem kerül függesztésre. A H-29TE AKU-58AE rakéta indítósról indítható. A repülőgéphez többfajta ejtőlőszer is kiállítottak, például a KAB-500Kr, KAB-500OD, és KAB-1500Kr bombákat. A Tango Six szerb repülési weboldal szerint [19] H-31P lokátor elleni rakétákat is integráltak a modernizáció során, bár az L-150-29 Pastel antenna – amely ezeknek irányításához szükséges –, nem volt látható.

A nagymértékű modernizáció ellenére, a repülőgépek pilótafülkéje csak részben újult meg; a gépekbe nem építettek be többképenyős digitális repülőgép-vezető műszert. Az orosz-ukrán háború a MiG-29-es vadászipülőgépek alkatrész-utánpótlását is veszélyezteti, ráadásul a típus az 1970-es évekbeli, túlnyomórészt analóg műszerezettségével már elavult, légirendészeti szolgálatra azonban még kiválóan alkalmas. Szerbia 2022 áprilisában nyilvánosságra hozta, hogy tárgyalásokat folytat Franciaországgal a – horvátok által is

rendszeresített – Dassault Rafale vadászipülőgép-típus megrendeléséről, amelyekből egy századnyi mennyiség beszerzését tervezi. A vadászipűvek megvásárlásáról egyelőre nem született végleges döntés. [20]

Szerbia saját gyártású csapásmérő repülőgépének modernizációját 2017-től indította el, Orao 2.0 néven. [21] A modernizált változatok a Soko NJ-22-es kétüléses változatából készülnek, jelenleg azonban csak a prototípus áll rendelkezésre, amelyet már öt évvel ezelőtt bemutattak. A repülőgéphez beépített lézeres célmegjelölőt is integráltak, amelyhez LVB-250F típusú lézeres irányítású bomba is rendelkezésre áll. Szintén fejlesztés alatt álló, lézeres irányítású fegyver az EDePro által gyártott M-16D levegő-föld rakéta, amely négy indítócsöves konténerben függeszthető a gépre. Az Orao televíziós irányítású fegyvere az VRVZ-24, illetve a VRZV-200AP M17 típusú levegő-föld rakéta. Utóbbi inerciális és végfázisban televíziós irányítású, hatótávolsága 40 km. [22] Az Oraóhoz fejlesztett felde-  
rítőkonténer A-39-es, ASCAFA-5M fényképezőgépekkel

21. ábra. A Soko G4 Super Galeb gyakorló és könnyű csapásmérő repülőgép. A típusból több változatot is rendszerben tartanak. A legújabb modernizáció a G-4M. (Fotó: Kelecsényi István)



és infravörös érzékelőkkel készül, elektronikai zavarókon-  
ténerek a szerb gyártású Radeom-1 alkalmazását terve-  
zik. Az Orao önvédelmi fegyverzés alatt áll, és a gépágyúk  
mellett R-60Mk hőkövető légi harc-rakétákat vagy az R-73  
típusú rakétákat alkalmazhatják erre a célra.

A kiképző és könnyű csapásmérő Soko G-4 Super Galeb  
gyakorló és könnyű támadó repülőgépeket is korszerűsít-  
tették az elmúlt évek során. Az első repülését még 1978-ban  
végrehajtó típus 1983-ban már G-4 típusjelzéssel repült. Az  
alapváltozat modernizációját követően (G-4M), további fej-  
lesztések nyomán létrejött a G-4MD változat, amelyet a  
következő részegységekkel szerelték fel:

- folyadékkristályos kijelzők (LCD – liquid crystal display),
- repülési adat-kivetítő (HUD – head up display),
- új típusú kormány- és hajtómű-vezérlőkar (HOTAS –  
hands on throttle and stick),
- korszerű távolságmérő (DME – distance measuring  
equipment),
- műholdas helyzetmeghatározó rendszer (GPS – global  
positioning system),
- fedélzeti komputer, idegen-barát felismerő rendszer  
(IFF – identification friend or foe),
- új típusú repülési adatrögzítő, műszeres leszállító  
rendszer (ILS – instrument landing system),
- rádió navigációs rendszer (VOR – very high frequency  
omni-directional range).

A repülőgépekbe a MIL-STD-1553B előírásoknak meg-  
felelő adatbusz beépítését is elvégezték.

Többféle fegyver hordozására is alkalmassá tették a  
gépet, amely két darab R-60 légi harc-rakétát és négy darab  
amerikai gyártmányú BT-755 kazettás, illetve Mk.82-es  
bombát is hordozhat. Az orosz fegyverek közül a FAB-50J,  
a FAB-250J, az OFAB-100 és OFAB-250 bombák szintén  
függeszthetők a típusra. Az irányított fegyverek közül az  
AGM-65 Maverick rakétát integrálták. A Super Galeb be-  
épített tűzfegyvere a GSz-23LY típusú gépágyú. A Soko  
J-22 Orao 2.0 változat kifejlesztése azonban előnyt élvez a  
G-4MD-vel szemben, ezért a modernizációs programot  
jelenleg nem folytatják.

A G-4M/MD verziók üzemeltetését legalább 2035-ig ter-  
vezik. Napjainkban a típusból mintegy 20 darab repülőgép  
áll rendszerben, Bosznia-Hercegovina és Montenegró  
azonban már nem alkalmazza a régebbi modifikációjú vál-  
tozatokat.

A légszavaras oktató-gyakorló repülőgépek, mint például  
az Utva Lasta 95, korlátozott mértékben, de rendelkez-  
nek levegő-föld fegyverzettel.

A Lasta 1 prototípusa 1985. szeptember 2-án repült elő-  
ször, míg a Lasta 95-ös 2009. februárjában. A típust az Utva  
75-ös utódjának tervezték, eredetileg a jugoszláv légierő  
számára. A Lasta 1 első repülését követően még több  
avionikai berendezést építettek be a repülőgépbe, például új  
elektronikai rendszert, illetve Ferranti ISIS D-282 tűzvezető  
berendezést. A típusból közel egy tucat prototípus készült, de  
a délszláv válság idején – az Utva repülőgépgyár elleni légitá-  
madás során – több gép is megsemmisült. A fejlesztési prog-  
ramot 2006-ban indították újra Lasta 95 néven. A szerb légi-  
erőnél a Lasta 95V54 repülőgéptípust rendszeresítették,  
amely csak néhány rendszerében különbözik a Lasta 95N  
változattól. A hajtómű Lycoming AEIO-B58-B1A 332 kW-os  
dugattyús motor, amely egy kéttollú Hartzell HC-C2YR lég-  
csavart hajt meg. A szárnyak alá a Teleoptik Zemun vállalat  
által kifejlesztett AKN-09 géppuskakonténer, bombák, vala-  
mint nem irányított rakétakonténer is függeszthető, pilonon-  
ként 120 kg terhelésig. A repülőgépbe Garmin G500 avionikai  
rendszert építettek, LCD-képernyős, multifunkciós műszerfal-  
lal. Szerbia a két prototípuson kívül 14 darab Lasta 95-össel  
rendelkezik, és 20 darabot exportáltak az iraki légierőnek.  
A még üzemképes, de már elavult An-26 típusú szállító repü-  
lőgépek utódtípusát már keresik.

A szerb haderő helikopterállományának bővítését a jövő-  
ben a következők szerint tervezik:

- Korábbi terveik szerint 7 darab új gyártású Mil Mi-35M  
és 3 darab Mi-17V5 helikoptert szereznek be Oroszor-  
szágtól.
- a ciprusi légierő 11 darabos, leállított Mi-24-es harci  
helikopterflottáját is megvásárolják.

Az orosz gyártású Mi-17V5 változatokkal együtt a Mi-8T  
és Mi-17 modifikációk 13 darabos közepes szállító helikop-  
terflottát alkotnak ezt követően. A szerb Mi-35-ös harci he-  
likopterek az UB-blokkjaiban az Sz-5 és Sz-8 nem irányított  
rakéták mellett hordozhatják a 9M120 Ataka páncéltörő ra-  
kétákat is, és X elrendezésű, kisebb zajkibocsátású farok-  
légcsavarral készülnek. A nem behúzható futóműve miatt  
némi csökkenést a típus végsebessége, így azonban egy-  
szerűbb a karbantartás és a futóművek is aktívan tempó-  
zik az esetleges becsapódás energiáját. A helikopter oldalán  
kialakított félszárnyak rövidebbek, és nincs rajtuk a páncél-  
törő rakéták számára kialakított pilon. A Vityebszk elnevezé-  
sű ellentéves rendszerrel azonban nem építették be az  
export változatba, tehát a rakétavédelme nem sokban kü-  
lönbözik Mi-24P változatú harci helikopterektől.

A harci helikopterek a HT-47, a szállító változatok HT-40  
(Mi-8T) és HT-49 (Mi-8MTV5) jelölést kapták Szerbiában.

22. ábra. Szerbia, a nyugati típusokkal párhuzamosan orosz gyártmányú Mi-171 (Mi-17MTV5) helikoptereket állított  
szolgálatba (Fotó: Kelecsényi István)





23. ábra. A 14504 lajstromszámú Airbus H145M típusú könnyű többfeladatú helikopter (Fotó: Kelecsényi István)

Az új HT-49-eseket (Mi-8MTV5) két változatban, és több időszakban szállították a megrendelőnek. Az új közepes szállítóhelikopter változat tekintélyes tűzerővel is rendelkezik, de amennyiben felszerelik kereső reflektorral, infra- és hőkamerákkal, alkalmas harci kutató-mentő feladatkörre is.

Szerbia még napjainkban is rendszerben tartja a Soko HO-42, a HI-42 Hera, a HS-42M és a HN-45M Gama helikoptereket, amelyeket az Aerospatiale SA.342 Gazelle helikopter licence alapján még Jugoszláviában gyártottak. A HO-42-es sorozat fegyvertelen, míg a HM-42M Gama páncéltörő képességgel is rendelkező forgószárnyas. A francia alaptípus SA.342M Viviane négy darab Euromissile HOT rakétát, a szerb változat négy darab Maljutka 2T5, illetve Pauk páncéltörő rakétát képes hordozni. A Gazelle licence alapján gyártott, de Astazou II B gázturbinával szerelt helikopterekből még 30 darab áll hadrendben.

Magyarországhoz hasonlóan, a közelmúltban Szerbia is beszerzett az Airbus H145M (BK.117D2m) többfunkciós, könnyű helikopterekből, igaz, csupán öt darabot. A szerb helikopterek is a HForce fegyverrendszert [23] hordozzák, de alapvetően nem a belga Herstal géppuskát és gépágyút, illetve nem a német cég irányított rakétakonténerét, hanem szerb gyártású, azonos kategóriájú fegyverzetet integráltak a gyártóval a típushoz. Az eddig leszállított helikopterekhez nem szereztek be a Wescam MX-15Di érzékelőgömböt, amely azt jelenti, hogy irányított, lézervezrlésű rakétákat nem lehet a helikopterekről indítani, csak

24. ábra. Soko HM-42M Gama könnyű páncéltörő helikopter. A Maljutka 2T5 (9M14П1-2T5 Мальютка) rakéták irányítórendszerét a pilótakabin tetejére szerelték (Fotó: Kelecsényi István)



25. ábra. Szerbia is rendszeresítette az Airbus H-145M típusú könnyű többfeladatú helikoptert. A fegyverzetet maguk gyártják a típushoz. Az első beszerzésben a BK.117D2m négylapátos, a másodikban már a BK.117D3m öt forgószárny-lapátos változatot rendelték meg (Fotó: Kelecsényi István)

ha előretolt repülésirányító (Joint Terminal Attack Controller – JTAC) világítja meg a célokat. A 2021-ben leadott második tízdarabos megrendelés azonban a megrendelt magyar helikoptereknél is modernebb, öt rotorlapátos BK.117D3m változatra szól, amelyek már az HForce 3 harcászati rendszerrel rendelkeznek. [24]

Szerbia megrendelt az Airbustról három darab H215 Super Puma, közepes szállítóhelikoptert is. Ezek katonai festéssel, de polgári lajstromjellel állnak majd szolgálatba, és a gépeket Hensoldt AMP (föld-levegő) rakéták elleni önvédelmi rendszerrel is felszerelik. [25]

## ÖSSZEZÉS

Össességében megállapítható, hogy Szerbia haderejének fejlesztése hasonlóképpen erőteljes, mint Magyarorszáé. [16] Szerbia kisebb költségből, de jóval több, már meglévő hadiipari kapacitással diverzifikáltabb légi és szárazföldi haderőnemet épít. A kínai, orosz és nyugati technikai eszközök esetében is az ország saját hadiipara szinte minden beszerzés során jelen van együttműködő, beszállító félként. A szárazföldi haderőnemen több változatban, a magyarhoz képest jóval jelentősebb méretű tűzérő, rakétatüzérséget kap, harckocsik és gyalogsági harcjárművek tekintetében azonban elmarad minőségben a magyar haderőfejlesztési program keretében beszerzett járművektől. A szerb légvédelmi fegyvernemet több típusú és hagyományosabb eszközökkel látják el mint a magyar haderőnemet, ahol nincs nagy hatótávolságú légvédelmi rakétarendszer a beszerzések között. A szerb haderő helikopterekből több alaptípust is rendszerben tart, hasonlóan a magyar állapothoz, ahol szintén három-négy típust rendszeresítettek. A légierő modern, negyedik/ötödik generációs repülőgépek hiányában három típusal látja el a vadász, a felderítő, és a csapásmérő feladatokat, továbbá tervezik a Dassault Rafale vadászgép beszerzését. A magyar Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program értékelése szempontjából fontos a kitekintés elsősorban a közép-kelet-európai szomszéd országok hasonló programjaira. Megállapítható a magyar program helyzeti előnye, mivel korábban indult. Tény azonban, hogy az elmúlt 30 év során a környező országok nem építették le a haderejüket olyan jelentős mértékben, mint Magyarország. A hazánkkal szomszédos országok megőrizték a korábbi hadiiparuk jó részét, tehát e területen előnyben vannak.



## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [14] „Kvadrat-ML 2K12-ML new Serbian upgraded version of Soviet-made 2K12 KUB air defense system 12306153” *armyrecognition.com*, 23 JUNE 2015. [https://www.armyrecognition.com/partner\\_2015\\_news\\_online\\_show\\_daily\\_coverage/kvadrat-ml\\_2k12-ml\\_new\\_serbian\\_upgraded\\_version\\_of\\_soviet-made\\_2k12\\_kub\\_air\\_defense\\_system\\_12306153.html](https://www.armyrecognition.com/partner_2015_news_online_show_daily_coverage/kvadrat-ml_2k12-ml_new_serbian_upgraded_version_of_soviet-made_2k12_kub_air_defense_system_12306153.html) (Letöltés 2022.10.10.);
- [15] „Ростех» впервые показал улучшенный «Панцирь-С1М»» РИА Новости 21.02.2021. <https://ria.ru/20210221/pantsir-1598460339.html>;
- [16] „Egymilliárd euró védelemre” *honvedelem.hu* 2022. január 12. <https://honvedelem.hu/hirek/egymilliard-euro-vedelemre.html>;
- [17] Portfolio „Kínai légvédelmi rakétarendszert vettek a szerbek, leszálltak az első gépek Belgrádban” 2022. április 10. <https://www.portfolio.hu/global/20220410/kinai-legvedelmi-raketarendszert-vettek-a-szerbek-leszalltak-az-első-gepek-belgradban-538681> (Letöltve: 2020.10.11.);
- [18] Tago Six website, Živojin Banković: Srbija sledeće godine dobija nove Talesove radare za Vazdušno osmatranje, javljanje i navođenje, 2021. dec.23. <https://tangosix.rs/2021/23/12/srbija-sledece-godine-dobija-nove-thesesove-radare-za-vazdusno-osmatranje-javljanje-i-navodjenje/>;
- [19] Tago Six website, Živojin Banković: Srpski MiG-ovi 29 biće naoružani raketama vazduh-vazduh R-77 2022. 04. 27. [https://tangosix-rs.translate.google.com/2022/27/04/srpski-mig-ovi-29-mogu-bitinaoruzani-raketama-vazduh-vazduh-r-77/?x\\_tr\\_sl=auto&x\\_tr\\_tl=hu&x\\_tr\\_hl=en](https://tangosix-rs.translate.google.com/2022/27/04/srpski-mig-ovi-29-mogu-bitinaoruzani-raketama-vazduh-vazduh-r-77/?x_tr_sl=auto&x_tr_tl=hu&x_tr_hl=en);
- [20] Pierre Tran: „The UAE, Serbia and European Defense: An Update on the Rafale” *SLDInfo* 04/21/2022 <https://sldinfo.com/2022/04/the-uae-serbia-and-european-defense-an-update-on-the-rafale/>;
- [21] Military-TechnologyBlog, Kelecsény István: A szerb Sasmadár még mindig szárnyak. A J-22, NJ-22 SokoOrao, 2020. január 3. [https://military-technology.blog.hu/2022/07/08/a\\_szerb\\_sasmadar\\_meg\\_mindig\\_szarnyal\\_a\\_j-22\\_nj-22\\_soko\\_orao](https://military-technology.blog.hu/2022/07/08/a_szerb_sasmadar_meg_mindig_szarnyal_a_j-22_nj-22_soko_orao);
- [22] Tago Six website, Živojin Banković: [REPORTAŽA] Statika Štita 2022 sa mnoštvom premijera: FK-3, MiG-29SM, Pegaz, nova terenska vozila i novi hangar 2022. 05. 02. <https://tangosix.rs/2022/02/05/reportaza-statika-stita-2022-sa-mnostvom-premijera-fk-3-mig-29sm-pegaz-nova-terenska-vozila-i-novi-hangar/>;
- [23] G. Horváth és L. Szilvássy, „Az Airbus H145M helikopter fegyverei II. – HForce fegyverrendszer”, *RepTudKoz*, köt. 33, sz. 2, o. 129–141, nov. 2021. <https://doi.org/10.32560/rk.2021.2.9>;
- [24] Tago Six website, Živojin Banković: [POSLEDNJA VEST] Prva fotografija prvog od 10 novih helikoptera H145M namenjenog RV i PVO Vojske Srbije, 2022. július 5. [https://tangosix.rs/2022/05/07/poslednja-vest-prva-fotografija-prvog-od-10-novih-helikoptera-h145m-namenjenog-rv-i-pvo-vojske-srbije/?fbclid=IwAR3foKAsNtLzpz2jXooXpRkvcwhQcg0j-H\\_v0pK-ezmNmfk5ULvVbDFoyQ](https://tangosix.rs/2022/05/07/poslednja-vest-prva-fotografija-prvog-od-10-novih-helikoptera-h145m-namenjenog-rv-i-pvo-vojske-srbije/?fbclid=IwAR3foKAsNtLzpz2jXooXpRkvcwhQcg0j-H_v0pK-ezmNmfk5ULvVbDFoyQ);
- [25] Tago Six website, Petar Vojinovic: [POSLEDNJA VEST] Prve fotografije druge Super Pume H215 za Helikoptersku jedinicu MUP-a: YU-HHJ počeo da leti iznad Marinjana, 2022. július 1. <https://tangosix.rs/2022/01/07/poslednja-vest-prve-fotografije-druge-super-pume-h215-za-helikoptersku-jedinicu-mup-a-yu-hhj-poceo-da-leti-iznad-marinjana/>.

### JEGYZETEK

2 CEP: (Circular Error Probable – körkörös hibavalószínűség) CEP(p)  $p \in [0, 1)$  esetén annak a legkisebb körnek a becsült sugara, amely várhatóan lefedi a lövéscsoport p hányadát. Egyes szerzők a CEP elnevezést  $p = 0,5$  esetre korlátozzák. (Szerk.)

## HM ZRÍNYI TÉRKÉPÉSZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

Telephely: 1024 Budapest II., Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85 • [www.hmzrinyi.hu](http://www.hmzrinyi.hu) • [terkepzeset@hmzrinyi.hu](mailto:terkepzeset@hmzrinyi.hu)



- Topográfiai térképek
- Faksimile térképek
- Atlaszok, város- és autótérképek
- Falitérképek
- Szabadidőtérképek
- Légiforgalmi térképek
- Munkatérképek
- Dombortérképek
- Digitális térképészeti adatbázisok
- Légifilmári szolgáltatások

### KÖNYV- ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Filler u. 14.

+36 30 388 4034 • E-mail: [ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu](mailto:ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu)

<https://shop.hmzrinyi.hu/>

Nyitvatartás: hétfő–péntek 9:00–16:30

### • PrePress – Nyomdai előkészítés

- szöveg-, grafika- és képfeldolgozás, kiadványszerkesztés
- ellenőrző nyomatok, digitális proofok előállítása
- bel- és kültérj tablók, bannerek nyomtatása
- hagyományos és elektronikus montírozás, színrebotás
- nyomóformák előállítása nyomdai filmről, illetve CTP-technológiával

### • Gyorsokszorosítás

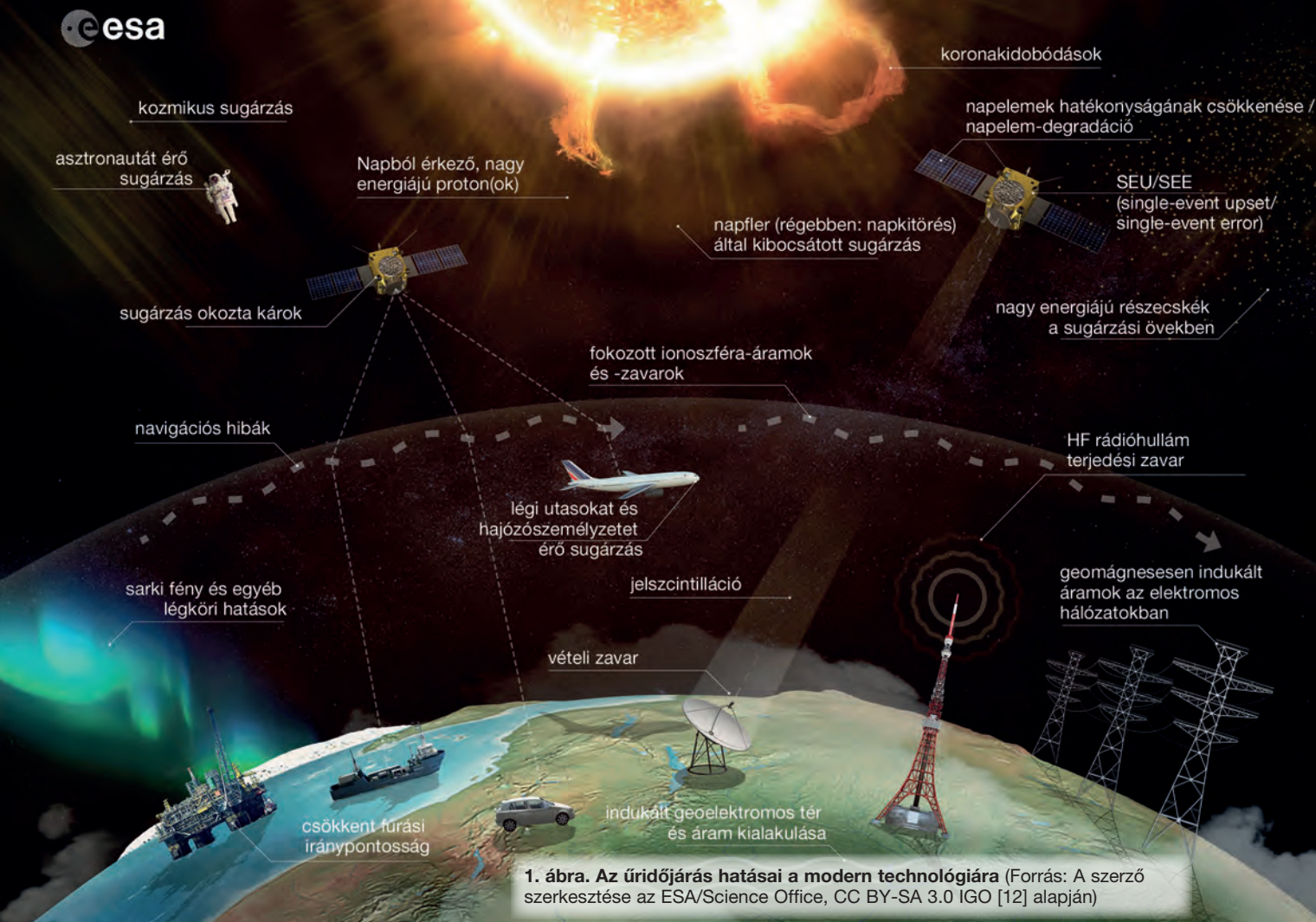
- színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 330 x 487 mm méretig

### • Press – Nyomtatás

- ofszetnyomtatás négy-, illetve hatszínnyomó gépeken, 89 x 126 cm méretig

### • PostPress – Kötészetű feldolgozás

- felületnemesítés fóliázással, laminálással 167 cm szélességig
- hajtogatás, spirálozás, sorszámozás
- összehordás, irkakészítés, ragasztókötés
- kasírozás, táblakészítés, aranyozás
- szortiment könyvkötészet
- vákuumformázás
- vákuumformázó szerszámok, terepszatlok előállítása CNC technológiával



1. ábra. Az űridőjárás hatásai a modern technológiára (Forrás: A szerző szerkesztése az ESA/Science Office, CC BY-SA 3.0 IGO [12] alapján)

Kis Árpád\*

# Az űridőjárás jelenségei és az emberi tevékenységre gyakorolt hatásai

Az időjárás és az időjáráshoz köthető jelenségek, mint például az eső, a szél, a vihar és a havazás mindenki számára jól ismert, hétköznapi fogalmak, amelyek évszázadok alatt végzett megfigyelések nyomán alakultak ki. Ma már tudományosan megalapozott ismeretekkel rendelkezünk arról, hogy miként jönnek létre ezek a jelenségek, hogyan fejlődnek és milyen hatásokat okoznak, így

előrejelzésük az informatika robbanásszerű fejlődésével párhuzamosan pontosabbá vált. Számos esetben kidolgozott az is, hogy az időjárás negatív hatásaira milyen eszközökkel, milyen technológiával és hogyan tudunk reagálni, megvéde adott esetben értékeinket és fontos létesítményeket. Sok példát hozhatunk az időjárás viszontagságai elleni védelem standardizálására, amikor kötelező jelleggel,

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Az űridőjárás kutatása az űrkutatás tudományágainak viszonylag új területe. Az űridőjárás hatásaival napjainkban egyre gyakrabban kell számolnunk, a modern technológiai eszközök és a kritikus infrastruktúra ugyanis fokozottan sérülékenyek az űridőjárás hatásaira. A szerző tanulmányában áttekinti az űridőjárás forrásait és folyamatait, összefoglalja a modern technológiára gyakorolt fontosabb hatásokat és következményeket, valamint kitér a védekezés lehetőségére is.

**ABSTRACT:** Space Weather is a relatively new area of Space Science, the effects of which we have to reckon with more and more these days. Modern technological devices and critical infrastructure are especially vulnerable to the effects of Space Weather. In our study, we review the sources and processes of space weather, we summarize the most important effects and consequences on modern technology, and we also cover the possibility of protection.

**KULCSSZAVAK:** űridőjárás, geomágneses viharok, koronakidobódás, fler, kéregáramok

**KEY WORDS:** Space Weather, geomagnetic storms, coronal mass ejection, flare, Geomagnetically Induced Currents

\* ELKH Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Űrkutatás-Űrtechnológia Szervezeti Egység vezető, űrkutatás fejlesztéséért felelős igazgatóhelyettes. ORCID: 0000-0003-1841-7202



vagyis szabvány által írjuk elő, hogy mikor, milyen esetben, pontosan milyen szabványok szerint készüljön el a védekezés. Például, egy épület tervezésénél figyelembe kell venni a szabványban rögzített, adott területre jellemző klimatikus viszonyokat (szélsebesség, csapadékmaximum, csapadékinzítás, hőmérsékleti szélsőségek stb.) a szélterhelés, a fűtési rendszer, az esővíz elvezetése, vagy a villámhárító rendszer hatékony tervezése érdekében.

