

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

# HADITECHNIKA

2022/2

LVI. évfolyam 2. szám

Ára 520 Ft

## Polaris MRZR-4 ultrakönnyű harcászati jármű



**Polaris MRZR-4  
posztermelléklettel!**



## A MAGYAR HONVÉDSÉG MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ FOLYÓIRATA

2022/2. szám.  
LVI. évfolyam

### Tulajdonos:

Bozó Tibor vezérőrnagy

### A szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. Porkoláb Imre ezredes  
(MCC Vezetőképző Akadémia, igazgató)

### A szerkesztőbizottság alelnöke:

Bárány Zoltán Gábor ezredes  
(MH TP parancsnokhelyettes)

### Főszerkesztő:

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

### A szerkesztőbizottság tagjai:

Benkó Imre  
(HM CURRUS ZRT. és HM ARCOM ZRT.)  
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 (MH MI)  
Kaposvári László vezérőrnagy (MHP LGCSF)  
Prof. dr. Kiss Péter  
(Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)  
Prof. dr. Kovács László dandártábornok  
(MHP HSZ [kibevédelmi])  
Dr. Koller József dandártábornok (MH 86. SZHB)  
Könczöl Ferenc ezredes (MH 12. ALRE)  
Lengyel Csaba ezredes  
(MHP HSZ [szárazföld])  
Magyar Ferenc (ITM)  
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)  
Prof. dr. Rohács József CSc. (BME)  
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)  
Szakácsi István alezredes  
(MHP HSZ [logisztika])  
Dr. Trembeczki László András (HM EI ZRT.)

### Lektori bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

### Felelős szerkesztő:

Végyvári Zsolt alezredes (MH MI, MHTT, TÚK, MEE)

### Szerkesztő:

Rojkó Annamária tanácsos  
(MH TP, MŰOSZ, TÚK)

### Katonai szerkesztő:

Druzsinn József őrnagy  
(MH TP, MHTT, TÚK, MKLE)

### Úrtechnika rovatvezető:

Dürr János Béla MSc (MH MI, TÚK)

### Szerkesztőasszisztens:

Drahos Gabriella

### DOI, Facebook adminisztrátor:

Dari Nikolett

### Kiadja

a Honvédelmi Minisztérium Zrínyi Térképezési  
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

Dr. Németh András – Virágh  
Krisztián: Mesterséges  
intelligencia és haderő –  
A mesterséges intelligencia  
fejlődéstörténete II. rész 2



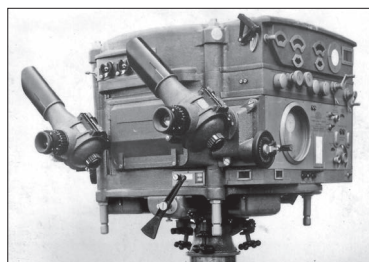
Ember István – Dr. Kovács  
Zoltán: Mini drónok lehetséges  
alkalmazása tűzserézs  
műveletekben 18



Kelecsényi István: A Magyar  
Honvédség Polaris MRZR  
ultrakönnyű harcászati  
járművei 39



Dr. Varga József: A Gamma-  
Juhász légvédelmi  
lőelemképzők 62



## TANULMÁNYOK

Éles Péter: Az 5,56 mm-es  
CZ BREN 2 gépkarabély 7  
Dr. Gulyás Attila: Ötödik  
generációs vezeték, és  
vezeték nélküli hálózatok  
egyes modulációs  
megoldásai II. rész 13  
Végyvári Zsolt: A korszerű  
harcjárművek áramellátásának  
sajátosságai I. rész 24

## NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Ott István Dániel: India katonai  
atomprogramja, a hadászati  
triád kiépítésének folyamata  
I. rész 29

## ÚRTECHNIKA

Horváth István: A gamma-  
kítőrések térbeli eloszlása 35

## HAZAI TÜKÖR

Prof. dr. Kiss Péter – Kiss  
Botond Levente – Böröczky  
András: A terepi járműmozgást  
befolyásoló tényezők III. rész 45  
Ott István Dániel: Konténerek  
katonai alkalmazásának  
új lehetőségei II. rész 49

## HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Lányi Aladár: A V2 harcokci-  
motor-család fejlesztésének  
története I. rész 57  
Druzsinn József: Horváth  
Ernő repülőgép-konstruktőr,  
aviatikus 72

**Olvasószerkesztő:** Kádár M. György ■ **Nyomdai előkészítés:** PGL Grafika Bt.

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

A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

**A szerkesztőség postacíme:**

Budapest, 1885 Pf.: 25. ■ Telefon: 224-8306 ■ [haditechnika@hm.gov.hu](mailto:haditechnika@hm.gov.hu).