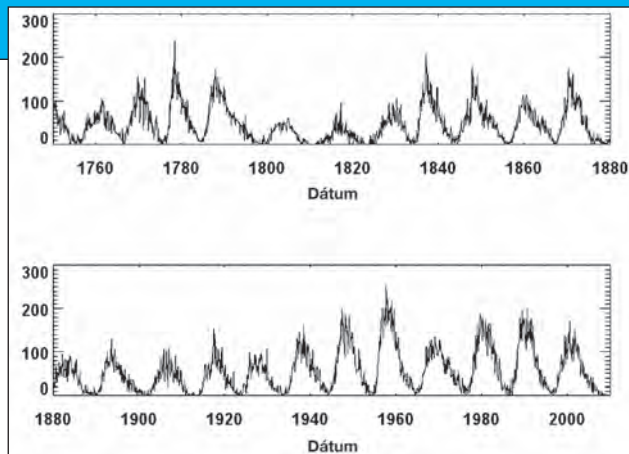
Az űridőjárás [1] fogalma meglehetősen új keletű, hiszen alig pár évtizede kezdtük használni olyan világűrbeli érkező fizikai jelenségek gyűjtőfogalmaként, amelyek számos esetben komoly hatásokat tudnak okozni a Föld közvetlen környezetében, a légkörben és a Föld felszínén. Korábban ugyanis azt gondoltuk, hogy a világűr – mint a magyar megnevezése is mutatja – egy olyan üres terület, amelyben anyag csak igen nagy távolságokra és koncentráltan található (lásd csillagok, bolygók, amelyek igen távol vannak egymástól, néha üstökösök és más kisebb égitestek, például aszteroidák található elvtelve). Így aztán a tudományos közösséget komoly meglepetésként érte az a felfedezés, hogy a bolygóközi tér egyáltalán nem üres, éppen ellenkezőleg: kitölti egy ritka anyag, amit plazmának, pontosabban űrplazmának nevezünk. További meglepetést okozott annak felismerése, hogy az űrplazma nem állandó állapotú közeg. Vannak ugyanis nyugodtabb időszakok, de léteznek olyanok is, amelyeket bolygóközi viharok, mágneses és elektromágneses hullámok, és nagy sebességű töltött részecskékből álló anyagfelhők áramlása jellemez. A nyugodt és viharos időszakok váltakozása indokolja az űridőjárás [2] elnevezést, mert változékonysága miatt hasonlít a földi időjáráshoz.

Az űridőjárás tanulmányozása – mivel a világűrben, a bolygóközi térben zajlik –, lehetne pusztán érdekes tudományos téma, de kiderült, hogy az űridőjárás jelenségei számottevően befolyásolhatják a földi környezetünket is, különös tekintettel az általunk használt technológiákra. Az űridőjárás következtében geomágneses vihar jöhet létre a Földön, megzavarhatja a GPS-jeleket, befolyásolhatja a nagyfrekvenciájú (HF) rádiókommunikációt, zavarhatja a műholdakkal való kapcsolatot, és nagy erősségű áramokat, úgynevezett kéregáramokat hozhat létre a földkéregben, amelyek rácsatlakozva nagyfeszültségű villamos hálózatokra komoly meghibásodásokat okozhatnak, hogy csak a fontosabb hatásokat említsük, de a lista messze nem teljes.

Az űridőjárással kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a hatásaival szemben történő védekezés eszközei jelen idő szerint még nem állnak rendelkezésünkre, de komoly erőfeszítés zajlik ezen a területen mind nemzetközi, mind hazai téren. A munkának komoly következményei várhatók többek között a kritikus infrastruktúra védelme, és az általános védelmi tevékenységek körében. Ezért nemzetvédelmi szempontból is fontosak a kutatások, amelyek az elméleti és a gyakorlati alkalmazások területén folynak. A továbbiakban részletesen tárgyaljuk az űridőjárás forrásait és az űridőjárás által okozott hatásokat.

## AZ ŰRIDŐJÁRÁS FORRÁSAI

Az űridőjárás jelenségek elsődleges forrása egyértelműen központi csillagunk, a Nap működésében keresendő. A Nap folyamatosan változó, dinamikus rendszer [3], amelynek működésében megkülönböztetünk aktív és csendesebb időszakokat magába foglaló úgynevezett napciklusokat; ezek időtartama megközelítőleg 11 év. A szoláris maximumnak nevezett időszakban, amikor a Nap az aktív fázisában van, meghatározóan nagyszámú napfolt (aktív régió) jelenik



2. ábra. A napfoltok számának alakulása (függőleges tengely) az évszámok függvényében [4]

meg a Nap felszínén, a szoláris minimum alkalmával azonban gyakran megesik, hogy napfolt egyáltalán nem jelentkezik. A napciklusokat (1755-től kezdődően) sorszámokkal azonosítják, a jelenlegi napciklus e számozás szerint a soron következő 25. ciklus, amelynek maximuma 2025–2026-ra várható. Egy napciklust meghatároz a ciklus idején észlelt napfoltok száma (ezeket évente számolják össze), amely végső soron kifejezi az aktivitás intenzitását. Jól látható (2. ábra), hogy a napfoltok száma ciklusonként nagymértékben eltérhet, és ez azért fontos, mert az űridőjárás jelenségek szoros kapcsolatban állnak a Nap aktivitásának intenzitásával, és így a napfoltok számával.

A napfoltok jól megfigyelhető területek, mert a Nap felszínén sötét foltokként jelennek meg, ugyanakkor az EUV (extrém ultrabolya) és a röntgensugárzás-tartományban jól látszik, hogy ezek igen aktív területek (3. ábra). A Nap felszínéhez képest mért sötétebb foltok megjelenése azzal magyarázható, hogy ezen a területen nagyon erős mágneses fluxus alakul ki, amelyet úgy képzelhetünk el, mint a szoros csokorba összefogott mágneses erővonalakat. A napfoltcsoportokhoz köthető, mágneses térben lezajló gyors változások legvalószínűbb forrásai az olyan erőteljes űridőjárás jelenségek, mint például a szoláris flerek (jelentését lásd lejjebb – a szerk.), a koronakidobódások (coronal mass ejection – CME), vagy a sugárzási viharok és a rádiókitörések (fast radio bursts – FRBs). Ezek a jelenségek összefüggésben állnak egymással, például a nagyobb intenzitású flereket sokszor CME-k is kísérik.

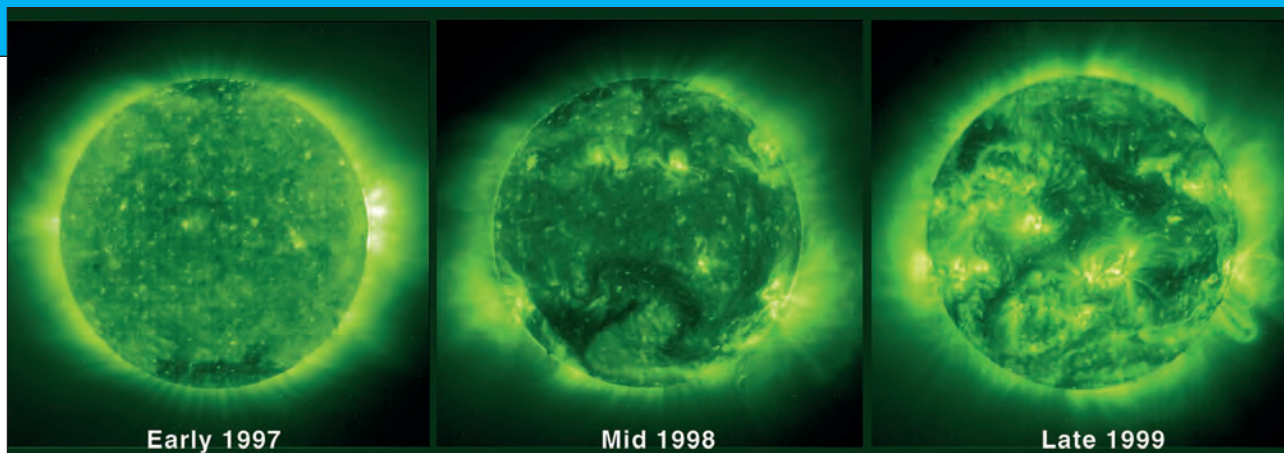
Fontosságuk miatt a napciklusokat (és az azokhoz köthető napfoltok számának időbeli alakulását) megpróbálják különféle modellek felhasználásával előre jelezni, amelyekkel az űridőjárás események várható gyakorisága is megbecsülhető. [6]

## FLEREK ÉS CME-K (KORONAKIDOBÓDÁSOK/NAPKITÖRÉSEK) [7]

Flernek nevezzük a Nap felszínén megfigyelhető gyors, néhány perc alatt létrejövő erős felvillanást, illetve kifényesedést. Az elnevezés az angol „flare” szómagyarítása, amely szó szerint fellobbanást, felvillanást jelent. Ezen kifényesedő területek jobbra kis területekre koncentrálnak, és jellemzően 30–60 percig tartanak, miközben lassan elhalványulnak. A kifényesedés nemcsak az optikai tartományban figyelhető meg, hanem a kemény röntgen<sup>-1</sup> és a gamma-sugárzás tartományban is, a két utóbbi sugárzás az űridőjárás szempontjából fontos tényező. Továbbá a flereket gyakran rádiókitörések is kísérik.

A CME-k, (4. ábra) vagy koronakidobódások (régebbi szóhasználattal: napkitörések) alkalmával a plazma és a hozzá kapcsolódó mágneses tér nagy mennyiségű kilöködése figyelhető meg a Nap koronájából. Ez egy olyan erup-





3. ábra. A Nap képe az EUV-tartományban, amelyet a SOHO műhold készített. Balról jobbra: a Nap képe szoláris minimum közelében, a Nap képe közepes aktivitás esetén, a Nap képe erős aktivitás idején [5]

tív, vagyis robbanásszerű esemény, amikor több milliárd tonnányi plazma hagyja el a Nap térségét, akár 3000 km/s-öt is elérő sebességgel. A nagy sebességű CME-k 15–19 óra alatt el is érhetik a Földünket. Nyilvánvalóan azoknak a CME-knek van jelentős űridőjárási hatása a Földre, amelyek a bolygónk felé irányulnak, és akár telibe is találhatják azt. A CME-k jellegzetesen a Naptól távolodva, méretben jelentősen kiterjedhetnek.

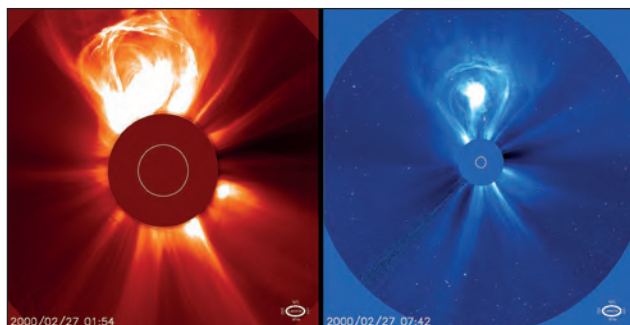
A nagyobb erejű, és emiatt az űridőjárás szempontjából veszélyesebb CME-k jellemzően olyan területekről indulnak ki, ahol erős, nagy energiájú, feszített mágneses tér koncentráltan van jelen. Ilyenek például a napfoltok, illetve a napfoltcsoportok aktív régiói. A különféle irányú mágneses terek összekapcsolódhatnak, ezt a jelenséget rekonnekciónak, vagy újrapcsolódásnak nevezzük. A mágneses tér más struktúrába rendeződik át, és ezáltal hatalmas mennyiségű elektromágneses energia szabadul fel, amely végül egy erős CME kialakulását hozhatja létre.

Gyakran megesik, hogy a jelenségek láncolatával van dolgunk, tehát a napfoltok megjelenését követheti azok mágneses terének és struktúrájának a kölcsönhatása, amelyből első lépésben fler, majd CME alakul ki.

A teljes láncolat pedig a következőképpen alakul: erősödő Nap-aktivitás → napfoltok megjelenése, számuk növekedése → a napfoltok mágneses terének a kölcsönhatása → fler → CME → űridőjárási hatások.

Természetesen a fenti láncolat egy igen leegyszerűsített kép, amelynek elsődleges célja az űridőjárás jelenségének az általános megértése. Nem tértünk ki arra, hogy flerek és CME-k többféle módon is kialakulhatnak, külön is létrejöhetnek, és ennek milyen módozatai vannak, illetve további fejlődésük eltérő lehet a bolygóközi térben [9], hiszen a je-

4. ábra. A SOHO műhold által 2000. február 27-én megfigyelt látványos CME. A „villanykörte” alakú kilöködést a LASCO (Large Angle and Spectrometric COronagraph) C2 (narancs) és C3 (kék) műszer készítette. A két műszer a látható fénytartományban rögzíti a képeket, de eltérő látószöggel és zársebességgel (a C2 esetében 26 másodperc, a C3 esetében 19 másodperc) [8]



lenlegi tanulmányoknak nem célja a különféle jelenségek pontos és részletes tudományos leírása.

### A NAPSZÉL

Fontos megjegyezni, hogy a Naptól [10] (az előzőekben ismertetett eruptív, robbanásszerű eseményeken túl) folyamatosan, állandóan, gyakorlatilag minden irányban kiáramlik egy plazma halmazállapotú anyag, amelyet napszélnek nevezünk. A napszél kitölti az egész Naprendszer, vagyis az úgynevezett bolygóközi teret, a Naprendszer „üresnek” tekintett részét. A napszél olyan ritka sűrűségű űrplazma, amely elsősorban elektronokból és protonokból áll, és magával hordozza azt a mágneses teret is, amelyet a Naptól „örökölt”. [11] A napszél tehát egy olyan anyagáramlás, amelynek forrása a Nap, talán túlzó hasonlattal a Nap „légkörének” is tekinthető, és tulajdonképpen ebben a burokban helyezkedik el az egész Naprendszerünk. A napszél sebessége a Föld környezetében átlagosan 300–600 km/s, sűrűsége pedig néhány részecske (javarészt proton és elektron) köbcéntiméterenként. Ennek értelmében a Föld olyan, saját kiterjedt mágneses térrel (úgynevezett magnetoszférával) rendelkező bolygó, amelyik képletesen fogalmazva a napszél áramában „úszik”. A napszélhez kapcsolódó fizikai jelenségek ugyancsak űridőjárást alakító és befolyásoló tényezők.

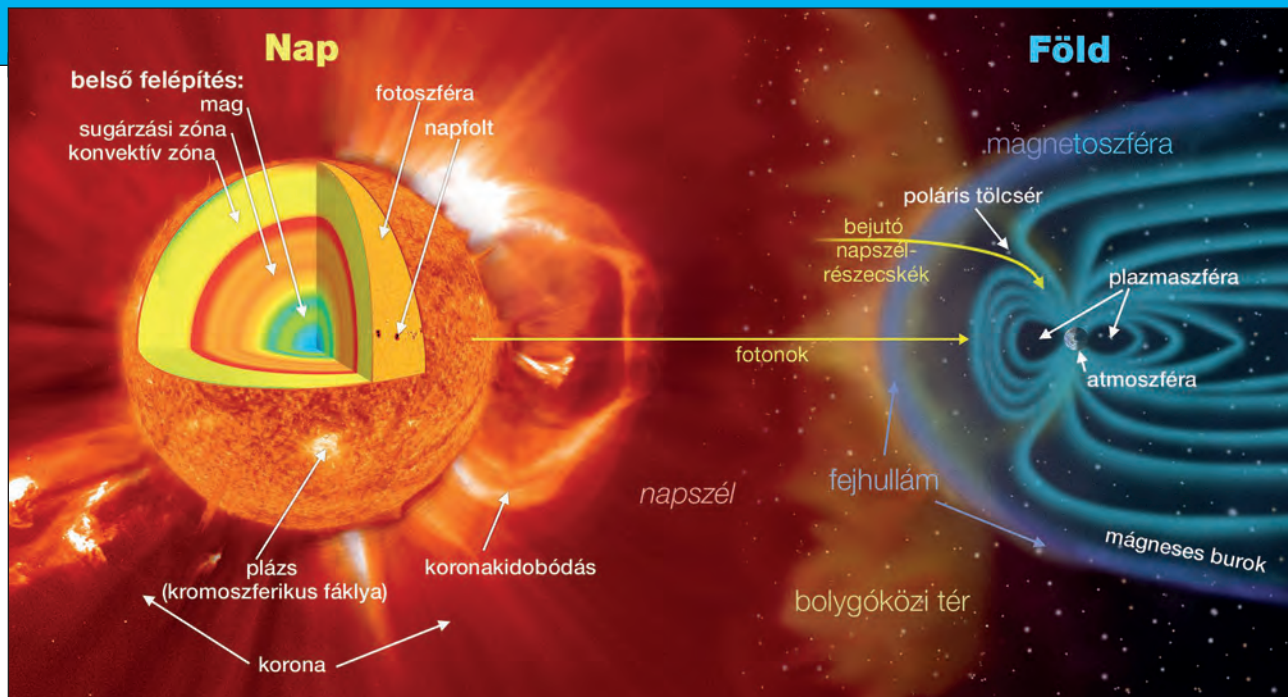
### AZ ŰRIDŐJÁRÁSNAK A FÖLDRE ÉS A TECHNOLÓGIÁRA GYAKOROLT HATÁSAI

Az űridőjárás számos ponton képes befolyásolni a Föld közvetlen környezetét és az általunk használt technológiát. Ezek közül sorra vesszük azokat, amelyek a legfontosabbnak tekinthetők, különösen a technikai eszközökre gyakorolt hatásuk miatt. (1. ábra)

#### A GEOMÁGNESES VIHAR

A geomágneses vihar az egyik legjelentősebb űridőjárási jelenség, amelyhez a hatások széles spektruma köthető, ezért az első helyen kell említenünk. Mi történik egy geomágneses vihar idején? Említettük, hogy a Föld mágneses bolygó, vagyis erős, kiterjedt mágneses térrel rendelkezik, amely mintegy védőpajzsként öleli körül a Földet. Ez a magnetoszféra, amely meghatározott szerkezettel és régiókkal rendelkezik. A magnetoszféra dinamikus egyensúlyban van a napszéllel szemben: a mágneses tér energiája által kifizített magnetoszféra tartja távol a bolygótól a napszelet. Amikor azonban hirtelen erősebb hatás éri a magnetoszférát, akkor alakja, kiterjedése, a mágneses tér





5. ábra. (Forrás: a szerző szerkesztése a [17] alapján)

térerőssége megváltozik, összenyomódik, és szerkezeti változások alakulnak ki benne. A legnagyobb viharok a CME-khez köthetők, amelyek ekkor a megnövekedett plazmamyomás<sup>2</sup> mellett a beágyazott mágneses mezővel<sup>3</sup> együtt érkeznek a Földre. A magnetoszférával történő kölcsönhatás energetikai szempontból is jelentős: szemléletesen fogalmazva, hatalmas mennyiségű energia töltődik be a magnetoszférába, és a Föld közvetlen környezetébe.

A jelenség a földi mágneses tér nagyfokú zavarával jár együtt. Ennek következtében intenzív áramok indulnak a magnetoszférában, változások jönnek létre a sugárzási övekben, és megváltozik az ionoszféra szerkezete és összetétele. Továbbá létrejöhet az ionoszféra és a felső légkör fűtése, felmelegedése is.

A földi észlelőállomásokon a geomágneses vihar jól látható módon jelentkezik, hiszen a mért mágneses értékek rövid idő alatt és nagymértékben megváltoznak. Egy geomágneses viharnek jellegzetes lefolyása figyelhető meg, és akár egy hétig is eltarthat, amíg visszaáll az egyensúlyi állapot. A geomágneses vihar jellemzésére szolgál például a Kp index<sup>4</sup>, amely geomágneses aktivitást kifejező index, amelyre a Nemzeti Óceán- és Légkörkutató Hivatal (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) előrejelzést is közzé tesz a weboldalán. [13]

### IONOSZFÉRA-ZAVAROK

Az ionoszféra a Föld felső légköréhez tartozik, magassága általánosan 80 és 600 km közötti. A Naptól érkező sugárzás ionizálja az ebben a magasságban már igen ritka légkört, nevezetesen az itt található atomokat és molekulákat, létrehozva ezzel az elektronrétegeket különféle magasságokban. Az ionoszférának emiatt kialakul egy nyugodt időszakokra jellemző struktúrája. Az ionoszféra igen fontos a kommunikáció szempontjából, mert meghatározott frekvenciájú rádióhullámok visszaverődnek róla, ezáltal lehetővé téve a nagy távolságú rádiókommunikációt, míg más frekvenciájú rádióhullámok áthaladnak rajta, lehetővé téve a műholdakkal történő kommunikációt.

Erős flerek alkalmával jelentősen megnő a nagy energiájú sugárzások és nagy energiájú részecskék jelenléte. Ez elsősorban kemény röntgen- és gamma-sugárzást jelent, és abban az esetben, ha a flerből kiáramló részecskék nyalábjá eltalálja a Földet, akkor még nagy energiájú pro-

tonokkal is számolnunk kell. Ezek érkezése esetén a szokottól eltérően megváltozik az ionoszféra sűrűsége és szerkezete, és sok esetben a hőmérséklete is. Ionoszférazavarok azonban létrejöhetnek geomágneses vihar kialakulása nélkül is.

### A TECHNOLÓGIÁKRA GYAKOROLT HATÁSOK

A következőkben részletesebben tárgyaljuk azokat a veszélyeket és hatásokat, amelyeket az űridőjárás jelenségek a különféle technológiákra és technológiai rendszerekre okoznak. De miért is válik napjainkban egyre fontosabbá az, hogy ezzel a kérdéssel komolyan foglalkozzunk? A technológiánk fejlődése, különösen az űrtechnológia alapú eszközök használata és a digitális eszközök térnyerése fokozottan sérülékeny teszi az emberi civilizációt az űridőjárás hatásokkal szemben. A témában megjelenő számos tudományos publikációban konkrét becsléseket adnak egy nagyobb erősségű űridőjárás esemény várható gazdasági és társadalmi következményeire [14], sőt még arra is kiterjednek ezek a tanulmányok, hogy egy ilyen űridőjárás esemény hány évvel vetné vissza a fejlődést, illetve mennyi ideig tartana a jelenlegi állapot újraépítése.

### GEOMÁGNESESEN INDUKÁLT KÉREGÁRAMOK ÉS A VILLAMOS INFRASTRUKTÚRA

Mágneses vihar esetén láthattuk, hogy a földi mágneses tér számottevően megváltozik, ezért erőssége is változik. Ismeretes, hogy változó mágneses térbe helyezett vezetőben feszültség, és ennek hatására áram indukálódik. Ezen az elven működik a dinamó is. A Föld esetében két nagy vezetőt találunk: az egyik a jól vezető ionizált felső légköri réteg, az ionoszféra, a másik pedig maga a földkéreg, illetve az óceánok, vagyis gyakorlatilag a Föld teljes felszíne. A földkéregben keletkező áramokat nevezzük geomágnesesen indukált kéregáramoknak (Geomagnetically Induced Currents – GIC). Ezek az áramok a földkéregben folynak, irányukat az határozza meg, hogy vezetőként milyen elektromos ellenállású rétegekben kell haladniuk. Nyilvánvalóan az áram a legkisebb ellenállású úton fog folyni, és ebben rejlik a veszélye. A GIC-ek ugyanis különösen hajlamosak rákapcsolódni a nagyfeszültségű villamos hálózatra, amivel komoly üzemzavart és adott esetben konkrét meghibáso-

dást is elő tudnak idézni. Ilyen esetek többször előfordultak a közelmúltban. Az egyik ilyen példa az 1989-es mágneses vihar következménye volt, amikor Quebec (Kanada) tartományban a hálózatra rácsatolóó áramok szó szerint kiégették az egyik transzformátorállomást, amelynek következtében elsötétülés (blackout) jött létre, vagyis a teljes villamos hálózat működésképtelenné vált. Az elsötétülés 9 órán át tartott, és több millió embert érintett, akiknek ezalatt sem fűtése, sem világítása nem volt. [10]

A GIC-ek számára nemcsak a villamos hálózat jelent kiváló kapcsolódási pontot, hanem a kőolajvezetékek is, amelyek számos alkalommal mértek már jelentős erejű kéregáramokat. Ezek jelenléte a kőolajvezetékeken gyors öregedéshez is vezet, mert jelentősen meggyorsíthatja a korróziós folyamatokat. A geomágneses vihar tehát egy állandó, potenciális veszélyforrás a kritikus infrastruktúrára nézve, emiatt nemzetbiztonsági szempontból is igen jelentős téma.

### MŰHOLDAS KOMMUNIKÁCIÓ

A műholdas kommunikáció jellegzetessége, hogy a közvetített jelnek mindenféleképpen át kell haladnia az ionoszférán. A rádiójelek terjedését ezért a terjedési út mentén található közeg jellemzői határozzák meg. Az ionoszféra módosítja a rádiójeleket, fáziseltolódást, csoportképlettést és teljesítménycsökkenést okozhat, de ennél is lényegesebb hatás a jelek bizonyos fokú elnyelése és a szcintilláció. A műholdas kommunikációban jellemzően nagyfrekvenciás jeleket használnak, mint amilyen az UHF- (ultrahigh frequency) (300 MHz – 3 GHz) és az SHF- (super high frequency) (3–30 GHz) tartományok.

A rádióhullámok ionoszférán történő áthaladásának hatásai modellek használatával, és különféle mérnöki megoldásokkal mérsékelhetők és javíthatók. Üridőjárás események alkalmával azonban, amikor az ionoszféra erősen zavart állapotba kerül, előfordulhat részleges adatvesztés vagy a kommunikáció teljes elvesztése is. Ennek oka elsősorban az erőteljes szcintilláció, amelyet az ionoszférában az üridőjárás hatása miatt kialakuló kis méretű, igen változó sűrűségű struktúrák megjelenése okoz. Ezek a struktúrák a jel frekvenciájától függően megváltoztatják a jel amplitúdóját és fázisát, illetve megtörik a jel terjedési irányát. A jel összevissza verődik a struktúrák között, több útvonalon is haladhat, szóródhat ahhoz hasonlóan, ahogy egy hullámzó vízfelszínen megtörik és szóródik a napfény.

A vevőhöz érkező jel (ha eljut egyáltalán a vevőhöz) a fentiek következtében egy sor változáson megy át, és nem lesz más, mint az eredeti jel megtört és több úton érkező, időben eltolódott komponenseinek összegzése, pontosabban: interferenciája. Így tulajdonképpen a véletlen (az ionoszféra állapotán) múlik az, hogy az eredetileg sugárzott információ mennyiség hány százaléka jut el a vevőhöz.

### GPS

A műholdas helymeghatározás esetében nagyon hasonló a helyzet ahhoz, mint amit a műholdas kommunikációnál tárgyaltunk. A Globális Navigációs Műholdrendszer (Global Navigation Satellite System – GNSS) esetében annyival bonyolódik a helyzet, hogy a vevőnek több műhold jelét kell vennie egyszerre, amelyek eltérő terjedési útvonalakon haladnak keresztül az ionoszférán. Erős üridőjárás hatás esetén súlyos mértékű szcintilláció léphet fel, amely megakadályozhatja azt is, hogy a GPS-vevő egyáltalán a jelhez kapcsolódhasson, így a pozicionálás teljesen lehetetlenné válik. Kisebb mértékű szcintillációnál „mindössze” a helymeghatározás megbízhatósága és pontossága sérül eltérő mértékben.

### HF-RÁDIÓZÁS

Az 1–30 MHz közötti frekvenciát használó rádiókommunikációt nevezzük HF (high frequency), vagyis nagyfrekvenciás rádiózásnak. Ennek a kommunikációs formának fontos része, hogy a rádiójel zavarmentes időszakban, meghatározott útvonalon és formában verődik vissza az ionoszféráról. Amennyiben üridőjárás esemény következtében megváltozik az ionoszféra szerkezete és sűrűsége, az megváltoztatja a rádiójel útvonalát, sőt esetenként teljesen blokkolhatja a rádiójelek átvitelét. Ezáltal ilyenkor a HF-tartományú rádió-kommunikáció megbízhatatlanná válhat, és jelentős vagy teljes kommunikációs tartalomvesztés következhet be.

A HF-rádió-kommunikáció megbízhatatlanságát okozó ionoszféra-zavar többféleképpen is létrejöhet. A flerekből induló kemény röntgensugárzás mélyen behatolhat az ionoszférába, egészen az ionoszféra alsó részéig (kb. 80 km-re a Föld felszínétől), ahol ionizáló hatást kifejtve az ionoszféra D rétegét változtatja meg, elsődlegesen úgy, hogy megvastagítja azt, ezáltal megváltoztatva a réteg rádióhullám-visszaverő és -átviteli tulajdonságait. Nyilvánvalóan a flerek röntgensugárzásához kapcsolható rádió-kommunikációs zavar, vagy extrém esetben a teljes rádió-kommunikáció megszűnése a Föld nappali oldalán jöhet létre, és a legerősebb akkor, amikor a Nap a legmagasabban áll.

A másik lehetőséget a HF-tartományú rádió-kommunikáció megzavarására a nagy energiájú részecskék (Solar Energetic Particle – SEP) megjelenése jelenti, amelyek jellemzően ugyancsak flerekhez köthetők. Ezek a részecskék – hasonlóan a röntgensugárzásához – megvastagítják a D réteget, aminek az előzőekben leírtakkal megegyező hatása van. A földi mágneses tér erővonalai a sarkok felé vezetik ezeket a részecskéket, ezáltal hatásukat inkább a sarkok környékén fejtik ki, ezért a pólusok környékén gyakran ellehetetlenül a rádió-kommunikáció.

A HF-tartományt használják a légi közlekedésben, illetve több ország kormányügynökségei is, emiatt az üridőjárás események hatása a rádiózás biztonságára kiemelt jelentőségű.

### MŰHOLDK FÉKEZŐDÉSE (SATELLITE DRAG)

Geomágneses viharok esetén a beérkező plusz energia képes a Föld felső légkörének (az ionoszférának) a hőmérsékletét és sűrűségét megnövelni. Emiatt a légkör tulajdonképpen kitágul, és ezáltal a sűrűbb rétegek magasabbra kerülnek. Az itt keringő műholdak ennek következtében fokozott ellenállással szembesülnek, amely erősebb fékeződést okoz, és jelentősen módosulhat a műholdak pályája. Ez különösen az alacsony, Föld körüli pályákon (LEO, Low Earth Orbit) keringő műholdakat érinti. A LEO-k jellegzetesen 180–1000 km között találhatóak. A napciklus aktív periódusában sokkal gyakrabban kell a különféle műholdaknál pályakorrekciót végrehajtani a fokozott ellenállás miatt, mint a szoláris minimum közelében.

### EGYÉB HATÁSOK

Nem tárgyaltuk az üridőjárásnak a légkörre [16], és az élővilágra gyakorolt hatását, beleértve az emberekre gyakorolt hatást, ahogy azt sem, hogy egyes üridőjárás események konkrét fizikai veszélyt jelenthetnek a műholdakra és az űrszondákra, és időleges vagy végleges meghibásodásokat okozhatnak. Az emberekre gyakorolt hatásnál meg kell jegyezni, hogy az üridőjárás eseményeknél jelentkező megnövekedett sugárzás egészségi kockázati tényezőt jelent a repülőgépek személyzetére, valamint az űrhajósokra.



Nem elemeztük részletesen a flerekhez kapcsolható rádiókitöréseket sem, amelyek nem mások, mint széles frekvenciaspektrumú, és nagy intenzitású rádióhullám-csomagok, amelyek szintén megzavarhatják a rádiókommunikációt, és befolyásolhatják a radarok működését.

### HOGYAN VÉDEKEZHETÜNK AZ ŰRIDŐJÁRÁS HATÁSAI ELLEN?

Az űridőjárás kozmikus esemény, amelyet sem befolyásolni, sem megállítani nem tudunk, legalábbis jelen ismereteink szerint. Azonban a hatásait tudományos kutatással, előkészületekkel és megfelelő műszaki tervezéssel jelentősen mérsékelhetjük. Fel kell készülnünk az ilyen események bekövetkeztére, mert amilyen mértékben fejlődik a technológiánk, olyan mértékben válunk egyre sebezhetőbbé az űridőjárás hatásai nyomán.

A műholdas kommunikáció, a GPS, a villamos hálózat, a digitális technológia elterjedése egyre inkább a mindennapi élet részévé válik, amelyet védeni kell. A védelem részét képezi a földi környezetet állandó megfigyelése, monitorozása. Nem véletlen, hogy az ESA (European Space Agency – Európai Űrgyűlönség) egyik központi eleme az űridőjárást megfigyelő és előrejelző hálózat kiépítésének terve és megvalósítása, amelyben Magyarország is aktív szerepet vállal az ESA opcionális programján keresztül.

A soproni ELKH<sup>5</sup> Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet obszervatóriumában folyamatosan figyelik és rögzítik a földi mágneses tér, a kéregáramok és az ionosféra adatait és állapotát; ezek ugyanis az űridőjárás szempontjából releváns adatok. A tervek szerint hamarosan elkészül az online felület, amelyen mindezek az adatok valós időben elérhetőek lesznek a hazai kutatói, katonai, kereskedelmi és ipari felhasználók számára is.

### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Schwenn, R. Space Weather: The Solar Perspective. Living Rev. Sol. Phys. 3, 2 (2006). <https://doi.org/10.12942/lrsp-2006-2> [https://link.springer.com/article/10.12942/lrsp-2006-2?affiliation&error=cookies\\_not\\_supported&code=0d8c7e75-9ad4-4ed6-92e1-cd8469a0e4ec](https://link.springer.com/article/10.12942/lrsp-2006-2?affiliation&error=cookies_not_supported&code=0d8c7e75-9ad4-4ed6-92e1-cd8469a0e4ec) <https://doi.org/10.12942/lrsp-2006-2> (Letöltve: 2023. 1. 12.);
- [2] Bencze Pál, Poór Attila. Bevezetés a Nap–Föld-fizikába: Űridőjárás Sopron, 2014. MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet p. 297. ISBN: 9789633341957;
- [3] Hédervári Péter. Csillagunk: a Nap, Magvető Kiadó, Budapest, 1980. ISBN: 963-271-143-2;
- [4] Forrás: <https://spaceweather.com/glossary/images2009/zurich.gif> (Letöltve: 2023.1.15.);
- [5] Forrás: <https://soho.nascom.nasa.gov/gallery/images/large/tricomp.jpg> (Letöltve: 2023.1.15.);
- [6] Russell, H. A. A Historical Perspective on Coronal Mass Ejections 2006/10/01 Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series ISSN: 9781118666203 DOI: 10.1029/165GM03 (Letöltve: 2023.1.12.);
- [7] Kerékgyártó Zita. Szoláris eruptív jelenségek jellemzői a bolygóközi térben 2002 Debrecen <http://fenyi.solarobs.csfk.mta.hu/dolg/Kerekgyarito.pdf> (Letöltve: 2023.1.12.);
- [8] Forrás: <https://soho.nascom.nasa.gov/gallery/images/large/las02.jpg> (Letöltve: 2023.1.15.)
- [9] Gonzalez, W.D., B.T. Tsurutani, A.L. Clúa de Gonzalez: Interplanetary origin of geomagnetic storms, Space

- Sci. Rev., 88, 529-562, 1999. <https://doi.org/10.1023/A:1005160129098> <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005160129098> (Letöltve: 2023.1.12.);
- [10] Kálmán Béla. A Nap légköre, Csillagászat (szerk.) Marik Miklós, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989. ISBN 9630546574;
- [11] Kallenrode, May-Britt. Space Physics, Springer Berlin, Heidelberg, 2001. ISBN: 978-3-662-04445-2 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-04443-8>;
- [12] Forrás: [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2018/01/Space\\_weather\\_effects](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/01/Space_weather_effects) (Letöltve: 2023.1.15.);
- [13] <https://www.swpc.noaa.gov/products/3-day-forecast> (Letöltve: 2023.1.15.);
- [14] Schulte, H. et. al. How severe Space Weather can disrupt global supply chains Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., 2, pp. 4463–4486, 2014 [www.nat-hazards-earth-syst-sci-discuss.net/2/4463/2014/](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci-discuss.net/2/4463/2014/) doi:10.5194/nhessd-2-4463-2014 (Letöltve: 2023.1.15.);
- [15] Phillips, T. The Great Québec Blackout 2021.03.12. <https://spaceweatherarchive.com/2021/03/12/the-great-quebec-blackout/> (Letöltve: 2022.12.31.);
- [16] Baranyi, T., Ludmány A. Relevance of the topologies of solar ejected plasmas in tropospheric processes, Proceedings of the Second Solar Cycle and Space Weather Euroconference, 24-29 September 2001, Vico Equense, Italy. Editor: Huguetta Sawaya-Lacoste. ESA SP-477, Noordwijk: ESA Publications Division, ISBN 92-9092-749-6, 2002, pp. 423–426. <https://adsabs.harvard.edu/full/2002ESASP.477.423B> (Letöltve: 2023.1.12.);
- [17] Forrás: NASA Goddard Space Flight Center <https://svs.gsfc.nasa.gov/30481> (Letöltve: 2023.1.25.).

### JEGYZETEK

- 1 A röntgensugárzás nagy energiájú elektromágneses sugárzás, amelynek hullámhossza a néhányszor 10 nanométer és a néhányszor 10 pikométer közé esik. A röntgensugárzás nagyobb hullámhosszú (így kisebb energiájú) része az elektromágneses spektrumban az ibolyántúli sugárzáshoz csatlakozik, ezt nevezzük lágy röntgensugárzásnak. A kisebb hullámhosszú (nagyobb energiájú) – kemény röntgensugárzásnak nevezett – tartomány a gamma-sugárzással szomszédos, részben azzal átfedésben. (A szerk.)
- 2 Plazmanyomás (plasma pressure):  $p = n \cdot k_B \cdot T$  (ahol  $n$  számsűrűség,  $k_B$ : a Boltzmann állandó,  $T$  a hőmérséklet). A mágneses nyomás (magnetic pressure), amely másként a mágneses tér energiasűrűsége:  $p_{mag} = B^2/2\mu_0$ . A kétféle nyomás aránya a plazma  $\beta$ , amely a plazma jellemzésére szolgáló paraméter. A napszél és a Föld mágneses terének találkozásánál például a napszél nyomásának a földi mágneses tér nyomása „áll ellen”, tehát egy dinamikus egyensúlyban van a két rendszer.
- 3 A plazma magával ragadja a Nap lokális mágneses terét, ami jelen van a kialakulásakor, és amely tér „befagy” a plazmába. Ez a plazmában található mágneses tér úgynevezett „frozen-in” állapot. Ugyanígy viselkedik a napszél plazmája is. [2]
- 4 A K-index egy kvázi logaritmikus szám, amelynek értéke 0 és 9 között lehet. A hivatalos, az egész bolygóra vonatkoztatott „Kp” (K planetary) indexet a földgolyó számos helyén található mérőállomások által szolgáltatott egyedi „K” értékek súlyozott figyelembevételével számolják ki. A magnetométerrel 3 órás ciklusokban végzett mérések értékei, összehasonlítva a mérési hely mágneses erőterében észlelt legnagyobb változás vízszintes komponensével adja ki az aktuális mérőszámot. A Kp-index jelentősen befolyásolja a GPS-vezérelt drónok működését. Általában 1–3 közötti indexérték mellett a repülés biztonságos, 4-es érték esetében már mérsékelt mágneses hatás jelentkezhet, így a GPS-jel zavara miatt a repülésben problémák léphetnek fel, 5-ös vagy annál magasabb érték esetén a repülés nem javasolt. (A szerk.)
- 5 Eötvös Loránd Kutatói Hálózat.



Ádám Balázs\* – Ember István\*\*

## Honvédségi járművek a közszolgálati tűzszerész szakfeladatok rendszerében

### BEVEZETÉS

A Magyar Honvédség (MH) komplex feladatrendszerében – számos egyéb mellett – a több ezer, esetenként több tízezer ember életét veszélyeztető, különböző robbanótestek hatástalanítása is olyan közszolgálati feladat, amely gyakran kerül reflektorfénybe. Erre az életveszélyes tevékenységre az MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred (MH 1. HTHE) – jelenleg MH 1. Tűzszerész és Folyamór Ezred (MH 1. tús. és foó. e.) – a kijelölt alakulat. Az ezred állománya minden nap azért dolgozik, hogy az országszerte előkerült, feltételezett robbanótesteket elszállítsák a megtalálás helyéről, és biztonságos körülmények között megsemmisítsék azokat. Ez a hivatás megköveteli, hogy kiváló minőségű és teljesítményű honvédségi jármű álljon a szakemberek rendelkezésére.

A műszaki támogatás részeként elvégzett tűzszerész támogatási feladatok több tekintetben is figyelmet érdemelnek, a területen folyó vizsgálatok megegyeznek a hadtudományt érintő főbb kutatási irányokkal. [1] Ezek a feladatok hazánk területén döntően a katonai eredetű robbanótestekre korlátozódnak, mert a terrorizmus fegyvereit [2][3], az improvizált robbanótesteket [4][5] a Készenléti Rendőrség tűzszerészei hatástalanítják. Ez utóbbi tevékenység egy hosszú, átszervezésekkel teli periódus [6] után került ki a MH hatásköréből az 1980-as években. Ezért ezt a szakterületet tanulmányunkban nem vizsgáljuk, annak ellenére sem, hogy a tűzszerész katonáknak lehet részük ilyen szakfeladatokban a nemzetközi műveletek során.

Mivel az előkerült robbanótestek méretében jelentős eltérések lehetnek, a tevékenység helyszíne pedig bárhol

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A közszolgálati tűzszerész szakfeladatok kiemelt figyelmet érdemelnek a műszaki támogatás komplex rendszerében. Ennek oka, hogy a jól képzett szakemberek folyamatos életveszélyben dolgoznak. Magyarországon közszolgálati keretek között több ezer riasztást kell kezelnie a Magyar Honvédség kijelölt egységének. Ezen folyamat során különböző helyszíneken kell hatástalanítani a robbanószerkezeteket, és a mobilizáció megköveteli, hogy kiváló minőségű, speciálisan kialakított honvédségi járműveket alkalmazzanak a szakemberek. A szerzők szakmai álláspontja szerint a bemutatott három járműtípus kombinált alkalmazásával megfelelő válasz adható a közszolgálati tűzszerész feladatok adta kihívásokra hazánkban.

**KULCSSZAVAK:** tűzszerészet, közszolgálat, honvédségi jármű, hatástalanítás

**ABSTRACT:** The explosive ordnance disposal tasks during the public duty deserve highlighted attention in the military engineering system, due to the fact that professionals do their job in constant danger to their life. The appointed unit of the Hungarian Defence Forces has to handle thousands of alerts in Hungary in the framework of their public duty. During this process, it is necessary to render safe remnants of war in different locations, which demands high quality, specially designed military vehicles for professionals. As we see, the combined engage of three different military vehicles shown in our study is a proper solution to solve the challenges of explosive ordnance disposal tasks in our country.

**KEY WORDS:** explosive ordnance disposal, public duty, military vehicle, render safe procedure

\* Hadnagy. MH 1. Tűzszerész és Folyamór Ezred, szakaszparancsnok. E-mail: Adam.Balazs@uni-nke.hu. ORCID: 0000-0003-0597-4528.

\*\* Alezredes. NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Művelési Támogató Tanszék, egyetemi tanársegéd, e-mail: Ember.Istvan@uni-nke.hu. ORCID: 0000-0002-9877-0366.



lehet hazánkban és a hatástalanításhoz szükséges felszerelések is széles skálán mozognak, az alkalmazott gépjárművek is több méretkategóriába tartoznak.

Úgy ítéljük meg, hogy a közszolgálati szakfeladatok megszervezése és végrehajtása során három ilyen méret- és képesség-kategória elegendő a sikeres munkavégzéshez. A járművek vonatkozásában tehát nem csupán a méretbeli, hanem a képességbeli tényezőket is figyelembe kell venni.

Mivel a szaktevékenység speciális felépítményt követel, ezért fontosnak tartjuk a típusok részletes ismertetését is. A járművek tekintetében az is fontos szempont, hogy az eszközöknek nem csupán a közszolgálati feladatok igényeinek, hanem a hadi alkalmazás feltételeinek is meg kell felelniük, de ezek a továbbiakban nem képezik vizsgálat tárgyát a tanulmányban.

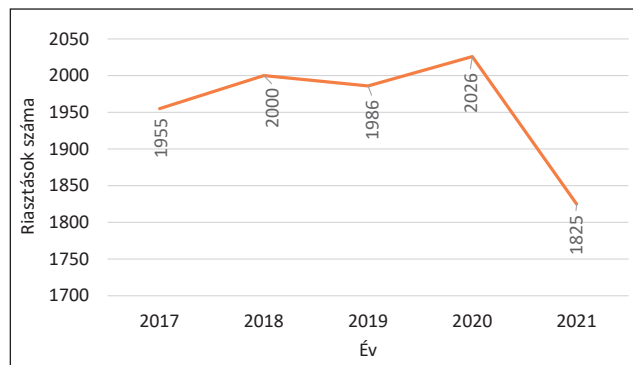
## A TŰZSERÉSZEK KÖZSZOLGÁLATA

Magyarország területén mindenkinek kötelessége bejelentést tenni, ha úgy gondolja, hogy egy robbanótestet talált, vagy a a tudomására jut egy ilyen eszköz holléte. Természetesen a jogalkotók nem várják el mindenkitől, hogy szakértő módon legyenek képesek az ilyen veszélyes eszközök azonosítására, ezért a bejelentést döntően a helyileg illetékes rendőri szervhez kell megtenni. A hivatalos szervek a feltételezett robbanótestet a helyszínen szemlézik, majd ők, vagy előjáróik tesznek bejelentést a MH Tűzserész Ügyeletére. Erre azért van szükség, mert előfordulhat, hogy azonnali intézkedést kell bevezetni a lakosság védelme érdekében. Előfordulhat, hogy a bejelentést az adott település jegyzője teszi meg, de ebben az esetben megkapja a tájékoztatást az illetékes rendőri szerv is. [7]

A bejelentett robbanótesteket alapvetően a helyszín és néhány egyéb körülmény alapján két kategóriába sorolják az MH 1. HTHE ügyeletes vezetői. Soron kívüli esetben a helyszínre igen gyorsan megérkeznek a kirendelt erők, a másik esetben 30 napjuk van a megtalált eszköz azonosítására, elszállítására, vagy hatástalanítására. Az első kategória főként a középületek, közintézmények és közlekedési útvonalak közelében előkerült robbanótestekre lehet igaz, míg a másodikra minden egyéb helyszínen. Fontos részlet, hogy a 30 napos határidő a jogszabályban biztosított keret, amely a valóságban ennél általában jóval rövidebb. [7]

A 2. ábrán látható az elmúlt öt esztendőben az MH 1. HTHE szakemberei által kezelt bejelentések száma. Az elmúlt években közel 2000 helyszínen kellett a tűzserész

**2. ábra. Feltételezett robbanótestek bejelentéseinek alakulása 2017–2021 között** (A szerzők szerkesztése az MH 1. HTHE adatbázisa alapján)



szeknek szakfeladatokat végezni. A helyszínek elhelyezkedése Magyarországon valamennyi megyéjére kiterjedt, gyakorlatilag nincs olyan szeglete az országnak, ahová kisebb-nagyobb rendszerességgel ne kellett volna elindulniuk a katonáknak. Fontos azonban megjegyeznünk, hogy az ország szennyezettsége robbanótestekkel korántsem egyenletes. Azokban az országrészekben, ahol a második világháború idején jelentősebb harcok folytak, jelentősebb számban kerülnek elő veszélyes eszközök. [8] A bejelentések számára azonban a talaj mozgatóásával járó tevékenységek vannak igazán kiemelkedő hatással. Ilyen meghatározó területek a mezőgazdaság és az építőipar, amelyek ráadásul szezonális hatásokkal<sup>2</sup> okoznak dinamikus terheket a fenti bejelentések éven belüli eloszlásában.

Az ezred országos hatásköréből fakadóan, a hatástalanításokat elhagyatott területeken, erdőekben, vízparton és urbanizált környezetben egyaránt el kell végezniük.

## HONVÉDSÉGI JÁRMŰVEK A TŰZSERÉSZ SZAKFELADATOKBAN

A szakfeladatok során alkalmazott honvédségi járműveknek tehát – mint minden speciális eszköznek az MH állományában – meg kell felelniük a különböző előírásoknak és elvárásoknak. A számos feltétel mellett alkalmasnak kell lenniük a felszerelések, műszaki harcanyagok horodására, és a robbanótestek szállítására egyaránt. Ez minden esetben egyedi felépítményt követel meg.

A feladatok megoldásához komoly kihívást jelent, hogy a szakembereknek közúton, terepen és nehéz terepen egyaránt közlekedniük kell, hogy elvégezhesék a munkájukat. Az esetek jelentős részében egy vagy több robbanótestet kell kezelniük, elszállítaniuk. A veszélyes eszközök szállításához a jármű felépítményének rendelkeznie kell homokos tálccával is. A felszerelés tekintetében kijelenthető, hogy a közszolgálati feladatokhoz szükséges szerszámzat, gépek és eszközök, valamint a harcanyag nem jelentős helyigényű. Ezekkel kapcsolatban inkább a rögzítési megoldások és a hozzáférhetőség jelenti a nagyobb kihívást. A személyi állományból minimálisan két fő tűzserésznek és a gépjárművezetőnek kell rendelkezésre állnia, de előfordulhatnak olyan feladatok is, ahol ennél nagyobb létszám szükséges. Mindezeket túl elengedhetetlen a megkülönböztető fény- és hangjelző berendezés, amely jelentősen segítheti a gyors helyszínre érkezést.

**3. ábra. Egy Volkswagen Transporter T6 speciális felépítményű jármű érkezik 2020. december 12-én a budapesti, Külső-Ferencvárosba, az atlétikai stadion építési területére, ahol egy 1 tonnás, GP-2000 típusú, az Amerikai Egyesült Államok (USA) által gyártott légbombát találtak** (Forrás: Az MH 1. HTHE gyűjteményéből)



A fenti igények alapján jól látható, hogy nem lehetséges olyan jellegű járművet találni, amely minden várható feladatra önmagában alkalmas, de véleményünk szerint a következő eszközök kombinált alkalmazása szinte minden helyzetre megoldást nyújthat.

Az egyik legújabb ilyen technikai eszköz az MH 1. HTHE állományában a Volkswagen Transporter T6 típusú tűzszerező gépjármű (3. és 4. ábra), amelyet a fent bemutatott különleges igényeket figyelembe véve alakítottak át. A honvédségi jármű rendelkezik a megkülönböztető fény- és hangjelzések leadására rendszeresített berendezéssel, valamint infravetővel, hogy alkalmas legyen az éjszakai, rejtett közlekedésre is.

1. táblázat. A Volkswagen Transporter T6 honvédségi jármű (tűzszerező) műszaki adatai (A szerzők szerkesztése a jármű reprezentációs adattáblája alapján)

Hosszúság	5511 mm
Szélesség	1992 mm
Saját tömeg	2510 kg
Megengedett össztömeg	3200 kg
Maximális sebesség	188 km/h
Motor	soros elrendezésű dízel (Euro5), TDI <sup>3</sup>
Hengerűrtartalom	1968 cm <sup>3</sup>
Teljesítmény	110 kW/150 LE
Sebességváltó	7 fokozatú DSG <sup>4</sup>

A Volkswagen Transporter típusú tűzszerező járművek (1. táblázat) már évtizedek óta hű társai a robbanótestek hatástalanítását végző katonáknak. Ezen idő alatt sok tapasztalat gyűlt össze a típus alkalmazásával és a felépítmény optimális kialakításával kapcsolatban. Ennek eredményeként olyan, a nagy napi igénybevételnek megfelelő, strapabíró honvédségi jármű került hadrendbe, amely országúti használat során alapvetően gyorsan tud mozogni. A bázisjármű egy, az utasfülke mögé elhelyezett málhatérral bővült, amelyet három, szalagredőnyvel zárható egységre

4. ábra. A Volkswagen Transporter T6 és a Toyota Hilux tűzszerező járművek 2021. április 22-én a budapesti Múcsarnok mellett előkerült 75 darab 82 milliméteres, szovjet aknavetőgránát elszállításában vesznek részt (Forrás: Az MH 1. HTHE gyűjteményéből)



5. ábra. Egy GP-250 típusú, USA gyártmányú légibomba hatástalanítást követő elszállítása a csepeli szabadkikötő területéről, Volkswagen Transporter T6 típusú honvédségi járművel 2022. július 26-án (Forrás: Az MH 1. HTHE gyűjteményéből)

osztottak. Az oldalsó málhaterekben moduláris alumínium polcrendszer található. Itt kapnak helyet a szakfeladatok ellátásához szükséges eszközök és anyagok: szerszámok, sáncszerszámok, valamint robbantáshoz, megsemmisítéshez szükséges eszközök. A málhatér hátsó szegmensében kapott helyet a robbanótestek szállításához szükséges tároló (4. ábra), benne néhány centiméter mély homokággal. Itt helyezték el továbbá a négy elemből álló csuklós létrát is.

A járműben négy fő tűzszerező, és egy gépjárművezető foglalhat helyet. Ez a létszám elegendő a legtöbb, gyakran előforduló közszolgálati tűzszerező szakfeladat elvégzéséhez. A kapcsolható összkerékajítás lehetővé teszi, hogy a szakemberek az aszfaltzott burkolatot elhagyva is magabiztosan közlekedhessenek az eszközzel, de a szerzők véleménye szerint ez a funkció nem értelmezhető terepjáró képességgé.

A Mercedes-Benz Unimog 4000 (MB U 4000) duplafülkés terepjáró tűzszerező gépjármű (6. ábra) elsődleges feladata a tűzszerező szakállomány, valamint a tűzszerező feladatok végrehajtásához szükséges eszközök és anyagok szállítása közúton és terepen. (2. táblázat) Rendeltetése továbbá a tűzszerező feladatok végrehajtását követően a nagyobb méretű és tömegű robbanótestek elszállítása. A gépjárművek a Rába Jármű Kft.-től érkeztek és a HM Currus Zrt. fejlesztette azokat tovább, figyelembe véve a tűzszerező feladatok végrehajtásának sajátosságait. [9]

2. táblázat. MB U 4000 duplafülkés honvédségi jármű (tűzszerező) műszaki adatai (A szerzők szerkesztése a jármű reprezentációs adattáblája alapján)

Hosszúság	6010 mm
Szélesség	2490 mm
Saját tömeg	6510 kg
Megengedett össztömeg	9500 kg
Maximális sebesség	90/110 km/h
Motor	soros elrendezésű dízel (Euro5)
Hengerűrtartalom	4800 cm <sup>3</sup>
Teljesítmény	160 kW/218 LE
Sebességváltó	8 fokozatú





6. ábra. Az MB U 4000 duplafülkés honvédségi jármű Bük település külterületén. A speciális teherautó 2020. július 15-én egy 250 kilogrammos, brit gyártmányú légibomba hatástalanításához és elszállításához érkezett (Forrás: az MH 1. HTHÉ gyűjteményéből)

A gépjármű kabinja és málhatere osztott. A kabinban hat fő tűzserész és a gépjárművezető foglalhat helyet. Az utastérben a személyes felszerelések és a ruházat tárolását elősegítő akasztók találhatók. A gépjármű málhatere két szekcióra tagolt, amelyek szalagredőnyel zárhatók. Az első, utaskabin mögötti szekcióban moduláris alumínium polcrendszer található, amelyen a hatástalanításhoz szükséges szerszámok, fémkereső műszer, a földmunkákhoz szükséges sáncszerszámok, a robbantásokhoz szükséges eszközök és anyagok kapnak helyet. Kialakításának köszönhetően, a feladattól függően egyéb speciális felszerelési tárgyak is elférnek a málhatérben. Ezek közé tartozik többek között a búvárfelszerelés, vagy a Telex könnyű és az Andros F6A nehéz tűzserész robot is. A tűzserész robotok elhelyezéséhez található két nyompálya a járműben, amelyeken a raktérhez támasztva a robotok önálló menetben képesek a felépítménybe gurulni, vagy azt elhagyni. Egy 220 V-os csatlakozó is található a málhatérben, amelyről feltölthetők, vagy szükség szerint üzemeltet-

7. ábra. A budai Pusztaszeri úton 2022. szeptember 10-én előkerült, majd hatástalanított 203 mm-es kaliberű, szovjet gyártmányú, betonromboló típusú tüzérségi gránát szállításra előkészítve, egy MB U 4000 duplafülkés honvédségi járműben (Forrás: az MH 1. HTHÉ gyűjteményéből)



hetők az eszközök akkumulátorai. Ehhez a lehetőséghez nincs a fedélzeten külön áramforrás, a szükséges áramot a jármű generátora állítja elő. Az első málhatér alsó oldalfala lehajtható, és csúszásmentes gumibevonattal is rendelkezik, így kiválóan alkalmas rakodási vagy szerelési feladatok végrehajtásához.

A hátsó málhatérben kapott helyet a robbanótestek szállításához szükséges tálcá (7. ábra), benne a homokággal, illetve egy 350 kg-os teherbírású darukar, amelyet a nagy tömegű robbanótestek berakodásához használnak a szakemberek. Itt helyezik el a kihajtható létrát is. [10] A gépjármű felépítményén kívül a hátsó szalagredőny két oldalán térvilágító lámpák találhatók, amelyekkel éjszaka és rossz látási viszonyok között is nagyobb biztonsággal végezhető a szakfeladatok. A közszolgálati feladatok ellátása miatt a honvédségi járművet felszerelték megkülönböztető fény- és hangjelzést biztosító berendezéssel is.

A tűzserész szakfeladatok ellátásához alkalmazott gépjárművek közül a Toyota Hilux típusú honvédségi jármű (3. táblázat) tekinthető a legújabb kategóriának (8. és 9. ábra). Méretéből és képességéből adódóan köztes megoldásnak tekinthető a Volkswagen Transporter T6 és MB U 4000 duplafülkés nehéz tűzserész gépjármű között. Mindkettőhöz képest kisebb a tárolási kapacitása, de terepen és nehéz terepen kifejezetten jól alkalmazható. Erdei környezetben – ahol sok esetben szűkös erdészeti utakon kell megközelíteni a robbanótesteket –, kifejezetten előnyösek a tulajdonságai. Amennyiben az alkalmazott gumik mintázata a terepjáró képesség rovására közüti, egy kifejezetten dinamikus, mozgékony járműről beszélhetünk.

3. táblázat. A Toyota Hilux alaptípus műszaki adatai (A szerzők szerkesztése [10] alapján)

Hosszúság	5330 mm
Szélesség	1855 mm
Saját tömeg	2100 kg
Megengedett össztömeg	3210 kg
Maximális sebesség	110 km/h
Motor	soros elrendezésű dízel (Euro 6)
Hengerűrtartalom	2393 cm <sup>3</sup>
Teljesítmény	110 kW/150 LE
Sebességváltó	6 fokozatú

A jármű kivitele – a nagyobb létszám szállítása érdekében – szintén duplakabinos. Az utasfülke és a málhatér ennél a típusnál is egymástól elválasztott. A felépítmény jelentősen eltér a többi, az MH-ban rendszeresített Toyota Hilux-tól. Ez már a szemmel láthatóan szélesebb kocsiszekrényen is feltűnik. A felépítmény oldalán nyitható ablakok találhatók, hogy a felszereléseket könnyebben elérjék a szakemberek. A hátsó részen felfelé önállóan is nyitható, valamint egy lefelé nyíló oldalfal található. A málhatér belsőjében kapott helyet a két fiókra osztott tárolórekesz. Ezek tovább tagolhatók válaszlapokkal, kihúzásuk a jármű hossz tengelyével párhuzamosan, görgők segítségével történik. Ezekben a fiókokban elhelyezhetők a felszerelések, az eszközök és a harcanyagok, valamint szükség esetén kialakítható a robbanótestek szállítására alkalmas homokággal. A málházásra további lehetőséget biztosít a tároló-





8. ábra. A hajmáskéri lőtérén 2022. október 12-én végrehajtott légvédelmi lögyakorlat tűzserész biztosításában részt vevő Toyota Hilux típusú tűzserész járművek (Forrás: az MH 1. HTHE gyűjteményéből)

rekesz tetején található kihúzható tároló, amelyhez rakományvédő hálót is rendszeresítettek.

A négy fő tűzserész és egy fő gépjárművezető szállítására alkalmas honvédségi jármű is rendelkezik megkülönböztető jelzésekkel. Mivel a tárolási kapacitása a többi bemutatott honvédségi járműhöz képest korlátozott, ezért főként a helyszíni, vagy annak közelében végzett megsemmisítést igénylő szakfeladatok esetén alkalmazható megfelelő hatékonysággal.

A szerzők véleménye szerint, a tanulmányban bemutatott három honvédségi jármű a tűzserészek szolgálatában alkalmas a szakfeladatok szinte teljes spektrumának biztosításához. Előfordulnak természetesen olyan esetek is, amikor nagyobb teherbírású eszköz alkalmazása szükséges, ilyen például, amikor nagy tömegű légbombát vagy jelentős számú robbanótestet kell elszállítani egy helyszínről.

Az is lehetséges, hogy a bemutatott változatok kapacitásánál nagyobb létszám szükséges egy-egy feladat végrehajtásához. Ezek azonban viszonylag ritkán fordulnak elő, és volumenük miatt egyébként is kiemelt figyelmet, szervezést igényelnek.

Tanulmányunkban nem vizsgáljuk, de mindenképpen említésre érdemesnek tartjuk, hogy a tűzserész szakfeladatok esetén előfordulnak vízi környezetben végzett tevékenységek is. Ilyenkor a reflektorfény az MH 1. HTHE hadihajós és bűvár állománya irányul, hiszen például a folyóvizeinken az általuk üzemeltetett úszó technikai eszközök nélkül nem lenne kivitelezhető a robbanótetek kiemelése és hatástalanítása.

## ÖSSZEGRÉS

A fent bemutatott honvédségi járművek alkalmazásával a gyakorlatban szinte minden jellegű közszolgálati tűzserész szakfeladat elvégezhető. Ezekkel az eszközökkel megközelíthetők a nehéz terepen megtalált feltételezett robbanótetek is, de közúton is létezik a mozgékony alternatíva. Minden típus alkalmas a speciális felszerelések hordozására, a málhatereket ehhez a tevékenységhez optimalizáltan alakították ki a szakemberek.

A szállítható személyek száma szintén fontos szempont a tűzserész szakfeladatok végrehajtása során. A fenti honvédségi járművek három lehetőséget kínálnak ezen a téren. A naponta végrehajtott feladatok elvégzéséhez ezek a járműtípusok megfelelnek.

Kijelenthető, hogy a fenti három típus kombináltan alkalmazva kielégíti a szükséges szállítási igényeket, és megfelel a speciális szakmai elvárásoknak. További honvédségi járműtípusok alkalmazása csak abban az esetben válhat szükségessé, ha ritkán előforduló, különleges helyszínen kell helytállni a tűzserész szakembereknek.



9. ábra. A Csém település külterületén 2022. július 15-én előkerült 203 mm-es kaliberű, szovjet gyártmányú, betonromboló típusú tűzserési gránát hatástalanításánál közszolgálati feladatot ellátó Toyota Hilux tűzserész jármű (Forrás: az MH 1. HTHE gyűjteményéből)



HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Boda József – Boldizsár Gábor – Kovács László – Orosz Zoltán – Padányi József – Resperger István – Szenes Zoltán. „A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök” Államtudományi Műhelytanulmányok (2016), 16. 1–23. Online: <http://www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702> (Letöltés: 2022.10.18.);
- [2] Tomolya János – Padányi József. „A terrorizmus jelentette kihívások” *Hadtudomány*, 22. (2012), 3–4, 34–67. Online: [https://www.mhht.eu/hadtudomany/2012/3\\_4/HT\\_2012\\_3-4\\_Tomolya\\_Padanyi.pdf](https://www.mhht.eu/hadtudomany/2012/3_4/HT_2012_3-4_Tomolya_Padanyi.pdf) (Letöltés: 2022.10.18.);
- [3] Daruka Norbert. „Terroristák és taktikák, avagy védekezz, ha tudsz”. *Repüléstudományi Közlemények* 24. 2. (2012): 33–41. Online: [http://www.repulstudomany.hu/kulonszamok/2012\\_cikkek/02\\_Daruka\\_Norbert.pdf](http://www.repulstudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/02_Daruka_Norbert.pdf) (Letöltés: 2022.10.18.);
- [4] Kovács Zoltán. „Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai”. *Műszaki Katonai Közlöny* 22. (2012), 2. 37–52. Online: [https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012\\_2\\_03%20IED-k%20f%C5%91bb%20t%C3%ADpusai%20-%20Kov%C3%A1cs%20Z.pdf](https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_2_03%20IED-k%20f%C5%91bb%20t%C3%ADpusai%20-%20Kov%C3%A1cs%20Z.pdf) (Letöltés: 2022.10.18.);
- [5] Kovács Tibor, Nyers József, Padányi József: *Építünk, védünk, alkotunk. A műszaki csapatok története 1945-től napjainkig* (Budapest: HM Zrínyi, 2012);
- [6] Kovács Zoltán. „Fontos létesítmények IED elleni védelme”. *Műszaki Katonai Közlöny* 22. (2012b), ksz. 35–44. Online: [https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012\\_k\\_05%20IED%20elleni%20v%C3%A9delem%20-%20Kov%C3%A1cs\\_Z.pdf](https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_k_05%20IED%20elleni%20v%C3%A9delem%20-%20Kov%C3%A1cs_Z.pdf) (Letöltés: 2022.10.18.);
- [7] 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet a tűzszerészeti mentesítési feladatok ellátásáról. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99900142.kor> (Letöltés: 2022.10.18.);
- [8] Vörös Mihály – Daruka Norbert. Tűzszerészek a közszolgálati feladatok ellátásában. *Seregszemle*, 10. (2012), 2. 22–33. Online: [https://honvedelem.hu/files/files/33676/seregszemle\\_2012\\_2.pdf](https://honvedelem.hu/files/files/33676/seregszemle_2012_2.pdf) (Letöltés: 2022.10.18.);
- [9] Draveczki-Ury Ádám: *Minden igényt kielégítenek az új UNIMOG-4000-esek*, 2013. Online: <https://honvedelem.hu/hatter/haditechnika/minden-igenyt-kielegitenek-az-uj-unimog-4000-esek.html> (Letöltve: 2022.10.15.);
- [10] Autókatalógus: TOYOTA Hilux 2.4 D-4D 4x4 Double Live Plus (2016–). Online: [https://katalogus.hasznaltauto.hu/toyota/hilux\\_2.4\\_d-4d\\_4x4\\_double\\_live\\_plus-106902](https://katalogus.hasznaltauto.hu/toyota/hilux_2.4_d-4d_4x4_double_live_plus-106902) (Letöltve: 2022.10.20.).

JEGYZETEK

- 1 Az elnevezés a 18/2009. (XII. 18.) HM rendelet a honvédségi járművek fenntartásáról, 2.§, a) bekezdés alapján.
- 2 Pl.: őszi és tavaszi földmunkák.
- 3 Turbodiesel Direct Injection, amely a közvetlen befecskendezésű, turbóval ellátott dízelrendszerű motor angol elnevezése.
- 4 Direct Shift Gearbox, amely a kettős tengelykapcsolós, automata sebességváltó angol elnevezése.

## Zrínyi-Újvár a Mura mentén – A legújabb kutatások tükrében

Zrínyi Miklós Mura mellett épített vára mindössze négy évig (1660–1664) létezett. A Habsburg Monarchia és a Török Birodalom határára emelt erődítmény ellen a törökök már az építés megkezdésétől tiltakoztak.

Zrínyi-Újvár történetének, földrajzi-stratégiai szerepének és haditechnikai jellemzőinek újra felfedezése és értékelése – számos ok miatt – csak a 21. század első éveiben kezdődhetett, akkoriban indult a kiterjedt régészeti kutatás is. A horvát és a magyar szakemberek folyamatosan publikáltak a témában (a *Haditechnika* folyóirat dr. Négyesi Lajos, dr. Németh András, Prof. dr. Padányi József és Szabó András: *Zrínyi-Újvár kutatása a hadirégészet eszközeivel* című kétrészes tanulmánya a 2020/6. és 2021/1. számában foglalkozott e témával).

A Zrínyi Kadétok Hagyományőrző Egyesület – Društvo „Zrinski Kadeti” által kiadott tudományos munka az eddigi eredményeket fogja össze, és szintetizálja két nagyobb egységben. Az I. rész – Dragutin Feletar, Petar Feletar és Hrvoje Petrić szerkesztésében – a horvátországi kutatási eredményeket adja közre. A várépítő Zrínyi Miklós életútjának ismertetése után a kötet elsősorban a korabeli hadtörténeti és földrajzi helyzet elemzésére helyezi a hangsúlyt. A korszak egyik legjelentősebb utazója, Evlia Cselebi személyesen is jelen volt a vár ostrománál, és megörökítette a kezdetben motiválatlan iszlám sereg későbbi sikeres támadásait. Haller Jenő légrádi krónikás ugyancsak a szemtanú hitelességével számolt be az eseményekről. A tanulmánykötet Zrínyi Miklós e témával kapcsolatos iratait, Esterházy Pál és Raimondo Montecuccoli feljegyzéseit idézi, valamint török szemelvényeket is közöl.

A II. rész Hausner Gábor, Négyesi Lajos és Padányi József szerkesztésében Zrínyi-Újvár magyarországi kutatási eredményeit foglalja össze. 17. századi metszetek és térképek segítségével tárul fel a Muraköz komplex védelme, majd az érdeklődő olvasók megismerkedhetnek a vár ostromának tárgyi emlékeivel, a fémvizsgálatok elemzéseivel, valamint a Zrínyi család tulajdonában lévő fegyverekkel. A fejezetek összessége képet ad a korszak haditechnikai eszközeiről is.

A kötetet horvát, magyar és angol nyelvű összefoglaló, a felhasznált irodalom és a források jegyzéke, valamint bőséges színes és fekete-fehér képanyag egészíti ki.

**A 174 oldalas, 2022-ben megjelent keménytáblás kötet kereskedelmi forgalomban nem kapható. Kutatók számára hozzáférhető az MH HTP Haditechnikai Könyvtárban, érdeklődés esetén kapcsolatfelvétel a Haditechnika folyóirat szerkesztőségén keresztül, a +3630-7737494-es telefonszámon vagy a haditechnika@hmzrinyi.hu e-mail címen. (R.A.)**



Zentay Péter\* – Dr. Hegedűs Ernő\*\* – Végvári Zsolt\*\*\*

# A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei III. rész

## A gyártási hibák hatásának mérséklése, hibakiküszöbölési megoldások

A háromrészes tanulmány a 3D-s nyomtatás – mint additív gyártástechnológia – alkalmazási lehetőségeit mutatja be, különös tekintettel a fémnyomtatásra és a szálerősítéssel műanyag nyomtatására. A sorozat második részében a szerzők megvizsgálták, hogy milyen fő problémák léphetnek fel egyes gyors prototípusgyártó technológiákkal előállított alkatrészek készítése közben, és elemezték a javítást célzó technológiai lépéseket. A záró, harmadik rész az utómunkálatokat (poreltávolítás, mechanikus, lézeres és hibrid eljárással történő felületi utómunkálás, hőkezelés stb.) mutatja be.

### 3D-S FÉMNYOMTATOTT ALKATRÉSZEK UTÓMUNKÁLATAI, AZ ELJÁRÁS ELŐKÉSZÍTÉSE

Az első nyomtatáskor a fém alkatrészek általában még nem állnak készen a végső felhasználásra, és valamilyen utófeldolgozásban kell részesülniük, például por- és támasztékeltávolításban, hőkezelésben és felületkezelésben.

Poreltávolítás esetén fokozottan fontos a munkavédelmi szabályok betartása, mivel a finom por egészségkárosító hatása rendkívül jelentős, így a művelethez teljes védőöltözet (szem-, orr-, fülvédelemmel kiegészítve) használata szükséges. A por nemcsak a tüdőbe jutva okoz maradandó egészségkárosodást, hanem a nagyon finom porszemcsék a bőrön át is felszívódhatnak. (Egy porágys technológiával készült munkadarabot mutat a 19. ábra). A poreltávolításhoz megfelelően zárt, szigetelt és robbanásbiztos porszívó szükséges, mivel egyes finom fémportok a levegő oxigéntartalmával együtt fokozottan robbanásveszélyesek, amennyiben az elektrosztatikus hatás vagy elektromos ív is jelen van. A porágys eljárások során a nyomtatott rész közé a meg nem olvasztott por bezáródhat, illetve a fel nem használt porba megolvastott részek is kerülhetnek, amelyeket a nyomtatási folyamat befejezése után el kell távolítani. A meg nem olvasztott, felesleges por manuálisan vagy automatizáltan, speciális berendezések segítségével (porszívó, nagynyomású fúvóka stb.) eltávolítható, majd későbbi felhasználásra újra felhasználható.

Az alkatrész belsejében rekedt, fel nem olvadt fémpor eltávolításának igényét már a tervezésnél figyelembe kell venni. A konstrukción ezért legalább két eltávolító furatot kell elhelyezni a külső felületbe, ezzel hozzuk létre a por eltávolításának lehetőségét a nyomtatás után.



19. ábra. Az elkészült porágys 3D-s fémnyomtatott alkatrésztől el kell távolítani a port [24]

A darabok eltávolítása is jelentős nehézséget okoz. A nyomtatott darabot legtöbbször olyan vastagságú alaplapra kell nyomtatni, amelynek anyagminősége azonos (fizikai/kémiai paraméterei nagyon hasonlóak) a nyomtatott alkatrésszel. Ennek fő oka a megfelelő hővezetés, adhézió biztosítása, valamint a repedések/vetemedések hajlamanak csökkentése. A kemény anyagok használata, és a nagy adhézió a legtöbb esetben azonban számos problémát okoz a darab eltávolításakor, ugyanis ezt a műveletet általában valamilyen forgácsoló eljárással kell végezni (lásd 20. ábra). A megfelelő vágási vékonyság, és minimális vágási hőbevitel biztosítására a legalkalmasabb technológia a huzalszakra forgácsológép alkalmazása, de hátrányt jelent a nagy beszerzési költség, a költséges üzemeltetés és a megfelelő gépkezelő szakember biztosítása. Az optimális körülmények biztosításával a fémnyomtatott alkatrészek előállításának költsége jelentősen emelkedik. Az alkatrészek természetesen más módszerekkel is eltávolíthatók, azonban ezek az eljárások nem biztos, hogy általánosan alkalmazhatók, vagy megfelelő vágási minőséget biztosítanak. Az alkatrészek szalagfűrészsel történő levágása egy másik, lényegesen gyorsabb módszer. Az eljárásból azonban hiányzik a huzalos szikraforgácsolás pontossága. Ha egy alkatrészen azonban utólagos CNC-megmunkálást

\* Egyetemi docens, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, BME Gyártástudomány és Technológia Tanszék. ORCID: 0000-0002-3161-8829

\*\* Mk. alezredes, PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék, adjunktus ORCID: 0000-0001-8457-5044

\*\*\* Mk. alezredes, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, tanársegéd ORCID: 0000-0003-2543-6049





20. ábra. Az alkatrészeket általában huzalszikkra forgácsológéppel ajánlott eltávolítani az alaplapról [24]

tervezünk, ez a pontosság feláldozható a gyorsabb utófeldolgozási idő érdekében.

Az utófeldolgozás során további problémákkal is találkozhatunk. Több esetben a geometriából adódóan, illetve a megfelelő hőelvezetés biztosítása miatt, különféle támasztékokat, valamint tartó/hőelvezető szerkezeteket kell kialakítanunk (az alkatrészsel együtt nyomtatnunk) a gyártmány megfelelő elkészítése érdekében. Ezek az eszközök általában bonyolult geometriával rendelkeznek, és eltávolításuk nehézkes. A támasztékok eltávolításának egyik lehetséges módszere a CNC-megmunkálás. Érdemes a lehető legkevesebb támasztékot tervezni a darabhoz. A gyakorlatban sokszor kézi szerszámokkal (turbómaróval, köszörűvel stb.) történik az alkatrész eltávolítása, amelyet a legtöbb esetben nem, vagy csak nagyon körülményesen lehet automatizálni (pl. 6 szabadságfokú robotos megmunkálással, de ez csak nagyobb darabszámok esetén válik költséghatékonyá).

### ADDITÍV TECHNOLÓGIÁKKAL KÉSZÍTETT ALKATRÉSZEK MINŐSÉGVÁLTÁSI ELJÁRÁSAI

Az additív gyártás költségeinek jelentős része a gyártás előtti és utómunkálatokhoz köthető, és nem magához a nyomtatási költséghez. Ez a magyarázata annak, hogy a műszaki szakemberek egyre nagyobb figyelmet fordítanak a hatékony utókezelések fejlesztésére. Az utókezelésekkel a 3D-s nyomtatott alkatrészek következő jellemzői javíthatók, mérsékelhetők: a szabálytalan felületi morfológia, a mikroszerkezeti irányultság, a nem kívánt maradandó feszültségek és a térfogati porozitás. A nyomtatott fém alkatrészeket gyakran nagy felületi érdesség, szabálytalan felületi morfológia és véletlenszerűen elhelyezkedő, nemkívánatos felületi részek jellemzik.

A főbb okok, amelyek hozzájárulnak ehhez a topográfia-hoz: a lépcsőzetes felület, amely a rétegenkénti anyagfelvitel következménye, a csak részben megolvadt porszemcsék, a fröccsenések, a gömbölyű kiválások, a helytelen alátámasztás-eltávolítás, és az olvadáskemence instabilitása.

A gyártás alatti alátámasztott terület nagysága és a támasztékeltávolítási folyamat pontossága lokálisan is befolyásolhatja a gyártott alkatrész felületének minőségét.

### FELÜLETI UTÓMEGMUNKÁLÁS

A csúcscategóriás alkalmazásokhoz történő additív gyártású alkatrészek átlagos felületi érdességet igényelnek, de a 3D-s nyomtatott alkatrészeket gyakran érdes felülettel állítják elő, és további utófeldolgozást igényelnek. A fém alkatrészek sima felületének eléréséhez számos általános felületkezelési technika létezik, mint a forgácsoló megmunkálás, a csiszolás, a koptató szemcseszórás (pl.: homokfúvás), a söréztés és a mechanikus/kémiai, illetve az elektrokémiai polírozás. Mivel a felületi érdesség közvetlenül összefügg a rétegvastagsággal, a jelenség vékonyabb rétegekkel történő nyomtatással mérsékelhető. Az alkatrész

finomabb rétegekkel történő előállításában azonban jelentősen megnövelheti az építési időt. A por nem megfelelő olvasztása is érdes felületet eredményezhet. Ez akkor fordul elő, ha nincs elegendő energia a fém teljes megolvadásához. Ebben az esetben a felületi érdesség csökkenthető a lézer teljesítményének növelésével [25].

### A FELÜLETI ÉRDESSÉG JAVÍTÁSA

A felületi minőség számos eljárással javítható, amelyek a technológiából következő felületi hibákat és egyenlőtlenégeket képesek csökkenteni.

Az egyik ilyen eljárás a felületi maratás korrozív folyadékkal, amelynek során az elkészült alkatrész egy korrozív folyadékba meghatározott ideig merítjük. A folyadék „simítja” a felületet, továbbá képes a belső üregekbe is behatolni, így ezzel a maratási eljárással olyan felületeket is lehet kezelni, amelyek más, mechanikus eljárásokkal nem hozzáférhetők.

Jól alkalmazható a felületi erózió helyi villamoskísülésmegmunkálással (anódos vagy elektrokémiai polírozás), ahol a folyadék elektrolit, amely lehetővé teszi az anódos alkatrész erózióját. Ez az erózió elsősorban a felszíni csúcsokon és völgyekben fog erősen érvényesülni, ezáltal lokális felszíni simítást képes végezni.

A tömeges polírozás, kisebb alkatrészek tömeges mozgó (általában rezgő) tégelybe történő helyezése nedves vagy száraz csiszolómedium alkalmazásával. Ez az eljárás gazdaságilag is rentábilis, mivel a berendezés költsége alacsony, és nagy termelékenységű gyártás érhető el a minőség romlása nélkül. Felhasználása azonban korlátozott, általában kisebb és egyszerűbb daraboknál alkalmazható. Komplex, érzékeny, törékeny daraboknál, belső geometriával rendelkező, valamint nagyon pontos geometriájú eszközök esetén az alkalmazás korlátozott, vagy egyáltalán nem használható.

A felsoroltakon kívül számos további lehetőség is létezik a felületi minőség javítására, amelyekre a továbbiakban nem térünk ki.

### KÉMIAI ÉS ELEKTROKÉMIAI FELÜLETI UTÓFELDOLGOZÁS

A kémiai kezelések, mint például a maratás, a kémiai polírozás, a kémiai megmunkálás, valamint az elektrokémiai polírozás, a fémnyomtatott alkatrészek felületi érdességének hatékony javítására is felhasználhatók. A legtöbb mechanikai felületkezeléssel szemben, a kémiai utófeldolgozási technikák könnyen hozzáférhetnek a belső felületekhez, ezért alkalmazásuk előnyösebb a bonyolult geometriájú részek, például a cellás és a rácsos szerkezetek, valamint a bennszülött alkatrészek felületi utókezelésében. Lehetőséget biztosítanak a teljes geometriájú kiterjedő megmunkálásra, illetve maszkolásokat alkalmazva, helyi kezelésekre is megfelelők. A technológia igen egyszerű, a fémnyomtatott alkatrészeket vegyi fürdőkbe merítik, míg a kezelést nem igénylő részeket a vegyi fürdőben lévő kémiai anyagra inert anyaggal vonják be. Az anyageltávolítás mértékét az oldat koncentrációjával, hőmérsékletével és az alkatrész benne eltöltött idejével szabályozzák.

Az anyageltávolításban alkalmazott kémiai és elektrokémiai módszerek – bár igen hatékonyak, mégis – túl hosszú expozíciós időt igényelnek, amelyet a felület kezdeti állapota jelentősen befolyásol. A hosszadalmas folyamatok nehézséget jelenthetnek az alkatrész lokális méreteinek szabályozásában, ezért a folyamatparaméterek optimalizálásával biztosítani kell az állandó anyagleválasztási sebességet. Ennek kivitelezése azonban összetett, bonyolult feladat.

Porágyas technológiával gyártott alkatrészek esetén, a felületek kémiai utófeldolgozásának egy másik módszere,

amikor a külső felületeken adott mintázatokat alakítunk ki, amelyek specifikus felületi funkciókat látnak el (pl.: kenőanyag-tapadás), amellet, hogy csak a felületérdességet csökkentenék. A felületi mintázat és a szabályozott felületi morfológia kialakítása nagymértékben meghatározhatja az alkatrész kopással szembeni ellenállását.

### FELÜLETBEVONATOLÁS

A felületi utófeldolgozáshoz tartoznak a fémnyomatott anyagokra felvitt felületi bevonatok, amelyek specifikus felületi funkciókat látnak el, illetve szabályozott felületi morfológiákat alkotnak, és nem csupán a felületi érdességet javítják. A fémnyomatásnál használt alapanyagok felületi javításához különféle funkcionális bevonatok alkalmazhatók, amelyek többek között a tribológiai tulajdonságokat, a korrózióállóságot, a kifáradást, a repedések terjedésével szembeni ellenállását, valamint a biológiai alkalmazást javítják.

### FESTÉS

Az alkatrészek felületének kialakításában az érdesség és a felület passzválása mellett, a megjelenés is fontos lehet. Katonai eszközök esetén a csillogás nem megengedhető, illetve az álcázhatóságot is figyelembe kell venni. Ezért sok esetben az alkatrészek külső felületét festeni, illetve lakkozni kell. Általában ez az alkatrészen elvégzendő utolsó művelet. Műanyag alkatrészek esetén a nyomtató anyag megfelelő színének megválasztásával, az alkatrész már anyagában is színezhető. Léteznek több színben nyomtató műanyag nyomtatók, amelyeknél az alkatrészeket (vagy csak azok felületeit) már anyagában is akár terepszínnel is el lehet látni. A fémnyomatott alkatrészeknél szinte minden olyan festék és lakk alkalmazható, amely egyéb más technológiával gyártott fém alkatrésznél bevált.

### MECHANIKUS FELÜLETI UTÓFELDOLGOZÁS

Az additív technológiákkal gyártott alkatrészek felületeinek utómegmunkálására a mechanikai felületkezelések számos módszere alkalmazható. A felületi egyenetlenségek forgácsoló-/csiszológépekkel történő eltávolítására alkalmazott hagyományos technikák közé tartoznak a forgácsleválasztás: a marás, a köszörülés és a polírozás munkafolyamatai. Ezek az utómegmunkálások a felső felületből vékony réteget választanak le a geometriai hibák eltávolítására. Az említett alkalmazások ipari méretekben is jól használhatók a fémnyomatott alkatrészek felületi érdességének javítására, azonban a költségeket jelentősen megnövelik, és csak olyan felületeken alkalmazhatók, amelyek forgácsolással egyébként is előállíthatók. Az alábbiakban egy forgácsolással egybekötött eljárást ismertetünk, amellyel olyan felület is megmunkálható, amely hagyományos szerszámgepeken nem kivitelezhető.

### LÉZERES UTÓMEGMUNKÁLÁSOK

A lézeres megmunkálások mind a felületi minőség javítása, mind a porozitás csökkentése érdekében alkalmazhatók. A lézeres felületkezelési eljárásokat már különböző alkalmazásoknál használták a porágyas fémnyomatott alkatrészek felületi minőségének javítása érdekében. A femtoszekundumos lézeres mikromegmunkálás hatékonyan alkalmazható többek között a Ti-6Al-4V alapanyagú alkatrészek felületi érdességének csökkentésére. A lézeres

polírozás egy másik ígéretes technológia, amely fókuszált, ultrarövid lézerimpulzusokkal, nagy teljesítménysűrűséggel mikroméretű olvadást idéz elő lokálisan a felületen, ezzel hatékonyan javítva az alkatrészek felületi minőségét. A lézer a felületen megolvasztja a legmagasabb csúcspontokat, és kihasználva a kapilláris nyomást, valamint a felületi feszültséget az olvadékmedencében, a domborulatok mellett völgyeket kitölti az olvadékkal. Ezzel elvileg a felület érdességét anyagvesztés nélkül képes kisimítani.

A lézeres újraolvasztás – akár az egyes rétegek felhordása után, akár az alkatrészkontúr utolsó lépéseként alkalmazva is – hatékony módszer az anyag porozitása, valamint a felületi érdesség csökkentése érdekében. Alumínium ötvözeteknél (pl.: AlSi10Mg) az egyes rétegekben belül az első pásztázási sávhoz képest azonos és ellentétes irányban végzett irányított újraolvasztás jelentős érdességcsökkenést eredményezhet a felső felületen. Figyelembe véve a felületi állapot és a poruseloszlás sajátosságait a széleknél, illetve a belső területeken, az irányított újraolvasztás a külső felületek közelében általában hatékonyabb. A megfelelően optimalizált újraolvasztással a CNC-megmunkálással összehasonlítható minőségű felületi érdesség érhető el. A porozitás a porágyas fémnyomatásos technológiáknál is csökkenthető a lézer által alkalmazott „szigetpásztázó” minta használatával. A technológia egy saktáblaszerű mintát alkalmaz, amelyben a pásztázás váltakozó irányban javítja a kitöltést, csökkenti a hőmérsékleti gradienseket a hő jobb elosztásával. A hegedés jobb arányú lesz, így kisebb porozitású lesz az alkatrész. Ez egy jól használható módszer, a nyomtatási időt és költségeket azonban jelentősen megnöveli. Az SLM-technológia alkalmazásakor a pásztázó lézersugár alakja a folyamat közben módosítható, ezzel a felületen létrejövő fröccsenést csökkenteni lehet. Impulzus-energiabevitelrel az alapanyagot fokozatosan előmelegíthetjük. Az EBM (electron beam melting) esetben az elektromos töltés hatására porszemcsék lökődhetnek ki a porágyából, és ezzel egyes olvadékdarabok nem kívánt helyre kerülhetnek, és oda is hegednek. Ez a jelenség csökkenthető a nyomtatóágy ambiens előmelegítésével, valamint az elektronsugár gyors előpásztázásával, amely a port az olvasztás előtt lokálisan előmelegíti, majd közvetlenül a fősugár előtt előolvasztja.

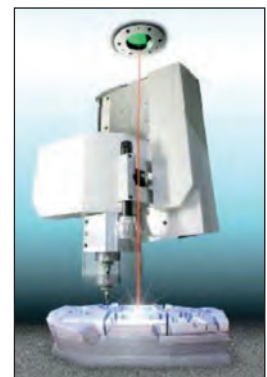
### FELÜLETI MINŐSÉG JAVÍTÁSA HIBRID GÉPEL

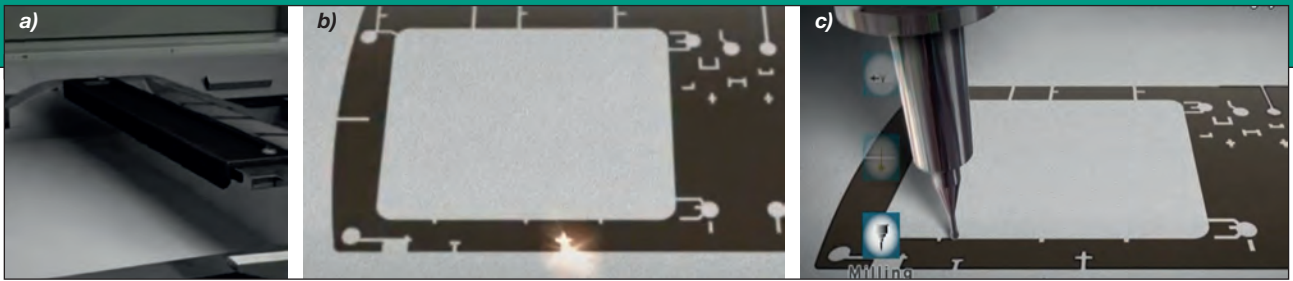
A hibrid gépek olyan berendezések, amelyek két különböző gyártási eljárást ötvöznek egyetlen gépben. Ilyen lehet többek között a forgácsolási eljárás ötvözése additív eljárással, vagy egy additív eljárással épített alkatrész forgácsolással történő felületi minőségének javítása.

Ilyen hibrid gép pl.: a Matsuura Lumex, amely egyetlen felfogásban képes porágyas 3D-s fémnyomatást és marást elvégezni a darabon (21. ábra).

A gép először porágyas nyomtatást végez egy alaplemezen. Porágyát terít, majd lézersugárral összeolvasztja adott pályán a port. Ezt tíz rétegben végzi el, majd az elkészült geometriáról, egy kis porszívó berende-

21. ábra. A Matsuura Lumex hibrid gép felépítése. Lézersugár végzi a por olvasztását, utána a marógép része simítja a nyomtatott felületet [26]





22. ábra. A hibrid gép munkafolyamatai: a) porterítés, b) lézeres olvasztás [27], c) rétegek marása [28]



23. ábra. Nyomatott, és a nyomtatás után megmunkált alkatrész [29]

zéssel eltávolítja a port. Utána mikromarókkal (általában több lépésben) a kontúrt körbe marja. A következő fázisban a port visszateríti az ágyra, és további 10 réteget nyomtat. Ez a folyamat ismétlődik, amíg a teljes munkadarab el nem készül. A folyamatot a 22. ábra szemlélteti. Eredményül egy fémmnyomatott alkatrészt kapunk, finommart minőségű felületekkel. Az eljárás nagy előnye, hogy mivel nyomtatási folyamatok közben történik a marás, mind a belső, mind a külső felületen (még bennszülött alkatrészekben is) egyaránt elérhető sima finommart felület, olyan felület, amely semmilyen más hagyományos eljárással sem kivitelezhető. Szinte minden geometria legyártható ezzel az eljárással jó felületi minőséggel.

Természetesen ennek az eljárásnak is léteznek korlátai. Mivel a marószerszámok nem lehetnek tetszőlegesen vékonyak (az alkalmazásnál 0,6 mm átmérő az ajánlott), ezért szorosan illesztett alkatrészek illesztési felületei között nem alkalmazható. Itt ugyanis az illesztési méret 1-2 nagyságrenddel kisebb lehet, mint a szerszám átmérője. Ezért pl.: az illesztett csapot, az összeszerelt fogaskereket stb., nem lehet ezzel az eljárással sima, mart felülettel gyártani. A megfelelő felületi érdesség eléréséhez, a marás feltétel nélkül szükséges (23. ábra).

### A MARADANDÓ FESZÜLTSEGEK CSÖKKENTÉSE A TERVEZÉS IDŐSZAKÁBAN

A maradandó feszültségek döntően befolyásolhatják a 3D-s nyomatott alkatrész élettartamát, ezért ezt a problémát különös gonddal kell kezelni. Ehhez számos módszert dolgoztak ki:

- A prediktív modellezéssel a maradandó feszültségek alacsonyabb szinten tarthatók. Szimuláció során meghatározhatók a megfelelő nyomtatási paraméterek, mint például a hőbevitel, az optimális pásztázópálya és a rétegvastagság annak érdekében, hogy a folyamat során minél kevesebb többlethőt vigyünk be a rendszerbe.
- A megfelelő tartó- és orientáló szerkezetek kialakítása, és az alkatrészorientáció optimalizálása szintén minimalizálhatja a maradandó feszültségek mértékét.
- A nyomtatóalappal és az alapanyag előmelegítése a nyomtatás megkezdése előtt csökkenti a hőmérsékleti gradienseket, amelyek gyakran a maradandó feszültség fő forrásai. Azonban ez a módszer nem mindegyik fémmnyomatásos technológiánál alkalmazható egyenlő hatásossággal. Mivel az additív gyártás elektronsugara (EBM) alacsonyabb hőmérsékleten működik, ezért az előmelegítési technika sikeresebb az EBM-nél, mint a nagyobb hőmérsékleten működő irányított energia

depozíciós (DED) vagy szelektív lézerolvasztásos (SLM), illetve a szelektív lézer szinterelési (SLS) technológiáknál. [25] A porágyas fúziós folyamatoknál a területi (vagy más néven „sziget”) pásztázási stratégia segíthet a maradandó feszültségek koncentrációjának mérséklésében. Ennek a stratégiának lényege, hogy az expozíciós területet kisebb részekre osztjuk, amelyeket „szigeteknek” nevezünk, ezzel rövidítjük a pásztázási hosszúságokat. [25]

A maradandó feszültségek hatékony csökkentése a hőkezelés. Ezt az eljárást önálló bekezdésben tárgyaljuk.

### A 3D-S NYOMATOTT FÉM ALKATRÉSZEK POROZITÁSÁNAK ÉS SŰRŰSÉGÉNEK JAVÍTÁSA

Sok esetben az alapanyag összetétele, minősége, a szemcse alakja (a gömb alakú szemcsék például nagyobb sűrűséget eredményezhetnek) és mérete lehet a nagy porozitás és alacsony sűrűség forrása, amikor egyes szemcsék nem megfelelően hegednek össze a folyamat során [25]. Ezért minden esetben csak a dokumentációban előírt összetételű és szemcseméretű, meghatározott beszállítótól beszerezett alapanyagokat szabad felhasználni. Beszállítási bizonytalanság esetén ügyelni kell arra, hogy egy adott időszakra (katonai felhasználás esetén a hadműveleti időszakra) megfelelő mennyiségű és minőségű nyersanyag álljon rendelkezésre. A porok újrahasonosításakor is különös figyelemmel kell eljárni, mert a nem megfelelő tisztított poroknál a szemcsék összehegedése problémát okoz, és ez porozitáshoz, illetve sűrűségcsökkenéshez vezet. A nyomtatási folyamat során fellépő porozitás a nyomtatási paraméterek megfelelő beállításával csökkenthető. A paramétereket általában az adott anyaghoz és az adott geometriához kell optimalizálni, illetve a gépkezelőnek az adott anyaghoz, valamint a nyomtatási munkához kell hangolnia gépét. Ez sok esetben kísérletezést jelent. A gépparaméterek, mint például a lézer teljesítménye, a pásztázási sugár képe (a sugár vetített mérete és alakja), az adott anyaghoz és a nyomtatási munkához módosulnak mindaddig, amíg a porozitást minimálisra nem sikerül csökkenteni. A megfelelő paramétereket a gyártási dokumentációba kell rögzíteni. A megfelelő sűrűség utófeldolgozási módszerekkel is javítható.

### HŐKEZELÉSEK

A nyomtatás utáni hőkezelések az additív technológiával készült alkatrészek anyagtulajdonságainak számos paramétereit javíthatják az alkatrész nyomatott állapotához képest. Az additív eljárással készült darabok mikroszerkezeti egyenletessége, az izotróp mechanikai tulajdonságok javítása, valamint a maradandó feszültségek csökkentése várható a megfelelő hőkezelés után. A gyakorlatban a fémmnyomatott anyagoknál jellemzően alkalmazott hőkezelések széles skálája létezik. Kezdetben a hagyományos technológiával előállított anyagoknál kidolgozott hőkezeléseket alkalmazták, azonban a nyomatott alkatrészek és a hagyományos technológiával gyártott anyagok között lényegiek a különbségek, amelyek szükségessé tették a speciális, nyomtatás utáni hőkezelések kifejlesztését. A hőkezelési hőmérséklet, az időtartam, a kezelési lé-

pések sorrendje és a hűtési sebesség finom változtatásai jelentősen befolyásolják a porágyas technológiával készült alkatrészek mikroszerkezeti tulajdonságait, és mechanikai viselkedését. [30] A gyártási folyamat során fellépő magas hőmérsékleti gradiensek irányított mikroszerkezeti tulajdonságokat hoznak létre az alkatrészben. Jelentős a szemcseméret-egyenletlenség az olvadékfürdővel érintkező határfelületeken. A nagy hűlési gradiens következtében az olvadékfürdő határfelületein nagyobb a szemcseméret-durulás. A nyomtatás utáni hőkezelések hatékonyan kezelik ezeket a problémákat azzal, hogy elősegítik a porágyas technológiával készült alkatrészek mechanikai viselkedésének finomhangolását és a nyomtatási anizotrópiák csökkentését. A hőkezelések a mikrostruktúrát homogenizálása, és az izotrópia biztosítása mellett a gyártási folyamat során fellépő nem kívánatos anyagfeszültségeket is képesek csökkenteni, illetve megszüntetni. [30]

### FESZÜLTÉGCSÖKKENTŐ, FESZÜLTÉGMENTESÍTŐ HŐKEZELÉS

Ezt az eljárást szinte minden fém 3D-s nyomtatott alkatrésznel el kell végezni. A fém 3D-s nyomtatási folyamat során jellemző a magas hőmérséklet a lézerolvasztási helyen, és az azt követő gyors lehűlés. Ha egy fém alkatrészt szélsőséges hőmérsékletváltozásoknak tesznek ki, akkor abban nagy maradandó belső feszültségek keletkeznek.

A maradandó feszültség következtében fellépő deformációk elkerülése érdekében, a porágyas eljárással gyártott alkatrészekenél is feszültségcsökkentő hőkezeléseket kell alkalmazni. A feszültségmentesítési ciklusok száma az alkatrész gyártásához használt fémalapanyagtól vagy fém-porótvázattól, az alkatrész méretétől és alakjától is függ. Az alkatrész felületének oxidáció elleni védelme érdekében a feszültségcsökkentő hőkezelést inert (tipikusan argon) atmoszférában kell elvégezni. Az alkatrészt általában még az alaplemezhez rögzített állapotában hőkezelik.

A feszültségmentesítési hőkezelés során a darabot kemencébe helyezik, ahol 1-2 órán keresztül 550–675 °C-on tartják, majd lassan (a kemence programozott lekapcsolásával) lehűtik. Ezzel az eljárással a feszültség-korróziós repedések is hatékonyan csökkenthetők. [24]

### EDZÉS, NEMESÍTÉS

Számos porótvázatot a 3D-s nyomtatás után edzeni, illetve nemesíteni lehet (pl.: szerszámacél minőségű por). Itt olyan módon járunk el, mint a hagyományos anyagoknál, azonban – mivel itt kész darabokat kell hőkezelné – jóval óvatosabban dolgozzunk, nehogy deformálódjanak a nagy hőmérséklet-változás során. A melegítést lassan végezzük, és általában inert gáz atmoszférában. Az eljárást itt a már eltávolított darabon végezzük. Léteznek olyan esetek is, ahol külön felületi edzést is alkalmaznak, mint a szerszámacéloknál.

### POROZITÁS CSÖKKENTÉSE HŐKEZELÉSSSEL: MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ IZOSZTATIKUS SAJTOLÁS

A másodlagos hőkezelés, mint a magas hőmérsékletű izosztatikus sajtolás (HIP – high temperature isostatic pressing) segít a fémrészek mikroszerkezeti és mechanikai tulajdonságainak javításában.

Az eljárásnál magas hőmérsékletet (2200 °C-ig) és nagy izosztatikus gáznyomást (100–3100 bar, általában inert gázatmoszférát) alkalmaznak az alkatrészben a lehető legnagyobb sűrűség elérése, a porozitás csökkentése és a belső üregek megszüntetése érdekében. A fém alkatrészek magas hőmérsékletű izosztatikus sajtolásával kedvező

mechanikai tulajdonságokat érhetünk el, amelyek sok esetben összehasonlíthatók akár egy öntött, némely esetben egy kovácsolt anyaggal. Az eljárással 99% feletti sűrűség érhető el, ha megfelelő minőségi alapanyagokat és megfelelő nyomtatási paramétereket alkalmazunk. A forró izosztatikus préselés, utófolyamatként elősegítheti a maradék porozitás eltávolítását a végső alkatrészekből.

Amikor az alkatrészeket magas hőmérsékletű izosztatikus préselési eljárással kezelik – emelt hő és nyomás egyidejű alkalmazása inert gázatmoszférával – a belső üregek és mikroporozitások az anyag képlékeny deformációjának, áramlásának és diffúziós kötésének kombinációjával megszűnnek. [30] Fontos megjegyezni, hogy egy ilyen hőkezelés időtartama – amely természetes hűtés alkalmaz – akár 8–12 óra között is eltarthat. Léteznek azonban gyorshűtési technológiával működő HIP-rendszerek, amelyek lehetővé teszik az alkatrészek gyors hűtését, 1260 °C-ról 300 °C-ra akár 30 perc alatt [24].

A magas hőmérsékletű izosztatikus préselési eljárást különböző gyártmányok tulajdonságainak javítására használják: hagyományos öntvényekhez, porkohászati termékekhez, fém fröccsöntött alkatrészekhez újabban kerámiákhoz, fémnyomtatott alkatrészekhez. [30]

A magas hőmérsékletű izosztatikus préselési folyamat a következő tulajdonságokat javítja:

- a belső üregek és a mikroporozitás megszüntetése;
- a kifáradási tulajdonságok enyhítése;
- a mikrozugorodás csökkentése;
- nagyobb szakítószilárdság elérése;
- nagyobb ütési szilárdság elérése;
- csökkenti a mechanikai tulajdonságok szórását.

Az eljárás hátránya a 3D-s nyomtatott alkatrészek esetében, hogy nem alkalmazható belső, zárt üreggel rendelkező konstrukcióknál, mert a nagy nyomás hatására a belső kikönnnyítés (üreg) összeroppanhat. Ha ezt az eljárást kívánjuk alkalmazni, lényeges, hogy megfelelő nyílt cellás konstrukciót tervezzünk, ahol a külső és a belső nyomás könnyen ki tud egyenlítődni.

### MÁSODLAGOS ANYAG INFILTRÁCIÓJA

A porágyas fúziós alkatrészekenél az infiltráció egy másik utófeldolgozási lehetőség. Ezt a módszert a fémrészben maradt üregek kitöltésére alkalmazzák. Ennél az eljárásnál egy másik anyaggal töltjük ki a pórusokat. Az anyagválasztás nagyon lényeges, mert a kitöltőanyag tulajdonságának olyannak kell lennie, hogy ne befolyásolja negatívan a teljes test tulajdonságait, továbbá elég kicsinek kell lennie ahhoz, hogy az üregekbe be tudjon hatolni. A diffúziós anyag azonban befolyásolni fogja az alapfémek kémiáját, amelyek következtében hatással lesz az alkatrész egyéb tulajdonságaira (mechanikai, korróziós, elektromos stb.). Az eljárás alkalmazásakor mindig mérlegelni kell, hogy a porozitás mértéke vagy az egyéb befolyásoló tényezők a jelentősebbek-e az alkatrész használata során. [25]

### ÖSSZEFOGLALÁS, A KUTATÁS JELENTŐSÉGE

A tanulmányban érintett témák alapján látható, hogy milyen problémákkal állunk szemben, ha gyors prototípusgyártó eljárásokkal szeretnénk nagyobb igénybevételnek kitett alkatrészeket gyártani. A 3D-s fémnyomtatással készített alkatrészekenél a legjobb eredményeket a folyamatparaméterek optimalizálásával lehet elérni. Az utófeldolgozási technikák csak később használhatók a technológiából adódó hiányosságok kompenzálására. Ezért a fokozott



funkcionalitás, és az erőforrások optimalizált felhasználása érdekében, már a tervezési szakaszában elengedhetetlen a gyártási és az utófeldolgozási paraméterek figyelembevételével. A hőkezelés utáni alakváltozások valószínűségét az alkatrész geometriája és a hőkezelési ciklus alapján kell figyelembe venni. Ezért az eredeti konstrukciónál, és a ráhagyási alakzat tervezésénél figyelembe kell venni az esetleges anyag-eltávolítás szükségességét a hőkezelés utáni geometriai beállításhoz. Nem valószínű, hogy egyetlen utófeldolgozási technika optimális megoldás lenne az összes fém 3D-s nyomtatott alkatrésze. Az utófeldolgozás megfelelő megválasztását és sikeres alkalmazását az alkatrész gyártási stratégiájának, célfelhasználásának, üzemi körülményeinek, anyagának, geometriájának, felületi és olvasztási jellemzőinek, és természetesen a költségek tükrében kell megválasztani. Ezért lényeges, hogy a megfelelő utófeldolgozási technikák meghatározásához, testre szabásához és optimalizálásához részleteiben kell ismerni az olyan kulcstényezőket szerepét és relatív fontosságát az additív technológiákkal gyártott alkatrészek viselkedésénél és teljesítőképességénél, mint a felületi érdesség, a porozitás, a maradandó feszültségek stb.

Jelenleg azonban vannak olyan különlegesen nagy igénybevételnek kitett fegyveralkatrészek, amelyeket egyik additív eljárással sem lehet kellő biztonsággal katonai használatra gyártani. Ilyen pl.: a fegyvercső. Az irodalomban található nyomtatott fegyverről szóló beszámoló, azok azonban egyelőre nem alkalmasak katonai használatra. A gyártási módszerek fejlődésével nem kizárt, hogy a jövőben ezek a technológiák alkalmasak lesznek ilyen alkatrészek gyártására is.

További problémát okoz, ha ezt egy távoli helyen, vagy esetleg tábori körülmények között kívánjuk végrehajtani. Harctéri alkalmazásoknál jelentős problémát okozhat a berendezések elhelyezése, helyigénye, a helyszínre történő szállítása, energia-ellátása (porszívó, huzalszikra, utóhőkezelő kemence, mosó stb.). Már a gép- és az alapanyag-előkészítés is igen bonyolult és hosszadalmas feladat, ahol a műveletek és a gyártási környezet tisztasága kiemelten fontos tényező. Továbbá lényeges, hogy megfelelő szakembergárda álljon rendelkezésre. Nem utolsó sorban azonban a gépek és a gyártási környezet helyigénye jelenthet nehézséget a harctérközeli telepítéshez. A megfelelő 3D-s nyomtatógép mellé, sok esetben gyártmányeltávolító berendezések (huzalszikraforgácsoló vagy fűrészgép, kézi utómegmunkáló és simítószerszámok) szükségesek; hőkezelő kemencék, igényesebb alkatrészek előállításához kémiai utófeldolgozó készítő labor, festőkabin stb. Ilyen esetben érdemes mérlegelni a gyártmány bonyolultságát, eszköz- és szakemberigényét, valamint az előállítási költségét, szembeállítva a beszer-

zési és raktározási költséggel. Egyszerűbb alkatrészeknél (mint pl.: a műanyag markolat) azonban elegendő egy megfelelő polimer kompozit 3D-s nyomtató. A technológiák fejlődésével elképzelhető, hogy a közeljövőben megjelennek olyan hibrid gépek, amelyek a nyomtatás mellett képesek lesznek gyártmány-eltávolításra, illetve különféle utófeldolgozásra is. (Erre a témára korábban már utaltunk a tanulmányunkban.) Ez a lehetőség kedvező a katonai használat szempontjából, az iparban azonban nem feltétlenül ez az irány.

A pontos paraméterek beállítása és az adott alkatrész tulajdonságainak megfelelő biztosítása adott 3D-s nyomtatás alkalmazásánál nem olyan egyszerű feladat, amelyet a nem kellően képzett szakemberek meg tudnának oldani. A kritikus ellátási problémákkal küzdő helyeken (pl.: missziós feladatoknál, harctéri javító csapatoknál stb.) nem várható el, hogy 3D-s nyomtatót kezelő szakemberek dolgozzanak, illetve, hogy ezen feladatokra ilyen szakembereket képezzenek. A feladat jelentősége messze túlmutat mind a speciális képzettséget igénylő munkakörön, mind a kiképzésre reálisan számható időtartamon. Tanszékünk (NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék) ezért tűzte ki azt a feladatot, hogy az adott kritikus alkatrészekhez, az adott nyomtatási technológiához kidolgozza a teljes gyártási eljárást, kiválassza a megfelelő alapanyagot és kikísérletezze a beállítandó paramétereket, valamint elkészítse az adott alkatrészhez a gyártási dokumentációt. Ezzel a javítást végző szakemberek feladata jelentősen egyszerűsödik, a tőlük elvárható szaktudás elsajátításának kiképzési ideje lecsökken. Abban az esetben, ha mégis felmerülne a helyszínen olyan probléma, amelyhez mélyebb szaktudás szükséges, azt az itthoni szakemberek távsegítségével már meg tudják oldani.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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



## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [24] Metal 3D Printing: A Definitive Guide (2021), 26 June 2019, <https://amfg.ai/2019/06/26/metal-3d-printing-a-definitive-guide/> (Letöltve: 2022.10.7.);
- [25] 5 Common Problems Faced with Metal 3D printing – And How You Can Fix Them, 2020. Június 1. <https://facfox.com/docs/kb/5-common-problems-faced-with-metal-3d-printing-and-how-you-can-fix-them> (Letöltve: 2022.10.7.);
- [26] Hybrid Metal 3D Printer LUMEX Avance-25 & Application, Matsuura Europe GmbH Additive Manufacturing Technolog, 2015. [https://teknologiategollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/1300\\_matsuura.pdf](https://teknologiategollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/1300_matsuura.pdf) (Letöltve: 2022.10.7.);
- [27] MATSUURA-Lumex Avance 25 - Metal hybrid 3D printer [https://www.maquinsier.com/en/product/lumex\\_avance\\_25/](https://www.maquinsier.com/en/product/lumex_avance_25/) (Letöltve: 2022.10.7.);
- [28] [https://www.matsuura.co.jp/english/media\\_library/matsuura-lumex-avance-25-solution](https://www.matsuura.co.jp/english/media_library/matsuura-lumex-avance-25-solution) (Letöltve: 2022.10.7.);
- [29] Molitch-Hou, Michael. 7 Issues to Look Out for in Metal 3D Printing, ENGINEERING.com examines seven of the challenges that occur in metal 3D printing processes, Jul 10, 2017, <https://www.engineering.com/story/7-issues-to-look-out-for-in-metal-3d-printing> (Letöltve: 2022.10.7.);
- [30] Yadroitsev, Igor - Yadroitsava, Ina - Du Plessis, Anton - MacDonald, Eric. 2021. Fundamentals of Laser Powder Bed Fusion of Metals, Additive Manufacturing Materials and Technologies Elsevier, ISBN: 978-0-12-824090-8;
- [31] Hot Isostatic pressing (HIP), [https://www.owl-additive-manufacturing.com/en-gb/hip?gclid=CjwKCAjwwL6aBhBIEIwADycBIBpV4xhAjlj--9B0hxrdfX7KbBMM\\_aRxpNjDyPOkBXgyAOJB6SvmBoCivQQA\\_VD\\_BwE](https://www.owl-additive-manufacturing.com/en-gb/hip?gclid=CjwKCAjwwL6aBhBIEIwADycBIBpV4xhAjlj--9B0hxrdfX7KbBMM_aRxpNjDyPOkBXgyAOJB6SvmBoCivQQA_VD_BwE).



Terék Tamás\* – Éles Péter\*\*

# Egy magyar hadiipari cég: a Gestamen

I. rész

A 2020-ban alapított Gestamen Kutatás Fejlesztés Zrt. az egyik legfiatalabb védelmiipari szereplő hazánkban. A cég elsődleges profilja kézi lőfegyverek fejlesztése, prototípusainak elkészítése, azok gyártásának technológizálása. A részvénytársaság jelenleg a Magyar Honvédség által támogatott követelményeknek megfelelő pisztoly, géppisztoly, gépkarabély, golyószóró, puska, géppuska és gránátvető kifejlesztésével foglalkozik.

Alig néhány esztendeje hozták nyilvánosságra az első információkat a magyar fejlesztésű Gestamen fegyvercsaládról. A cég a 2021-ben megrendezett kecskeméti Nemzetközi Repülőnap és Haditechnikai Bemutató alkalmával mutatta be a fegyvercsalád prototípusait, amelyekről a védelmi beszerzésekért felelős kormánybiztos és a honvédelmi tárca, valamint a Magyar Honvédség parancsnoka is egyöntetűen elismeréssel szólt. A hazai védelmi ipar egyik deklarált célja, hogy a magyar katona kezébe magyar fegyver kerüljön. [1] [2] [3]

## A GYÁRTÁS ALAPFELTÉTELE A SZAKEMBERKÉPZÉS

A fegyvergyártás és -fejlesztés alapfeltétele a jól képzett szakembergárda. Erre a feladatra nyújt alapot a Diana Fegyvertechnikai Technikum és Kollégium. A csongrádi oktatási intézmény története 1989-re nyúlik vissza, amikor az iskola falai között még – a civil igényeknek megfelelően – vadászpuskaműves képzés működött. [4] A középiskola együttműködő szakmai partnere a Telum Fémipari Kft. volt. A 2000-es évek elejétől, az akkor induló OKJ-s tanfolyamok keretében megkezdődött a szakirányú felnőttképzés, valamint a nappali rendszerű ifjúsági képzés. A piaci igényekkel párhuzamosan szélesedett az oktatott fegyverek palettája is. Az idők során az oktató intézmény jó munkakapcsolat alakított ki az állami fegyveres szervezetekkel, amelynek nyomán megkezdődött a Magyar Honvédség és a Rendőrség igényeinek megfelelő fegyvertechnikai kép-

zés. Annak idején példaértékű közös projektnek számított, hogy az Országos Rendőr-főkapitánysággal (ORFK) kötött együttműködési megállapodás keretében egy teljes BM-állományú iskolai osztály indult, amelynek tagjai számára az iskola az oktatási tematikán belül a Belügyminisztérium fegyverzeti háttérét feldolgozó ismeretanyagot biztosított. (Ez a szakterület több intézmény oktatási portfóliójában is megjelent, sok esetben azonban a képzés minősége rendkívül alacsony volt. Ennek oka a képzés indításához szükséges széles spektrumú haditechnikai eszközrendszer, a fegyverrendszerek, a sorozatlövő fegyverek, valamint a megfelelő tudású szakoktatók és az évtizedeken keresztül kialakított tudásbázis hiánya volt.)

Később, a Honvédelmi Minisztériummal kötött megállapodás eredményeként kialakult az a szabályzórendszer, amelynek nyomán – folyamatos szakmai minisztériumi kontroll mellett – központi, miniszteri engedéllyel elindították a képzést. Magas szakmai színvonalának köszönhetően megerősödött az iskola kiemelt helyzete, ezzel biztosítva a piacon a standard követelményekre épülő szaktudást. Európa-szerte nem példa nélküli ez a fegyverjavítói, fegyvergyártói „monopólium” az oktatás területén, hiszen jellemzően minden európai országban egy oktatási intézmény vállalja a fegyveres testületek tagjainak szakmai képzését. [5]

## FEJLESZTÉS SZAKMAI BÁZISON

A korábban kialakított jó munkakapcsolatra alapozva, a Diana Fegyvertechnikai Technikum és Kollégium felkérésre kapott a kormánytól azon feltételek megvizsgálására, hogy milyen lehetőségek állnak rendelkezésre egy magyar kézi lőfegyvercsalád kialakításának. Ennek a feladatnak a megoldására született meg a Gestamen Kutatás Fejlesztés Zrt., amely alapjaiban az iskola által biztosított szakmai és infrastrukturális háttérre támaszkodik. A szimbiózis nemcsak a közös telephelyeket jelenti, hanem a gyártáshoz, a terve-

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A szerzők célja az innovatív haditechnikai rendszerként fejlesztett Gestamen fegyvercsalád (pisztoly, géppisztoly, gépkarabély, golyószóró, aleggység-támogató fegyver és gránátvető), valamint a magyar tulajdonú védelmiipari cég rövid-, középtávú és stratégiai terveinek bemutatása. A tanulmány kitér a szakoktatás jelentőségére és a Diana Fegyvertechnikai Technikum és Kollégium tevékenységének ismertetésére. A szerzők a négy telephellyel rendelkező cég csongrádi székhelyén tett személyes látogatásuk nyomán, Bozó Gábor vezérigazgatóval folytatott szakmai beszélgetésük alapján készítették el jelen tanulmányukat.

**KULCSSZAVAK:** magyar védelmi ipar, Gestamen, fegyverzettechnika, fegyvergyártás, kézi lőfegyverek

**ABSTRACT:** The authors' aim is to present the Gestamen family of weapons (pistol, submachine gun, machine gun, machine rifle, projectile launcher, the dual-function Mantis, and the grenade launcher), developed as an innovative military technology system, and the short-, medium- and strategic plans of the Hungarian-owned defence company. The paper also covers the importance of vocational training and the activities of the Diana Weapons Technology College and Technical College. The authors have prepared this study following a personal visit to the company's headquarters in Csongrád, it was prepared following their professional discussion with CEO Gábor Bozó.

**KEY WORDS:** Hungarian defence industry, Gestamen, weapons technology, weapons production, hand guns

\* Alezredes, MH Anyagellátó Raktár-bázis, bázisparancsnok, a Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar Katonai Műszaki Doktori Iskolájának doktorandusza. ORCID: 0000-0002-2080-5733

\*\* Órnagy, MH Anyagellátó Raktár-bázis, lőszertervezési alosztályvezető, a Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar Hadtudományi Doktori Iskolájának doktorandusza. ORCID: 0000-0002-9938-9823



zéshez és az oktatáshoz elengedhetetlenül szükséges szakemberállományt is. Az iskola igazgatója és a fejlesztési cég vezérigazgatója Bozó Gábor.

### A GESTAMEN KONSTRUKCIÓS MEGOLDÁSAI

2022 októberéig – a tanulmány készítésének idejéig – az alábbi fegyverek prototípusai készültek el: pisztoly, géppisztoly, gépkarabély, golyószóró, puska, valamint gránátvető. A prototípusokat a cég saját üzemcsarnokában gyártották kézi, hagyományos gépeken, valamint CNC-, és háromdimenziós nyomtató technológiával. A hazai fejlesztésű fegyverek megfelelnek a XXI. századi követelményeknek. Konstrukciójuk nem bonyolult, kezelésük elsajátítása nem igényel komolyabb szaktudást, mindegyik a NATO-ban rendszeresített lőszer tüzelésére alkalmas. Az eszközök tömegének csökkentése érdekében – amely technológiákban erre lehetőség adódott –, a szakemberek műanyagokat, kompozit alkatrészeket, üvegszál erősítésű polimereket alkalmaztak. A kutató-fejlesztő munka során igyekeztek megszemlően figyelembe venni a katonai szempontokat: a fegyverek komfortos, ergonomikus kialakítását, a jobb- és balkezes alkalmazhatóságot, a kisebb működési akadályok egyszerű elháríthatóságát. A fegyverek alkalmasságát a jövőben a Magyar Honvédség csapatpróbáin vizsgálják. A fegyvergyár ígéretet tett arra, hogy a próbákon, teszteken esetlegesen felmerülő hiányosságokat pótolja, illetve az igényeknek megfelelően módosítja a konstrukciókat.

### A GESTAMEN FEGYVEREK MŰKÖDÉSI ELVE [6]

#### PISZTOLY

A kézi lőfegyvercsalád pisztoly tagja a G9HSP típusjelet kapta. (1. ábra) Az eszköz a Magyar Honvédség Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság Lőki-sérleti Vizsgáló Osztályán a NATO haditechnikai vizsgálaton és teszteken levizsgázott, a szakemberek elvégezték a tízezer lövéses próbát, valamint az ún. „nyúzópróbákat” is. Jelenleg 50 darab legyártott pisztolyt a Magyar Honvédség

csapatpróbákon tesztel, amelyek eredménye még hozhat némi módosítást az eszközön. [7]

A pisztoly űrmérete a 9 mm-es, és a 9×19 mm-es Parabellum töltényt tüzel, de fejlesztés alatt állnak a .40 Smith and Wesson és a .45 ACP lőszer tüzelő változatai is. Rendszere rövid csőhátrasiklásos, csőfartomb zárolású. Elsütőszerkezete lehetővé teszi a revolverező lövés leadását (double action). A kezelőszervei biztosítják a jobb- és balkezes használatot is. Érdekesége, hogy elsütőszerkezete választható: lehet kakasos (hammer) vagy ütőszeg típusú (striker). A fegyver moduláris kialakításának köszönhetően az átszerelés az egyik féle elsütőszerkezetről a másikra, kb. fél percet vesz igénybe. Három elemet kell megcserélni az átszerelés során: a zárttestet, a helyretelő rugót és az elsütőblokkot. Ez utóbbi egy mozdulattal kiemelhető modulban tartalmazza az elsütőmechanizmust. Ezt a cserélhető elsütőszerkezetet a Gestamen Zrt. szabadalmi oltalom alá vonta. Tárként a Glock pisztoly műanyag tárat alkalmaznak annak érdekében, hogy kompatibilitást biztosítsanak a Magyar Honvédség Glock hadipisztolyaival. A markolat hátsó, cserélhető panelje háromféle (S, M, L) méretben választható. A huzagolt cső 114,3 mm (4,5 hüvelyk) hosszú, a fegyver hatásos lőtávolsága 50 m, tömege üresen 815 g, a tár befogadóképessége 17 töltény. A pisztoly 207 mm hosszú, 135 mm magas, 38 mm széles. A fejlesztés alatt álló .40 SW kaliberű pisztoly tára 15, a .45 kaliberű 13 lőszer befogadására alkalmas.

#### GÉPPISZTOLY

A Gestamen géppisztoly típusjele G9SMG (submachine gun), standard és rövid változata is létezik. (2. ábra) Ugyanazt a lőszer tüzel, mint a kézfegyver-családdhoz tartozó pisztoly, tehát a 9×19 mm-es Parabellum töltényt. Fejlesztés alatt áll a .40 Smith and Wesson és a .45 ACP lőszer tüzelő változata is. Rendszere reteszletlen, szabadon hátrasikló tömegzárás. Elsütőszerkezete lehetővé teszi egyes és sorozatlövés leadását, kezelőszervei alkalmassá teszik a jobb- és balkezes használatra. Válltámasza teleszkópos és a komfort növelése érdekében néhány alkatrész átszerelésével a behajtási iránya is változtatható. A csőtorkolaton lángrejtővel rendelkezik, a fegyveren elhelyezett

1. ábra. A 9 mm-es G9HSP pisztoly jobb és bal oldali nézetén jól látható a kétkezes kialakítás (Fotó: Gestamen Zrt.)





2. ábra. 9 mm-es G9SMG géppisztoly Picatinny-sínre szerelt diopteris irányzékkal (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Snoj Péter)

négyszeres Picatinny-sín pedig lehetővé teszi a különböző szerelvények, például éjszakai irányzék rögzítését. A fegyver irányzéka diopteris. A géppisztoly tára 30 lőszer befogadására alkalmas, és kompatibilis a pisztolyéval. A standard változat csőhossza 254 mm (10 hüvelyk), a rövid változaté: 203,2 mm (8 hüvelyk). Hatásos lőtávolsága 100 m (a rövid változaté: 80 m), tömege 3,1 kg (a rövid változaté: 2,9 kg). A gyártó tervei között szerepel az egyes alkatrészek átalakításával a fegyver tömegének csökkentése.

### GÉPKARABÉLY

A Gestamen gépkarabély a G224AR (assault rifle – rohampuska) típusjelet viseli; szintén két változatban – standard és rövid – áll rendelkezésre. (3. ábra) Űrmérete 5,56×45 mm-es NATO-szabvány szerinti, de fejlesztés alatt áll a 7,62×39 mm-es orosz, és a 6,8×43 mm-es, amerikai egyesült államokbeli kaliberű löszert tüzelő változat is. Rendszere gázelvételes, forgózáras (hét reteszelő szemölccsel), rövid gázdugattyú hátrasiklásos. Elsütőszervezete lehetővé teszi egyes, és sorozatlövés leadását is. Minden változathoz 30 db lőszer befogadására alkalmas tár tartozik. A válltámasz teleszkópos, mechanizmusa a géppisztolyhoz hasonlóan biztosítja a két oldalra történő becsukás lehetőségét. A gépkarabély is kétkezes kezelőszervekkel rendelkezik. További jellemzője, hogy a gázhengerbe áramló gáz mennyisége szabályozható. A fegyvert diopteris irányzékkal látták el. A standard változat csőhossza 355,6 mm (14 hüvelyk), a rövid változaté 228,6 mm (9 hüvelyk). A fegyver hatásos lőtávolsága 600 m (a rövid változaté: 500 m), tömege 3,1 kg (a rövid változaté: 2,9 kg).

3. ábra. 5,56 mm-es G224SAR gépkarabély (Fotó: Gestamen Zrt.)



4. ábra. 5,56 mm-es G224LMG golyószóró (Fotó: Gestamen Zrt.)

### GOLYÓSZÓRÓ

A kormányzati elvárásoknak megfelelően, a tervezésben-fejlesztésben, majd a kivitelezésben, valamint a tervek szerint később, a sorozatgyártásban is prioritást élvező fegyver a G224LMG (light machine gun) típusjelű golyószóró lesz, (4. ábra) amely szintén standard, valamint rövid változatban készül majd. Ez a fegyver is az 5,56×45 mm-es NATO-lőszeren alapul. Csőve könnyen cserélhető, kezelőszervei kétkezesek, a válltámasz teleszkópos mechanizmusa biztosítja a két oldalra történő becsukás lehetőségét. A fegyvert négy Picatinny-sínnel, csőszájfékkel látták el. Rendszere gázelvételes, forgózáras (hét reteszelő szemölccsel), rövid gázdugattyú hátrasiklásos, gázszabályzóval szerelt. Alkalmas mind egyes, mind sorozatlövés leadására. Alap irányzéka diopteris, de a Picatinny-síneknek köszönhetően szerelhető rá optikai irányzék is. A golyószóró adogatása tárból történik, azonban a szakemberek már dolgoznak a hevederes megoldáson is. A tár befogadóképessége ívtár esetén 60 db lőszer, csigatár esetén 60-100-150 db lőszer, tármérettől függően. A fegyver csövének hosszúsága standard változat esetében 457,2 mm (18 hüvelyk), rövid változat esetében 406,4 mm (16 hüvelyk). Hatásos lőtávolsága 600 m (a rövid változaté: 400 m), tömege 3,6 kg (a rövid változaté: 3,4 kg).

### MANTIS: KETTŐ AZ EGYBEN

Az üzemben kifejlesztettek egy alegység-támogató fegyvert is, amelyet a Magyar Honvédség által meghatározott paramétereknek megfelelően alakítottak ki. Az eszköz a golyószóró és a géppuska hibridjeként határozható meg; fantázianeve Mantis. (5. ábra) Ez a fegyver 5,56 × 45 mm-es és 7,62 × 51 mm-es űrméretű lesz, néhány alkatrész cseréjével – ezek: a cső, a zárfej és az adogatótálca – az egyik méretről átszerelhető a másikra. Kisebb űrméret esetén golyószóró, nagyobb esetén géppuska funkciót tölthet be. Adogatása tárból és hevederből egyaránt történhet. Csőve 500 mm hosszú, négy Picatinny-sínnel rendelkezik. Kezelőszervei kétkezesek, a válltámasz teleszkópos, mechanizmusa biztosítja a két oldalra történő becsukás lehetőségét. Hatásos lőtávolsága 5,56 mm-es űrméretben 400 m, 7,62 mm-es űrméretben 600–800 m. Tömege kb. 5,5 kg. A fegyver hosszú gázdugattyú hátrasiklásos, ék reteszelésű, mint például a DSK géppuska is. (A Mantis prototípus legyártását követően, a Gestamen Kutatás Fejlesztés Zrt.-nél elindult egy új rendszerű golyószóró kifejlesztése, amely minden tekintetben megfelel a módosított harcászati műszaki követelményrendszernek. Az új fegyver egy tár-





5. ábra. A G224LMGV2 Mantis alegység-támogató fegyver (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Snoj Péter)

ból és hevederből egyaránt adogató golyószóró, amely a tervek szerint 2023-ban már gyártásba kerül. Az eszköz részletes bemutatását a Haditechnika folyóirat egy későbbi számában tervezzük. (A szerk.)

### PUSKA

A Gestamen család puskája a G308BR (battle rifle) típusjellet viseli, és a 7,62×51 mm-es NATO-puskalőszeret tüzeli. Rendszere szintén gázelveles, forgózás (hét reteszelt szemölcsessel), rövid gázdugattyú hátrasiklásos, gázszabályzóval szerelt. Kezelőszervei kétkezesek, a válltámasz két oldalra csukható és teleszkópos. Tára 10 lőszer befogására alkalmas, elsütőszerve egy- és sorozatlövés leadását teszi lehetővé. A fegyver 508 és 406,34 mm-es (20 és 16 hüvelyk) csőhosszúsággal készül. Hatásos lőtávolsága 800 m, tömege 3,6 kg (a rövidebb csövű változat tömege 3,3 kg).

### GRÁNÁTVETŐ

A Gestamen gránátvetőjének típusjele G40GL. (6. ábra) Ūrmerete 40×46 mm-es, prototípusa már rendelkezésre áll. Az eszköz önállóan is használható, ebben az esetben válltámasz szerelhető rá, de fegyvercső alá, például a család gépkarabélyára is csatlakoztatható. Alkalmas repesz-, füst-, jelző- és világítógránátok kilövésére. A gránátvető cső-

6. ábra. G40GL gránátvető (Fotó: Gestamen Zrt.)



hosszúsága 304,8 mm (12 hüvelyk), hatásos lőtávolsága 350 m, tömege 1,9 kg.

Jelenleg tervezési fázisban dolgoznak a Gestamen 12/70-es kaliberű gumi-, könnygáz-, villanó- és zártörő löszerek kilövésére alkalmas fegyverén, amely szintén használható önállóan és fegyvercső alá szerelve is. E gránátvető csőhosszúsága 127 mm (5 hüvelyk), hatásos lőtávolsága 50 m, tömege 1 kg.

A Gestamen fegyverek mindegyikére jellemző a magasfokú ergonómiai kialakítás, a lehető legnagyobb komfort biztosítása és a könnyű kezelhetőség. A géppisztoly, a gépkarabély, a puska és a golyószóró fegyvercsaládot alkotnak, elsütőszerveik a családon belül cserélhetők. A fegyverek kisszámú alkatrészből állnak, ezzel minimalizálhatók a meghibásodási lehetőségek, valamint ez a tulajdonság a könnyen kezelhetőség egyik alapja.

### GYÁRTÁSKAPACITÁS ÉS HUMÁN ERŐFORRÁS

A fegyverek prototípusait a 2021-ben megrendezett Nemzetközi Repülőnap és Haditechnikai Bemutatón, valamint több internetes portálon is megismerhették az érdeklődők. A prototípusgyártás a fegyvercsalád minden tagja esetében lezajlott. A Magyar Honvédség parancsnoka által csapatpróba céljára megrendelt 50 darab pisztoly – kiépített gyártósor híján – szintén a prototípusnál alkalmazott előállítási technológiával készült el, azonban már magasabb gyártástechnológizáltsági szinten, mert a szakemberek a markolatok előállításához fröccsszerszámokat terveztek, majd azokat le is gyártották. A Gestamen Zrt. a CNC-megmunkálásokat is sorozatgyártásra optimalizálta, valamint már a fém előgyártmányok is megjelentek a precíziós öntések bevezetésének köszönhetően. Az első példányok bemutatkozását követően különféle kisebb-nagyobb módosításokat hajtottak végre, például megnövelték a szánakasztókart, recézték az elsütőbillentyűt stb. Ezeket a változtatásokat a csapatpróbák tapasztalatainak feldolgozását követően, továbbiak követhetik.

A csapatpróbák befejezése után kerül sor a pisztoly végső kialakítására. A feldolgozott információk, a különféle terheléses tesztek tapasztalatai alapján újra átgondolt, módosított fegyverek gyártástechnológiája válhat kialakíthatóvá. A szakemberek kidolgozhatják a véglegesnek tekinthető eszközök alkatrészeinek gyártási tervét, valamint meghatározhatják a piacról beszerezhető általános alkatrészek (csavarok, rugók stb.) körét. Ez a folyamat természetesen minden fegyvertípus esetében hasonlóan zajlik majd, amint az eszközöket a csapatpróbákhoz szükséges mennyiségben legyártják. A prioritást a megrendelő igényeinek megfelelően állítják fel.

A fő darabok és alkatrészek saját gyártósorról és bérnyártási kapacitással, 3D-s nyomtatással, műanyag és fém fröccsöntéssel (MIM-technológiával – Metal Injection Molding), illetve CNC-megmunkálással, forgácsolással készülnek, de a jó minőségben beszerezhető alkatrészeket célszerűbb megvásárolni, és nem terhelni azokkal a gyártó cég technológiáját. (A 6-os anyacsavar például könnyen beszerezhető a piacon, és hasonló a helyzet a Gestamen pisztoly Glock tárával is.) A magyar fegyverekhez a sorozatgyártás is magyar alapanyagokra, magyar munkaerőre és saját gyártmányú fő alkatrészekre kell, hogy támaszkodjon.

A Gestamen Kutatás Fejlesztés Zrt. nem a gyártásra, hanem az innovációra szakosodott, a cég vezetése azonban rendelkezik termelésre irányuló elképzelésekkel is. Szakembereink képesek elkészíteni a sorozatgyártás technológiai dokumentációját, ám még nyitott kérdés, hogy

célszerű-e erre a célra új üzemegységet létesíteni, vagy inkább a meglévő kapacitásokat kellene igénybe venni. Jelenleg ugyanis Kiskunfélegyházán, az Arzenál Zrt. fegyverösszeszerelő üzemét működtet a HM megrendelésére. A cseh licenc alapján készülő fegyverek alapvetően biztosítják a Magyar Honvédség átfegyverzését, a licenc azonban csak meghatározott időre és darabszámra szól. Ezen szerződés lejáratát követően a kiskunfélegyházi infrastruktúra alapvetően biztosíthatja a későbbiekben a hazai tervezésű és szabadalmaztatott fegyverek gyártását. Jelenleg ez csupán egy elképzelés, egy elgondolkodtató ötlet, mert az objektum rendelkezésre áll. A kiépített biztonsági rendszerek most is garantálják a működés feltételeit, a humán erőforrás is rendelkezésre áll, valamint – nem elhanyagolható tény –, hogy az oktatási központ a régióban jelentős létszámú, jól felkészített állományt tud biztosítani a későbbi termelés átalakításhoz, bővítéséhez. Korábban is a csongrádi Diana biztosította a szakember-utánpótlást, így lehet ez a jövőben is. Kiskunfélegyháza és Csongrád közel vannak egymáshoz, nem a valóságtól elrugaszkodott gondolat tehát, hogy a régióban egy magyar kézi lőfegyver fejlesztő-gyártó hadiipari komplexumot alakítsanak ki, ahol kvázi egy helyen összpontosul a szakember-utánpótlás, a kutatás-fejlesztés, a gyártás és az innováció.

### SAKOKTATÁS ÉS UTÁNPÓTLÁSKÉPZÉS

Az oktatási centrum 2020-tól új képzési rendszerre állt át. Általános iskolai alapokra helyezkedő középiskolai, és azt követő technikai képzési rendszerrel áll a fegyverzeti szakma rendelkezésére. A negyedik év után érettségit, az ötödik év végén – sikeres vizsgatételt követően –, fegyvertechnikai végzettséget ad a tanulóknak. Az intézménybe elsősorban azokat a diákokat várják, akik elhivatottak, és jelentős érdeklődést mutatnak a honvédelem, valamint a fegyveres erők és a testületek iránt. Az oktatói és tanuló környezet kiváló alapot nyújtott arra, hogy az intézmény bekerüljön a kadétprogramba. A honvédségi háttérrel a szentesi MH 37. Rákóczi Ferenc Műszaki Ezred (új elnevezése: MH II. Rákóczi Ferenc 14. Műszaki Ezred) és a szegedi MH Katonai Igazgatási és Központi Nyilvántartó Parancsnokság 12. Hadkiegészítő és Toborzó Irodával kötött együttműködési megállapodás biztosítja, amelynek keretében a honvédelmi ágazati képzést az ezred, és a toborzó iroda állománya biztosítja. A Diana Fegyvertechnikai Technikum minden évfolyamon két osztályt indít, összesen mintegy 60 fős létszámban.

2022 őszén a Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Karán elindult a fegyvertervezői szak, amelynek oktatási tematikájának kidolgozásában és a 7 szemeszteres BSc-képzés általános gépészmérnöki alapozó négy szemeszterét követő 3 szemeszter szakmai képzésében a csongrádi középfokú oktatási intézmény szaktanári kara is részt vesz. [5]

A fegyveres testületekben jelentkező szakemberpótlás lehetősége részben a Dianában végzettségekkel is megoldható. Célszerű a képzésben résztvevők megismertetése a fegyveres szervek munkájával, szakterületeivel, bázisaival. Ennek érdekében az iskola vezetése – együttműködve a Magyar Honvédséggel – az MH fegyverzeti bázisain (Tápiószecső, Táborfalva, Pusztavacs) konkrét fegyverzeti képzések keretében tervezi gyakorlati kihelyezett oktatások megszervezését. További terv, hogy a közép- és felsőfokú szakirányú oktatásba bevonják a Magyar Honvédség tápiószecsői, táborfalvai és pusztavacsi bázisának fegyvertervezési szakembereit is.

### A GYÁRTÁS KÜSZÖBÉN

A külföldi nagy fegyvergyárak gyártási és értékesítési adatai alapján megállapítható, hogy a magasabb darabszámokról szóló tenderek esetében több hónapos, sőt több éves időintervallummal számolnak. A fegyvereknek mindig is volt, jelenleg is van és a jövőben is lesz piaca. A minőségi fegyverek – a piaci helyzetkép szerint – szinte korlátlan számban eladhatók, és azt sem szabad elfelejtenünk, hogy egy magyar fegyvergyárban gyártott magyar fejlesztésű fegyvercsalád a magyar GDP-t növeli, Magyarország exportképességeit erősíti. A hazai fegyvergyártás jelentősen magasabb fedezettartalommal prosperál, mint egy licenc alapján működő bérgyártás; a magyar beszállítói környezetet fejleszti, a magyar kutatás-fejlesztésnek nyújt táptalajt, támogatja a magyar szakképzést, a felsőoktatást és a szakmában elhelyezkedni kívánó fiataloknak nem külföldön, hanem itthon teremt elhelyezkedési lehetőséget. És ami még ezeknél is kiemeltebb prioritást kell, hogy élvezzen, az Magyarország nemzetbiztonsági kitettségének csökkentése annak érdekében, hogy ne függjünk más nemzetek gyártási és értékesítési kapacitásaitól.

A termelés beindulását követően elsőként az állami megrendelések kerülnek kielégítésre, amely már önmagában sem kis mennyiség. Megfelelő marketinggel azonban fegyverek megjelenhetnek a világpiacon is. Ezen a ponton kapcsolódik a termeléshez az oktatás, mert csak jól képzett szakemberekkel lehet sikeres és gazdaságos gyárat üzemeltetni.

*A szerzők ezúton köszönik Bozó Gábornak, a Gestamen Kutatás Fejlesztés Zrt. vezérigazgatójának, a Diana Fegyvertechnikai Technikum és Kollégium igazgatójának a tanulmány elkészítésében nyújtott személyes szakmai segítségét.*

### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Huszák Dániel: Magyar katonának magyar fegyvert! – Megtudtuk, mit tervez a kormány az új fegyvercsaláddal 2021. augusztus 31. <https://www.portfolio.hu/global/20210831/magyar-katonanak-magyar-fegyvert-megtudtuk-mit-tervez-a-kormany-az-uj-fegyvercsaladdal-498356> (Letöltve: 2022.12.2.);
- [2] Kaliberinfo.hu Új magyar lövészfegyver-család: Gestamen Zrt. <http://www.kaliberinfo.hu/hirek/uj-magyar-loveszfegyver-csalad-gestamen-zrt/> (Letöltve: 2022.11.28.);
- [3] Trautmann Balázs: Új magyar lövészfegyvercsalád születik 2021. augusztus 29. <https://honvedelem.hu/hirek/uj-magyar-lofegyvercsalad-szuletik.html> (Letöltve: 2022.12.2.);
- [4] fatudakozo.hu Diana vadász-felnőttképző Alapítvány / Fegyvertechnikai Technikum <http://fatudakozo.hu/cegekatalogus/4920/diana-vadasz-felnottkepzo-alapitvany-fegyvertechnikai-technikum> (Letöltve: 2022.11.12.);
- [5] Diana Fegyvertechnikai Technikum és Kollégium Képzések [https://www.dianaszi.hu/fegyvermuszeszesz\\_szaktechnikus\\_9-13.html](https://www.dianaszi.hu/fegyvermuszeszesz_szaktechnikus_9-13.html) (Letöltve: 2022.11.28.);
- [6] Gestamen Zrt. [https://gestamenarms.hu/?page\\_id=812](https://gestamenarms.hu/?page_id=812) (Letöltve: 2022.11.28.);
- [7] Részletek az új, magyar fegyvercsalád fejlesztéséről 2022. 01. 19 <https://www.jetfly.hu/phirek/9/mindenami-lo/reszletek-az-uj-magyar-fegyvercsalad-fejleszteserol> (Letöltve: 2022.12.2.).

1. ábra. A HungaroControl távoli toronyirányítás munkaterme 2017 decemberében (Fotó: Samu Ádám – AIRportal.hu)

Horváth Gábor\*

# A helyfüggetlen toronyirányítás, mint a reziliens katonai légiforgalmi szolgáltatás eszköze

## TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A légiforgalmi irányítás paradigmaticus szimbóluma a repülőterek fölé magasodó, döntött ablakú és körkörös kilátást biztosító irányítótorony. [1] A közelmúltig minden repülőtéren egy ilyen speciális helyszínről garantálták a földön mozgó, és a repülőtér közvetlen környezetében repülő légi járművek biztonságos, gyors és hatékony áramlását. [2] [3] Az elmúlt húsz évben azonban olyan léptékű előrelépés történt az információs és kommunikációs technológiák (Information and Communication Technologies, ICT) területén, hogy megjelentek a Remote Tower (rTWR) koncepció – a helyszíntől független repülőtéri irányítás – megvalósításához szükséges alkotóelemek. [4] Ezeknek az alkotóelemeknek a létrejöttében alapvető jelentőséggel bír a miniatürizálás folyamata, amelynek köszönhetően nemcsak az adott eszköz fizikai kiterjedése csökken, hanem azzal

arányosan az energiaszükséglete is redukálódik, miközben az előállításuk egyre költségkímélőbbé válik. Ezek a kedvező folyamatok vezettek el odáig, hogy a modern légiforgalmi szolgáltatások biztosításához nincs feltétlenül szükség repülőtéri irányítótoronyokra, hiszen az rTWR-eszköztárával – elsősorban kamerákkal – ez a feladat már a repülőtértől távol eső pontról is ellátható. [5]

Az rTWR-koncepcióra vonatkozó első elképzeléseket 1996-ban vázolták fel. Ennek keretében egy virtuális világban (virtual reality, VR) megálmodott irányítótoronyt mutattak be. [6] Ezt követően a Német Légiközlekedési és Űrutasítási Központban (Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR) alakították ki a kezdeti tesztkörnyezetet, ahol főleg az rTWR gyakorlati megvalósításához szükséges optikai érzékelőtechnológia fejlesztésére koncentráltak. Az akkori kutatásokra nagy befolyást gyakorolt az Amerikai Egyesült Államokban párhuzamosan zajló vizsgálat, amely-

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Az elmúlt húsz évben folytatott kutatások eredményeként egyre több repülőtéren találkozhatunk a helyfüggetlen toronyirányítási rendszer (a továbbiakban: Remote Tower) technológiával, így túlzás nélkül állíthatjuk, hogy mára valósággá vált a helyszíntől független repülőtéri irányító szolgáltatások biztosítása. A technológiában rejlt potenciál azonban nemcsak a polgári, hanem a katonai légiforgalmi szolgáltatások konvencionális működési rendjét is átalakíthatja. A szerző, az alábbi tanulmány keretében az utóbbi alkalmazási terület reziliens<sup>1</sup> aspektusát mutatja be.

**KULCSSZAVAK:** légiforgalmi irányítás, távoli toronyirányítás, helyszíntől független toronyirányítás

**ABSTRACT:** As a result of research carried out over the past twenty years, Remote Tower technology can be found in more and more airports nowadays, so it is no exaggeration to state that the provision of location-independent tower control services has now become a reality. However, the potential derived from this technology can transform not only the civilian air traffic services but also the military, and the resilient aspect of the military field of application is presented in the framework of this article.

**KEY WORDS:** air traffic control, remote tower control, location-independent tower control

\* Százados (MSc), HM Állami Légügyi Főosztály, főtiszt. ORCID: 0000-0002-2939-1426



2. ábra. A légiforgalmi irányítás elképzelt jövője 1996-ban [11]

nek keretében a légiforgalmi irányítás automatizálásával összefüggő kérdésekre keresték a válaszokat. [7] A kutatásra fordított munka eredményesnek bizonyult, mert 2002-ben a „Visionary Projects” verseny keretében a DLR kutatói tekintélyes pénzüsszeget nyertek, amelynek segítségével biztosították az rTWR-konceptió vizsgálatának további finanszírozását. [8] Attól kezdve a hangsúly a VR-technológia implementációjára<sup>2</sup> helyeződött, amelynek keretében a DLR kutatócsapata a fejre szerelhető sztereoszkópikus kijelzőktől (head-mounted stereoscopic display, HMD) kezdve, a három dimenzióban leképezett VR-mozgóképek előállításán keresztül, a kiterjesztett valóság (AR – augmented reality) kérdésköréig szinte mindennel foglalkozott. [9][10]

A kutatási erőfeszítések ellenére a valódi előrelépés egy pragmatikus igény megfogalmazásának köszönhető, mivel a diszkont légitársaságok<sup>3</sup> elterjedésével sok alacsony forgalmú repülőtéren megnöttek a forgalmi mutatók, így a magas költségigénnyel<sup>4</sup> rendelkező légiforgalmi irányító szolgáltatást egyre több repülőtéren kellett biztosítani. [4] Ez a folyamat vezetett el odáig, hogy – a VR-megvalósítások háttérbe szorulásával – napjainkban az rTWR-konceptió fókuszja a kis- és közepes forgalmú repülőterek költségvetési racionalizációjára helyeződött át, amelyek esetében a konvencionális megoldásoknál költséghatékonyabb eszközöktől várják a jövedelmezőségi mutatók javulását. [12] A páneurópai méreteket öltő rTWR-kérdéskört ezt követően az Egységes Európai Égbolt keretében zajló ATM-kutatások<sup>5</sup> (Single European Sky ATM Research – SESAR) – elsősorban a PJ05 projekt során elért eredmények – határozták meg. [13] A PJ05 fókuszában az állt, hogy alakítsanak ki egy olyan távoli irányító munkaállomást (Remote Controller Working Position, rTWR CWP), amelynek segítségével az operatív állomány egynél több repülőteret is képes lesz majd kezelni. [15] Ennél a pontnál meg kell jegyezni, hogy az előbb említett projekt (PJ05) jelentős magyar közreműködői csoportokkal rendelkezik, amelyekben számos nemzetközi szereplő és a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt. (HC Zrt., 1. ábra) mellett – katonai légiforgalmi szakértőkkel, valamint a Magyar Honvédség Pápa Bázisrepülőtér (MH PBRT)<sup>6</sup> teszthelyszíneként történő felajánlásával – a honvédelmi tárca is részt vett. [14]

A katonai teszthelyszínnel összefüggésben fontos hangsúlyozni, hogy a honvédelmi tárca vizsgálatának célja a tapasztalatserzés volt, nem a nevezett repülőtér konvencionális repülőtéri irányítói szolgáltatásának helyfüggetlenítése. Ezzel párhuzamosan az rTWR-technológia katonai alkalmazhatóságának értékelésére is sor került, amely – figyelembe véve a NATO vonatkozó állásfoglalását – kiterjedt a béke-, és a minősített időszakban a hazai,



3. ábra. Egy rTWR-kamera-konfiguráció a pápai MH 47. Bázisrepülőtéren (A szerző felvétele)

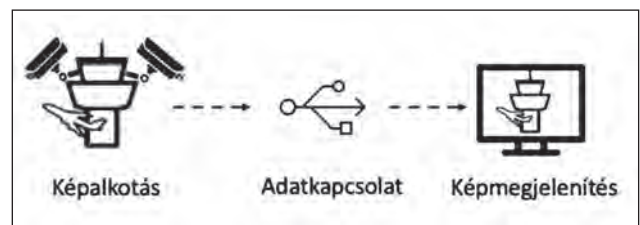
valamint a műveleti körülmények közötti vizsgálatra, különös tekintettel a biztonsággal, a védelemmel és a szabályozással összefüggő további igényekre. [16] A történeti áttekintés zárásaként kell számot adni a norvég léginavigációs szolgáltató (Avinor Aviation) által közel-múltban megnyitott Távoli Toronyirányító Központról, amely jelen sorok írásakor Bodø centrummal összesen 15 kis- és közepes forgalmú repülőtér légiforgalmi szolgáltatási igényét elégíti ki. [17]

### ELVI FELÉPÍTÉS

A történeti áttekintés alapján jól látható, hogy a konvencionális irányítótorony és az rTWR közötti alapvető eltérést a vizuális megfigyelés végrehajtásának módja szolgáltatja. A hagyományos eljárásrend szerint a megfigyelést az irányító a repülőtéren található toronyból szabad szemmel végzi, azonban az rTWR-környezet kialakítása során elengedhetetlen az illetékességi körzet digitális képkalkotó eszközök történő leképezése. Ezek a digitális képkalkotó eszközök az adott repülőtéren telepített olyan kamerák, amelyek – elsősorban, de nem kizárólagosan – az elektromágneses spektrum szabad szemmel látható tartományában működnek. [18] A kamerák segítségével előállított mozgókép a repülőtértől távol eső helyszínen elhelyezett folyadékkristályos kijelző jeleníti meg, a két lokáció közötti kommunikációról alapvetően vezetékes adatkapcsolat gondoskodik, ezek egyszerűsített viszonyrendszerét az 4. ábra szemlélteti.

Az egyszerűsített elgondolás alapján kiépítendő konfigurációk repülőterenként eltérők lehetnek, de a könnyebb vizualizáció érdekében egy látványos példán keresztül bemutatom a rendszer felépítését. Ezt a példát a már említett MH PBRT szolgáltatja, ahol összesen nyolc, fix állásszöggel rendelkező és egy PTZ- (pan-tilt-zoom – forgatható-dönthető-nagyítható) kamera kapott helyet. A fix állásszögű kamerák horizontálisan ~210, vertikálisan ~70°-os látó-

4. ábra. Az rTWR-konceptió egyszerűsített elvi felépítése (A szerző szerkesztése)



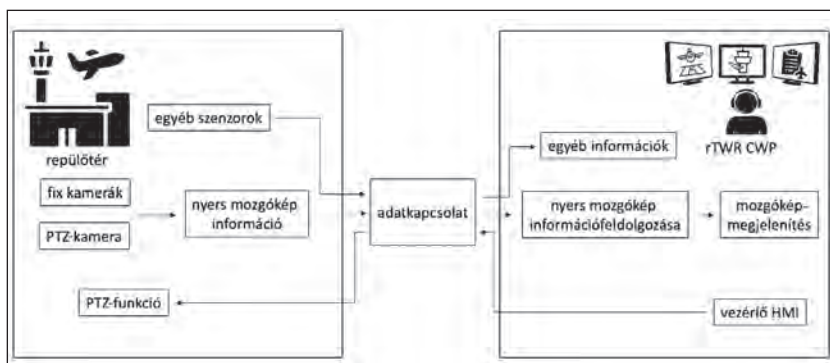


5. ábra. A PJ05 keretében, teszthelyszínen működő távoli irányító munkaállomás (rTWR CWP) (A szerző felvétele)

mezőt szolgáltatott, miközben a PTZ-kamera a pontosabb célkövetést biztosítja. Tekintettel a projekt limitált költségvetésére, a lokációk közötti adatkapcsolatokat vezeték nélküli hálózat gondoskodott, a mozgókép-megjelenítést is magába foglaló – és több repülőtér forgalmának kezelésére képes – rTWR CWP-t a HC Zrt. budapesti székhelyén építették ki.

Az 5. ábrán látható rTWR CWP azonban nemcsak a mozgókép-megjelenítést foglalja magába, hanem az operátor előtt található döntött kijelzőkön a repülési tervadatok kezelésétől kezdve, a fénytechnikai berendezések működtetésén keresztül, egészen a radarinformációk vizualizálásával bezárólag további számos, a légiforgalmi irányítás biztosításához elengedhetetlen funkciót is integrál. [19] Mindezek alapján az rTWR-konceptió elvi felépítését a 6. ábra szemlélteti.

6. ábra. Az rTWR-konceptió elvi felépítése (A szerző szerkesztése)



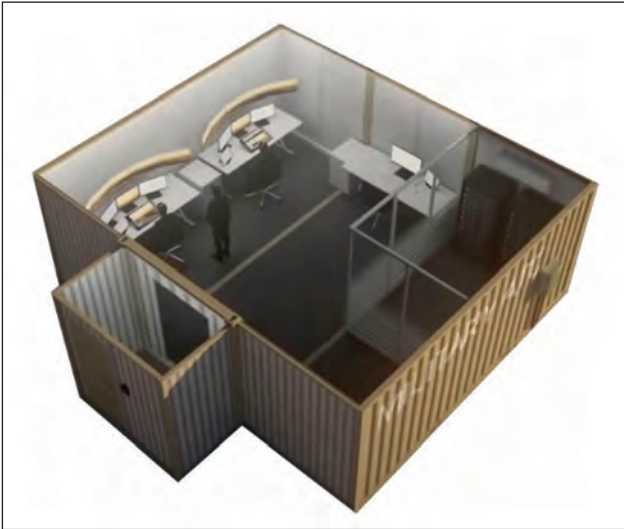
Az elvi felépítés visszatükrözi a PJ05 projekt eredményeit, az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (European Union Aviation Safety Agency – EASA) vonatkozó ajánlásait, továbbá a Polgári Léginavigációs Szolgáltatók Szervezetének (Civil Air Navigation Services Organization – CANSO) rTWR rendszerekre vonatkozó útmutatását. [20][21]

### KATONAI ALKALMAZHATÓSÁG

A remote, vagyis távoli elérésű technológiai megoldásokat már hosszú évtizedek óta alkalmaznak katonai célokra, és ezek egyik legismertebb példájaként tartjuk számon a pilóta nélküli légi járműveket (Unmanned Aerial Vehicle – UAV). [22] Ezt a gondolatot alapul véve az rTWR-konceptióval összefüggésben kiadott első NATO-állásfoglalás is hangsúlyozta a technológiában rejlő katonai

potenciál értékelésének fontosságát, amelyben már – a jelenlegi polgári alkalmazási módokon túlmutatva – megemlíti a telepíthetőség vizsgálatát. [16] Vagyis a katonai alkalmazhatóság vizsgálata során meg kell különböztetnünk a stacioner és a telepíthető rTWR-megoldásokat. Az előbbi példa az adott repülőbázist és a kapcsolódó rTWR-központot is jó eséllyel hazai környezetbe helyezi, ahonnan a béke-, és a békétől eltérő időszakban biztosítják az általános és a speciális – főként katonai – légiforgalmi igények kiszolgálását. [23] Ennek előnye, hogy a szolgáltatás biz-





7. ábra. Szabványkonténerben kialakított rTWR CWP [24]

tosításához szükséges infrastruktúra rendelkezésre állása jó, a redundancia viszonylag könnyen biztosítható, de ebben a környezetben a rendszernek részben vagy egészben meg kell felelnie a polgári szabályozóknak is. Itt érdemes visszautalni a történeti áttekintés bevezető mondatára, amely szerint a légiforgalmi irányítás paradigmátikus szimbóluma a repülőterek fölé magasodó, döntött ablakú és körkörös kilátást biztosító irányítótorny. Amíg ez az irányítótorny békeidőben egy tisztelet parancsoló épület, addig békétől eltérő időszakban egy nagy értékkel bíró, könnyen beazonosítható, nehezen védhető és funkcióját tekintve nem redundáns célpont. Ezeknek a tulajdonságoknak a következménye, hogy egy átlagos repülőtéren található konvencionális irányítótorny kiiktatásával garantálni lehet, hogy megszűnik az adott körzetben a légiforgalmi szolgáltatás biztosítása is. Ezzel szemben egy jól kiépített rTWR-konfiguráció több kisebb, nehezebben beazonosítható, könnyebben védhető, és funkcióját tekintve redundáns célpontot jelent a támadók számára, és ezek együttes hatásának eredményeként érdemben növekszik az adott repülőbázis, valamint az annak vonatkozásában biztosított légiforgalmi szolgáltatás rugalmas ellenálló képessége (rezilienciája).

Ebből következik, hogy a telepíthető rTWR-konceptiót hangsúlyozó példa elsősorban műveleti környezetben értelmezhető, vagyis olyan esetekben, amikor a légiforgalmi szolgáltatást elfoglalt repülőbázisokról, esetleg egyéb célrendeltetésű leszállóhelyről biztosítják. Ebben a környezetben – az ellenséges tevékenység mellett – a rendelkezésre álló infrastruktúra kvalitatív és kvantitatív mutatói jelentik majd a legnagyobb kihívást, de ettől függetlenül az rTWR-technológia alkalmazása kulcsfontosságú eszköze lehet a műveleti területen nyújtott légiforgalmi szolgáltatások rezilienciájának, egyben az erők megóvásának, mivel a katonai légiforgalmi irányítók a fenyegetés alatt álló régióban található repülőterétől távolabb, védett és/vagy biztonságos létesítményből láthatják el szolgálati feladataikat.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A technológiai alapokon nyugvó negyedik ipari forradalom nemcsak a társadalom, de a nagyvállalatok, sőt egész ágazatok működését átalakítja, és ez a trend már jelenleg is tetten érhető a légiközlekedési iparágban. [25] Ennek

egyik eklatáns példája az UAV-k ellenőrzött légtérbe történő integrációjának kérdése, amely a nevezett technológia kereskedelmi forgalomban történő elterjedésének köszönhetően különös aktualitással bír a szigorú szabályokhoz kötött és töredezett (fragmentált) európai légtérstruktúrában. [26] Emellett a polgári rTWR-konceptió gyakorlati térhódítása elsősorban a légiközlekedési rendszer háttér-elemeit alakítja majd át, és ez a változás a felhasználói oldalon (légijármű személyzete és az utasok) inkább közvetett hatást fog eredményezni. Ezzel szemben – főleg a telepíthető – katonai rTWR-konceptió megvalósulása esetén könnyebb közvetlen hatásokat prognosztizálni, hiszen ez a technológia jelentősen hozzájárulhat az erőforrások gyors és hatékony elosztásához, az operatív szintű döntéshozatali ciklusok redukálásához, egyben a műveletek szempontjából döntőnek számító időfaktor optimális kihasználásához. [27] Ennek a gondolatnak a kiegészítéseként érdemes hangsúlyozni, hogy technológiai értelemben a telepíthető rTWR kapcsán a legfontosabb kérdéskör az adatátvitel területén merül fel, mivel ebben a környezetben eléggé korlátozott sávszélesség áll rendelkezésre, és ez alapvetően befolyásolja a viszonylag nagy méretű mozgóképek – alacsony késleltetésű (low latency) – továbbításának igényét. További kiemelt szempont az eszköz kibervédelmének biztosítása és a NATO hálózatalapú képességrendszerébe történő integrálása. Ezen túlmenően fontos hangsúlyozni, hogy a katonai légiforgalmi szolgáltatás több szempontból is kritikus fontossággal bír, hiszen annak teljes, vagy részleges kiesése azonnali és közvetlen hatást gyakorol a műveletek logisztikai és harctámogatására [28], így ezen a téren törekedni kell a reziliencia növelésére. Ebben lehet döntő szerepe az rTWR-elgondolásnak, hiszen a korábbi évtizedek lehetőségeihez képest a modern ICT-megoldások határfoka nagyságrendekkel jobb, így a technológiai implementáció nemcsak a kis- és közepes forgalmú, nehezen elérhető repülőterek esetében, hanem – a műveleti alkalmazásra vonatkozó koncepcionális víziók felvázolását, értékelését, majd sorba rendezését követően – a katonai és a védelmi célok elérése érdekében is megtérülő beruházás lehet.

„Jelen tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”



## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Palik Mátyás (szerk.). *A repülésirányítás alapjai*, Budapest: Dialóg Campus, 2018.;
- [2] *Az állami repülések céljára kijelölt légtérben végrehajtott repülések szabályairól szóló 3/2006. (II. 2.) HM rendelet*, (Letöltve: 2022.3.10.) <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600003.hm>;
- [3] *A légiforgalmi szolgálatok ellátásának és eljárásainak szabályairól szóló 57/2016. (XII. 22.) NFM rendelet*, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600057.nfm> (Letöltve: 2021.11.10.);
- [4] Fürstenau Norbert. *Virtual and remote control tower: research, design, development and validation*. New York, Springer Berlin Heidelberg, 2016.;



- [5] Stephen Van Beek. „Remote Towers: A Better Future for America’s Small Airports”. Reason Foundation, 2017 [https://reason.org/wp-content/uploads/2017/07/air\\_traffic\\_control\\_remote\\_towers-1.pdf](https://reason.org/wp-content/uploads/2017/07/air_traffic_control_remote_towers-1.pdf) (Letöltve: 2021.11.13.);
- [6] Kearney Peter és Li Wen-Chin. „Multiple remote tower for Single European Sky: The evolution from initial operational concept to regulatory approved implementation”, *Transp. Res. Part Policy Pract.*, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.06.005>;
- [7] Wickens Christopher. *The Future of Air Traffic Control: Human Operators and Automation*. Washington, D.C.: National Academies Press, 1998, DOI: <https://doi.org/10.17226/6018>;
- [8] Fürstenau Norbert. „Completed projects: ViTo (Virtual Tower)”. [https://www.dlr.de/fl/en/desktopdefault.aspx/tabid-1150/1741\\_read-3120/](https://www.dlr.de/fl/en/desktopdefault.aspx/tabid-1150/1741_read-3120/) (Letöltve: 2022. 10. 14.);
- [9] Reisman Roland J. és Brown David M. „Design of Augmented Reality Tools for Air Traffic Control Towers”, *Am. Inst. Aeronaut. Astronaut.*, 2006 [https://aviationsystems.arc.nasa.gov/publications/more/other/reisman\\_09\\_06.pdf](https://aviationsystems.arc.nasa.gov/publications/more/other/reisman_09_06.pdf) (Letöltve: 2022.2.15.);
- [10] Tavanti Monica. „Augmented reality for tower: using scenarios for describing tower activities”, in *2007 IEEE/AIAA 26th Digital Avionics Systems Conference*, Dallas, TX, USA, 2007, <https://doi.org/10.1109/DASC.2007.4391928>;
- [11] Peter Menzel. „Virtual Reality: Futuristic Air Traffic Control (1996)” (Letöltve: 2022.10.5.) <https://sciencephotogallery.com/featured/virtual-reality-futuristic-air-traffic-control-peter-menzel-science-photo-library.html>;
- [12] Zsóka Viktor. „A toronyirányítás jövője – avagy a mirTWR-ről közérthetőbben”, *HungaroControl*, 2021, (Letöltve: 2022.5.11.) <https://blog.hungarocontrol.hu/cikk/a-toronyiranyitas-jovoje-avagy-a-mirtwr-rol-kozerthetobben/>;
- [13] „PJ05 - Remote Tower for Multiple Airports – Research and Innovation actions SESAR.IR-VLD. Wave1”, SESAR, 2019.;
- [14] Dudás Dezső, Somosi Vilmos, és Rohács Dániel. „A Remote Tower technológia polgári és katonai alkalmazási lehetőségei”, *Repüléstudományi Közlemények*, XXIX. évf. 1. szám, pp. 205–217., 2017, [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017\\_1/2017-1-Repulestudomanyi\\_kozlemenyek.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_1/2017-1-Repulestudomanyi_kozlemenyek.pdf) (Letöltve: 2021.12.7.);
- [15] „Final Project Report of PJ05 Remote Tower D1.2”. SESAR Joint Undertaking, 2019. [https://www.remote-tower.eu/wp/wp-content/uploads/2022/02/D1.2\\_Final-Project-Report\\_PJ05\\_V1.0.pdf](https://www.remote-tower.eu/wp/wp-content/uploads/2022/02/D1.2_Final-Project-Report_PJ05_V1.0.pdf) (Letöltve: 2022.4.3.);
- [16] „Initial Position on Remote Tower Services (RTS) concept AC/92WP- (2015) 0001”. NATO, 2015;
- [17] AVINOR, „World’s biggest digital tower centre opens in Norway”, *atc-network.com*, <https://www.atc-network.com/atc-news/avinor-norway/worlds-biggest-digital-tower-centre-opens-in-norway> (Letöltve: 2022.3.18.);
- [18] Setét Alexandra Krisztina. „A távoli toronyirányítás (REMOTE TOWER) koncepciója, katonai felhasználási lehetőségei és repülésbiztonsági szempontból való vizsgálata”, NKE ITDK, 2018. [http://www.repulestudomany.hu/tdk/2017\\_Setet\\_Alexandra\\_Krisztina\\_TDK.pdf](http://www.repulestudomany.hu/tdk/2017_Setet_Alexandra_Krisztina_TDK.pdf) (Letöltve: 2021.12.7.);
- [19] Yongli Zhang, Zhengning Yu, és Liang Zeng. „Analysis of Remote Tower System”, in *2020 IEEE 2nd International Conference on Civil Aviation Safety and Information Technology ICCASIT*, Weihai, China, 2020, pp. 128–133, <https://doi.org/10.1109/ICCASIT50869.2020.9368521>;
- [20] „Guidance Material on the implementation of the remote tower concept for single mode of operation”, European Aviation Safety Agency, 2015 (Letöltve: 2022.3.16.) <https://www.easa.europa.eu/downloads/18782/en/>;
- [21] „CANSO Guidance Material for Remote and Digital Towers”. CANSO, 2021, <https://canso.fra1.digitaloceanspaces.com/uploads/2020/12/CANSO-SDT-Remote-Tower-Guidance.pdf> (Letöltve: 2022.9.21.);
- [22] Palik Mátyás, Rohács József. „UAV, UAS, RPA, drón, robotrepülőgép – új technológiák alkalmazása (I. rész)”, *Haditechnika*, LVII. évf. 5. szám (2022): 19–24. <https://doi.org/10.23713/HT.56.5.04>;
- [23] „Whitepaper: Remote Virtual Tower for military use cases”. Frequentis (Letöltve: 2022.2.21.) [https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2019-02/Frequentis\\_RVT\\_WP\\_190219a.pdf](https://www.frequentis.com/sites/default/files/support/2019-02/Frequentis_RVT_WP_190219a.pdf);
- [24] „Frequentis Deployable Remote Tower” <https://www.youtube.com/watch?v=OtrVB7PmdF4> (Letöltve: 2022.10.15.);
- [25] „Fundamental Review of EUROCONTROL Agency’s Activities & Strategic Plan 2021-2030”, Deloitte, 2021, [https://u4unity.eu/document3/EUROCONTROL\\_fundamental\\_review\\_report\\_final.pdf](https://u4unity.eu/document3/EUROCONTROL_fundamental_review_report_final.pdf) (Letöltve: 2022.10.11.);
- [26] Palik Mátyás (szerk.). *Légiközlekedés-biztonsági kutatások*, Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2021, [http://ginop.szrf.hu/doc-pdf/GINOP\\_Legikozl\\_Bizt\\_Kutatasok.pdf](http://ginop.szrf.hu/doc-pdf/GINOP_Legikozl_Bizt_Kutatasok.pdf) (Letöltve: 2022.11.1.);
- [27] Vas Tímea. „A Magyar Honvédség mobil légiforgalom szervezési komponens kialakításának és alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata”, Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Budapest, 2019 [https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12878/vas\\_timea\\_doktori\\_ertekezes\\_2019.pdf?sequence=11](https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/12878/vas_timea_doktori_ertekezes_2019.pdf?sequence=11) (Letöltve: 2021.10.26.);
- [28] Siobhan Gorman. „Computer Spies Breach Fighter-Jet Project”, *The Wall Street Journal*, 2009, <https://www.wsj.com/articles/SB124027491029837401> (Letöltve: 2022. 10.10.).

## JEGYZETEK

- 1 Reziliens – rugalmas ellenálló képesség.
- 2 Implementáció – a számítástechnikában egy technikai specifikáció vagy algoritmus program; programkomponens vagy más módon történő megvalósulása.
- 3 A diszkont légitársaság (népszerű nevén fapados légitársaság) az olyan légitársaság elnevezése amely a 20. század vége óta a légitársaságok közötti nemzetközi áversenyben az átlagosnál olcsóbb járataival vesz részt. Az alacsonyabb ár rendszerint alacsonyabb kényelmi szolgáltatással jár.
- 4 Érdemes megjegyezni, hogy a légiforgalmi irányítási költségek – az Európai Unió vonatkozó jogszabályainak megfelelően, definiált szolgáltatási díjszámításban – fordított arányban állnak a kezelt légi járművek számával, így a kisebb légiforgalom arányaiban magasabb szolgáltatási díjakat eredményez (ezt az összeget befolyásolja még az igényelt szolgáltatás szintje is: repüléstájékoztató / légiforgalmi irányítás).
- 5 ATM: air traffic management – légiforgalom-szervezés.
- 6 Az alakulat új megnevezése 2023. január 1-től: MH 47. Bázisrepülő-tér (MH 47. bá. reptér).



3. ábra. Útjelzőtáblák a frontvonalban (Fotó: Fortepan / Mohai család / 257280)

Somkutas Róbert\*

## A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége II. rész

### A Prut folyótól a Dnyeszterig (1941. 07. 09.)

**1** 941 nyarán – az ún. Barbarossa hadművelet keretében – a német alárendeltségbe került magyar királyi I. gyorshadtest két (páncélozott) felderítő-zászlóalja részt vett a Szovjetunió elleni hadműveletben. A tanulmányorozat első részében a szerző ismertette a német hadtestek elhelyezkedését, és a magyar Kárpát-csoport tevékenységét. A második rész a gyorshadtesthez rendelt hadfelszerelés egyes elemei és logisztikai ellátása mellett, a katonákat és a technikát is próbára tévő mostoha időjárási viszonyok között történt keletre vonulás mozzanatait részletezi.

A Szovjetunió elleni háború megkezdése előtt a korábbi (Huba-I) haderőfejlesztési program<sup>4</sup> – a mennyiségi fejlesztés időszaka – lezárult, és már a minőségi fejlesztés került előtérbe. [8; 211–212. o.] Az akkor megkezdett Huba-II. programmal<sup>5</sup> a Magyar Királyi Honvédségnél jelentős fejlesztések és szervezeti változások történtek, amelyek a gyorshadtestet is érintették.<sup>6</sup>

A két gépkocsizó dandár a 9. és a 11. kerékpáros zászlóalj bázisán – a felderítő-zászlóaljtól átadott Toldi könnyű harcokcsialegységekből – megalakították a két harcokcsizászlóaljat. Azonban a rendelkezésre álló harc-



4. ábra. A magyar 9. kerékpáros (harckocsi-) zászlóalj 1. harcokcsizászlóaljának álcázott Toldi könnyű harcokcsija (Forrás: HTM, 91443)

kocsimennyiségből csak két harcokcsizászlóaljat tudtak feltölteni a (most már harckocsi-) zászlóaljaknál. Az új páncélos kötelékek számára 1941. június 22–25. között

\* Nyá. alezredes. ORCID 0000-0002-3746-9588

– összekovácsolásuk érdekében – harcászati gyakorlatokat vezettek le a meglévő századaikkal. [9; 7. o.] A harmadik századot már csak a folyó hadműveletek ideje alatt tudták felállítani és felszerelni a gyártótól beérkezett technikával, és csak azt követően szállították ki a frontra a csapatostestjeikhez.

Az Ansaldo típusú kisharcokocsikat a 13., a 14. és a VI., valamint a VIII. kerékpáros zászlóaljak kisharcokocsi-századai kapták meg. [9; 7. o.]

A felderítő-zászlóaljaknál, feladataik sikeres végrehajtása érdekében 16 darab 39M Csaba páncélgépkocsi állt rendelkezésre. A hadműveletek idején, a megnövelt számú legyártott harcokocsiból a felderítő-zászlóaljak is kaptak (újra) Toldi harcokocsikat. A harcokocsikért „cserébe” a felderítők megkapták a korábbi kerékpáros zászlóaljak páncéltörő ágyús szakaszait.

Növelték a katonai terepjáró gépjárművek és a Botond szállító járművek számát is. A hadműveleti területre történő elvonulás során a hadtest további megerősítéseket is kapott.

A tüzérparancsnokság alárendeltségébe tartozott a hadtestközvetlen I. gyors tüzérosztály. Megerősítésül megkapta a V. tüzérezredet és a VIII. tüzérosztályt. Később a hazatért alakulatok gépvontatású ütegei a fronton maradtak, és alárendeltségükbe kerültek.

A gyorshadtest „logisztikai biztosításáért” – a személyi, az egészségügyi, az anyagi és technikai ellátásért, az után- és hátraszállítási feladatok, illetve ezen útvonalak állapotának biztosításáért – a hadtest-/dandárvonat felelt.

A vonatparancsnokság(ok) alárendeltségébe tartozott:

- négy egészségügyi oszlop (két tábori kórház, egy betegellátó állomás és egy egészségügyi szeroszlop),
- a személyirányító állomás,
- tehergépkocsi-oszlop,
- tehergépkocsi szeroszlop,
- híradó szeroszlop,
- hadihídalap (3 készlet)
- egy útkarbantartó század és
- egy légvédelmi üteg. [9; 8. o.]

A hadtest csapatainak fő fegyverzeti és technikai eszközeinek darabszámát a 2. táblázat tartalmazza.

## A GYORSHADTEST ÁTALÁRENDELÉSE A NÉMET DÉL HADSEREGCSOPORTNAK

1941. július 9-én 0 órától a magyar királyi I. gyorshadtest a német Dél Hadseregcsoporthoz alárendeltségébe lépett. Parancsnoka, von Rundstedt tábornagy engedélyezte és megparancsolta a gyorshadtestnek, hogy felderítőerőivel folytassa a visszavonuló szovjet erők követését.

A gyorshadtest csapatainak helyzetét a Kárpát-csoport – amely akkor már 100 kilométerre eltávolodott a határtól [10; 114. o.] – helyzetjelentésében az alábbiak szerint rögzítette.<sup>7</sup>

## A GYORSHADTEST ÉS ALÁRENDELTEI HELYZETE

A 2. gépkocsizó dandár – amely addig a hadtest első lépcsője volt – az alkalmazott felderítő-osztagával 07. 08-án átkelt a Szeret (*Seret*) folyón, és megkezdte a Zbrucz (*Zbrucz*) folyó előterének a felderítését. [10; 110. o.]

A dandár zömét képező három zászlóalj (az 5., a 6. gépkocsizó és a 11. harcokocsizászlóalj) feladata a Borscsov (*Borszczow*), Korolovka (*Korolowka*) területére, míg a 4. zászlóaljának Zalescsikiből (*Zaleszczyki*), a Dnyeszter (*Dniestr*) folyó mentén Szinkov (*Sinkow*) területére történő kiérkezés volt. A dandár többi része kora délután átkelt a Zalescsikitől mintegy 25 kilométerre északra Mihalcénél (*Michalcze*) épített hadihídon, és folytatta a Zbrucz folyóra történő felzárkózását. [10; 112. o.]

Az 1. gépkocsizó dandár Nyizviszka (*Niezwiszka*) és Obertin (*Obertyn*) területéről, Horogyenka (*Horodenka*) helységen át, a mihalcei hadihídon keresztül folytatta az előre vonását Tluszte-Mjaszto (*Tluste Miasto*) Jagyelnyica (*Jagielnica*) területére. [10; 112. o.]

Az 1. felderítő-zászlóalj még július 6-án felvette az összeköttetést a jobb szárny német 11. hadsereg alárendeltségébe tartozó román csapatokkal. [10; 112. o.]

A Prut völgyében menetelő 1. lovasdandár az élen haladó 1. páncélos zászlóaljával elérte Vidinov (*Widynow*) Zablotov (*Zablotow*) térségét, a kerékpáros részeivel pedig Szoroki (*Soroki*) területét. A korabeli jelentés szerint, a

**2. táblázat. A gyorshadtest alárendelt csapatainak főbb fegyverzete és technikai eszközei**

Alakulat	Go-lyó-szóró	Gép-pus-ka	Nehéz-puska	Akna-vető	Pán-cél-törő löveg	Légvé-delmi tüzér löveg	Tábori tüzér-löveg	Páncél-gépkocsi „Csaba”	Kisharc-kocsi „Ansaldo”	Könnyű harcokocsi „Toldi”	Va-dász-repülő	Bom-bázó repülő	Közel-fel-de-rítő repülő
1. gépkocsizó dandár	182	60	14	6	24	12	24	16	6	46			
2. gépkocsizó dandár	182	60	14	6	24	12	24	16	6	46			
1. lovasdandár	72	36	12		24	12	32	16	54				
Hadtest-közvetlen kerékpáros zászlóaljak	72	12	12		8		8		12				
Tüzér parancsnokság						24	12						
Repülő-parancsnokság											24	12	32
Összesen (db)	508	168	52	12	80	60	100	48	78	92	24	12	32

Megjegyzés: A táblázatban feltüntetett adatok csak tájékoztató jellegűek, mert a hadműveletek során többször is átszervezéseket hajtottak végre, és gyakoriak voltak a változások, valamint a harcok során elszennvedett veszteségek pótlása is ingadozott. [9; 9. o.]

4. huszárezred beérkezése – a Jamna (*Jamna*) községnél feltorlódott oszlopok miatt – csak éjféltre volt várható a Szadzavka (*Sadzawka*), Lancsin (*Lancyn*) területére.

A Kőrösmező – Gyelatyin (*Delatyn*) közötti, a szovjet csapatok által romboló útszakaszt a kétnapos eső annyira megrongálta, hogy a lerobbantott áthidaló hidak kiterőinél az átkelés egyre nehezebbé vált. Ebben a kritikus helyzetben javulást csak július 12-e után várhattak, amikor – a terveik szerint – a lerobbolt és sérült hidak többségének helyreállításával el kellett készülniük. [10; 112. o.]

A seregtest zöme, a Kárpátokból való kiérkezés után – továbbra is zuhogó esőben – folytatta a begyülekezését a kamenyec-podolszki (*Kameniec Podolski*) és attól északra fekvő területekre. [11; 87. o.] Az időközben kitört hatalmas vihar során lezúdult eső felduzzasztotta a patakokat, és a hömpölygő ár szétszakította és elvitte a gyorsadtest Magyarország felé vezető után- és hátraszállítási útvonalán a jarecenyicei szükséghidat is. Ezért a szállítás több napon keresztül szünetelt, előre jelezve a hadműveleti tevékenység várható logisztikai nehézségeit, különösen a hosszúra nyúlt utanszállítások korlátozott lehetőségeit. Elvileg csak a nemzeti sajátosságot mutató (technikai, fegyverzeti, ruházati stb.) ellátás biztosítása történt honi területről. Az összes többi szövetségi viszonylatban egységes (üzemanyag, élelmezés, egészségügyi) és a német csapatokkal azonos (lőszer, technikai eszköz stb.) anyagok biztosítása a német ellátási vonal feladata volt (vagy sok esetben inkább lett volna...).

A gyorsadtestnek, német alárendeltségbe kerülése után a földi felderítési feladatait a rendelkezésére álló erőivel már csak a saját csapatai érdekében kellett folytatnia. A parancsnokok és az alegységek komoly és tanulságos

### 3. táblázat. A Dél Hadseregcsoportnak átadott magyar királyi I. gyorsadtest állománya és eszközei 1941. július 9-én [7; 63. o.]

Személyi állomány (fő)			Állat-állomány (db)	Technikai eszközök (db)	
tiszt	legénység	összesen	ló	országos jármű	gép-jármű
1717	41 790	43 507	7529	1037	4372

### JEGYZETEK

4 1938. október 1-től.

5 1941. október 1-től.

6 A gyorsadtest hasonló helyzetbe került az Erdélyi bevonulás, de a Délvidéki alkalmazás során is.

7 A cikkben szereplő földrajzi nevek – a könnyebb szövegolvasás érdekében – magyar átírással szerepelnek. Az adott helység beazonosíthatósága érdekében az első alkalommal történő említések az átírt név mögött (*zárójelben dőlt betűvel*) a szerző feltüntette az OKH által kiadott 1941. évi 1:300 000 méretarányú térképeken szereplő nevet is, amit a hadműveletek során alkalmaztak.

8 A Szovjetunióban szerzett tapasztalatokat lásd: Somkutas Róbert, „A Magyar Királyi Honvédség páncélozott eszközökkel felszerelt felderítő csapatai a Barbarossa hadművelet során II. rész” *Haditechnika* LIII. évf. 3. szám (2019): 58–63. DOI: 10.23713/HT.53.3.11. A felderítők korábban az erdélyi és délvidéki műveletekben történt részvételük során is komoly tapasztalatokra tettek szert. Lásd a szerző korábbi publikációit e témákban: Somkutas Róbert, „A Magyar Királyi Honvédség páncélozott eszközökkel felszerelt felderítő csapatai V. rész” *Haditechnika* L évf. 5. szám (2016): 48–53.; Somkutas Róbert, „A Magyar Királyi Honvédség páncélozott eszközökkel felszerelt felderítő csapatai VI. rész” *Haditechnika* L évf. 6. szám (2016): 50–52.; Somkutas Róbert, „A Magyar Királyi Honvédség páncélozott eszközökkel felszerelt felderítő csapatai VIII. rész” *Haditechnika* LI. évf. 3. szám (2017): 43–48.



4. ábra. Magyar műszaki csapatok biztosítják a gyorsadtest alakulatainak átvonulását Kamenyec Podolszkin keresztül. A galíciai városba először a 6. gépkocsizó és a 12. kerékpáros zászlóaljak vonultak be, miután a felrobbantott utakat és egy kisebb szovjet utóvédet leküzdve, 1941. július 4-én elfoglalták a települést (HTM, 51527)

tapasztalatokat szereztek a korábbi időszakokban (beleértve a „békés területszerzés” időszakát is) a felderítési feladatok esetenkénti elmulasztása, vagy nem a megfelelő módon történő megszervezése és végrehajtása miatt.<sup>8</sup> A korábbi keserű tapasztalatok birtokában már kevesebb gond volt a felderítés végrehajtásával és a felderítési adatok megszerzésével.

(Folytatjuk)

### HIVATKOZT IRODALOM

- [7] Andaházi Szeghy Viktor. A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december), Belvedere, Szeged, 2016.;
- [8] Csikány Tamás (szerk.). *A Hazáért – A Magyar Honvédség múltja és jelene 1848–2004*, Szaktudás Kiadó Ház Rt., 2006.;
- [9] Dr. Lengyel Ferenc. Az I. M. Kir. Gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunió elleni háborúban (1941. július 9 – november 15.), Hadtörténelmi jegyzet, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Hadtörténelmi Tanszék, 1994.;
- [10] Várhalmi Iván. *A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépésítés területén 1920-tól – 1941. 06.-ig. A Kárpát-csoport, majd az I. gyorsadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben* Magánkiadás, 2016.;
- [11] Dr. Csima Lajos. Adalékok a Horthy-hadsereg szervezetének és háborús tevékenységének tanulmányozásához (1938–1945) Honvédelmi Minisztérium Központi Irattár Budapest 1961.

## CONTENTS

## STUDIES

The artificial intelligence and the armed forces, Part 8 – Further civilian application possibilities	2
Tank generations, Part 2	6
A Development trends of gas turbine aircraft engines, Part 2	14
History of the development of the 'Gepárd' large-calibre rifle, Part 1 5 years of service in the Hungarian Defence Forces	19
Aviation safety impacts of Covid19 infection, Part 1 The possible application of biosensors in fatigue measurement	24

## INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

Exhibitions of integrated, modular unmanned ground vehicle systems in Versailles The continuation of iMUGS PESCO programme in France	29
The application of electric and hybrid passenger cars and trucks in the Hungarian Defence Forces, Part 3	32
Serbian armed force development, Part 2	38

## SPACE ACTIVITIES

Space weather phenomena and their impact on human activities	45
--	----

## DOMESTIC SURVEY

Defence vehicles in the system of public service of bomb disposal tasks	51
The potential of 3D printing and its military applications, Part 3 Mitigating the impact of manufacturing defects, solutions to eliminate defects	57
A Hungarian military industrial – The Gestamen	63
Remoted control tower as device for the technology in the resilient military air control service	68

## MILTECH HISTORY

The activities of the 1st Royal Quick Reaction Corp subordinated to Germany, Part 2 From river Prut to the Dnieper (09. 07. 1941.)	73
---	----

**A címképünkön:** Gestamen kézfegyverek (Címlapterv: HM Zrínyi Nkft. / Grafika: Gróf István, fotók: Sznoj Péter)

**Borító 2:** Fent: A francia NEXTER Defence és az észak MILREM vállalatok együttműködésében gyártott, 12,7 mm-es nehéz géppuskával felszerelt, felfegyverzett UGV az iMUGS munkacsoport technikai bemutatóján, a Versailles-i Satory Military Campben is bemutatkozott Lent: A NEXTER vállalat ULTRO többfunkciós UGV-je Michelin non-pneumatic tires (NPT), tömlő nélküli kerekekkel szerelve halad a terepen (Fotók: Ocskay István)

**Borító 3:** Fent: A helyfüggetlen toronyirányítással kapcsolatos hazai kutatás-fejlesztési mérőföldkövek egyik leglátványosabb eleme, a HungaroControl Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt., a madridi székhelyű Indra vállalat és a Magyar Honvédség együttműködésében lebonyolított árnéküzemű validációs eljárás, amelyre 2022. április 26–28. között került sor. Lent: Az MH 47. Bázisrepülőterén telepített helyfüggetlen toronyirányítással kapcsolatos hazai kutatás-fejlesztési tevékenységet támogató kamerarendszer nyolc fix állásszöggel rendelkező, és egy forgatható, dönthető és optikai nagyításra képes képkalkotó egységből áll (Fotók: Horváth Gábor százados)

**Poszter:** Lőgyakorlat a magyar tervezésű és gyártású Gepárd M1 mesterlövészpuskával (Fotó: Somogyi András főtörzsőrmester / HM Bocskai István 11. Páncélozott Hajdúandár) (Dr. Földi Ferenc a Gepárd nagy írméretű puska fejlesztéséről szóló tanulmányorozatának 1. részét a 19–23. oldalakon közöljük.)

## INHALTVERZEICHNIS

## STUDIEN

Künstliche Intelligenz und Kriegsmacht – Zusätzliche zivile Anwendungen, Teil VIII	2
Panzergenerationen, Teil II	6
Entwicklungsrichtungen der Turbinen-Strahltriebwerken, Teil I	14
Die Entwicklungsgeschichte der Großkalibergewehre von Gepárd, Teil I. 35 Jahre im Dienst der Landesverteidigung	19
Die Auswirkungen der Covid19-Infektion auf die Flugsicherheit, Teil I Einsatzmöglichkeiten von Biosensoren in der Ermüdungsmessung	24

## INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Präsentation integrierter, modularer, fahrloser Landfahrzeugsysteme in Versailles Fortsetzung des iMUGS PESCO-Programms in Frankreich	29
Möglichkeiten des Einsatzes von Pkw und Lkw mit Elektro- und Hybridantrieb in der Ungarischen Armee, Teil III	32
Serbische militärische Entwicklung, Teil II	38

## RAUMFAHRTTECHNIK

Weltraumwetterphänomene und ihre Auswirkungen auf menschliche Aktivitäten	45
---	----

## HEIMATSCHAU

Militärfahrzeuge im System der staatsdienstlichen Aufgaben der Bombenentschärfer	51
3D-Druck und seine militärischen Anwendungsmöglichkeiten, Teil III Minderung der Auswirkungen von Produktionsfehlern, Lösungen zur Fehlerbeseitigung	57
Ein ungarisches Unternehmen der Militärindustrie: das Gestamen	63
Fernüberwachung als Technologie als Werkzeug für widerstandsfähige militärische Flugsicherungsdienste	68

## GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Die Aktivitäten unter deutscher Befehlsführung des 1. Königliche Schnelle Korps, Teil II Vom Fluss Prut bis zum Dnjepr (09. 07. 1941.)	73
---	----

## Szerzőink figyelmébe

A szerkesztőség két független lektorral ellenőrizteti a beküldött kéziratokat és plágiumellenőrzésnek veti alá azokat. A cikkeknek tartalmaznia kell: egy max. 6-10 soros összefoglalást és 5 kulcsszót magyar és angol nyelven is, illetve a cím angol nyelvű fordítását. Lapunk szerzőinek nevénél lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző e-mail címét és Orcid azonosítóját (www.orcid.org oldalon kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését angol és magyar nyelven (illetve tudományos fokozatát – ha ilyenrel rendelkezik). A kéziratot csak a felhasználó irodalmak megjelölésével fogadjuk el. Ha a hivatkozott irodalmi forrás rendelkezik DOI azonosítóval, azt kérjük feltüntetni.

A hivatkozásokra vonatkozó szabály, hogy egyetlen olyan forrás se szerepeljen a felhasználó irodalom jegyzékében, amelyre a szerző a törzsszövegben nem hivatkozik. A szerzői jogra (copyright) vonatkozó jogok és kötelezettségek, továbbá a tiszteletdíj a kiadói szerződésben kerülnek szabályozásra. A cikkeket a haditechnika@hmzrinyi.hu e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkei a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámai elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

## Előfizetés

Éves előfizetési díj 3120 Ft.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, 1008 Budapest, Orczy tér 1. Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: [hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu), faxon: 303-3440, Stúdió könyvesbolt 1138 Bp., Népfürdő u. 15/D, telefon/fax: 359-1964, 359-6461, HM Zrínyi Nonprofit Kft. Ügyfélszolgálat – Könyv- és térképolt Budapest II., Fillér u. 14. Levélcím: 1276 Budapest 22, Pf. 85 telefon: +3630-388-4034 e-mail: [ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu](mailto:ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu) További információ: 06 80/444-444

A folyóirat 2005-2015 közötti példányai megrendelhetőek a Zrínyi webshopban ([www.hmzrinyi.hu/termekek/magazinok](http://www.hmzrinyi.hu/termekek/magazinok)).

## A Haditechnika megvásárolható

Líra Könyvárúház, Récsei Center 1146 Bp., Istvánmezei út 6., telefon: 411-1543

Stúdió könyvesbolt 1138 Bp., Népfürdő u. 15/D, telefon/fax: 359-1964, 359-6461

HM Zrínyi Nkft.

Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Nyitvatartás: H.–P. 9:00–16:30 óra [ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu](mailto:ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu)



# IRANYASEREG.HU

A MAGYAR HONVÉDSÉG KARRIEROLDALA

TARTOZZ KÖZÉNK ÉS  
VÁLASZD A BÁTRAK ÚTJÁT!