<https://haditechnika.hu>; <https://www.facebook.com/HTFolyoirat/>

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



6. ábra. Watson MI a „Jeopardy!” című vetélkedőben, két ellenfelével [34]

Dr. Németh András\* – Virágh Krisztián\*\*

## Mesterséges intelligencia és haderő – A mesterséges intelligencia fejlődéstörténete

### II. rész

A mesterséges intelligencia (MI) már jelenlegi ismereteink szerint is minden kétséget kizáróan az emberiség jövője szempontjából az egyik legmeghatározóbb tényezővé vált. Bár kezdetben a mesterséges intelligenciában rejlő potenciált a korabeli technikai korlátok miatt nem sikerült kiaknázni, az idő múlásával fokozatosan elhárultak az akadályok a gyakorlati felhasználási lehetőségek spektrumának bővülése elől. Napjainkban az MI-alapú megoldásokat már olyan széles körben alkalmazzák, hogy rendkívül nehéz igazán átfogó képet alkotni róla, ami jól jelzi a technológia kulcsfontosságát. A tanulmány előző részében – a mesterséges intelligencia fogalmi rendszerének vizsgálata mellett – a fejlődéstörténet korai szakaszainak elemzésével törekedtünk az egyes fontos állomások jelentőségének és a technológiai környezet korlátozó hatásainak bemutatására. Jelen tanulmányunk célja az ezredfordulós időszak vizsgálatán keresztül annak megvilágítása, hogyan vált a mesterséges intelligencia a technológiai fejlődés motorjává, életünk csaknem nélkülözhetetlen szereplőjévé, az emberiség jövőjének (felemelkedésének vagy bukásának) zálogává.

### A MÁSODIK MI TÉL (1987–1997)

Csak a '80-as évek második felére került az MI területén addig monopol helyzetben lévő LISP (List Processing – Lis-

tafeldolgozás) programozási nyelv piaci helyzete szoftveres és hardveres szempontból egyaránt veszélybe, amikor az új programozási paradigma, az objektumorientált programozás (OOP – Object Oriented Programming) gyorsan elkezdett terjedni. Ez a folyamat rövid időn belül a LISP-nyelven írt alkalmazások visszaszorulását eredményezte. A napjainkban is legelterjedtebben használt programozási nyelvek, mint például a Java, Python, C, C++, C#, PHP, kivétel nélkül támogatják az OOP-t, ami jól tükrözi az akkori változás jelentőségét. A LISP helyzetét tovább nehezítette, hogy az Apple és az IBM (International Business Machines – Nemzetközi Üzleti Gépek) piacra dobták az általuk fejlesztett asztali számítógépeket, amelyek mindamellett hogy olcsóbbak voltak a LISP-gépeknél, képesek voltak a LISP-alkalmazások futtatására is. Az alternatív megoldásokat kínáló, de a korábbi funkciókra is képes, mégis lényegesen olcsóbb eszközök megjelenése törvényszerűen a piaci kereslet gyors átrendeződését eredményezte. A harmadik tényező, ami szintén jelentősen hozzájárult a LISP-alapú szakértői rendszerek teljes eltűnéséhez, a mesterséges intelligenciával szemben támasztott túlzott elvárás volt. A probléma abban gyökerezett, hogy a szakértői rendszerek végül messze nem tudtak olyan pontos piaci becsléseket és gazdasági előrejelzéseket készíteni, mint amilyeneket a befektetők elvártak volna, így az MI-piac 1987-ben összeomlott, ami ismételtén a mestersé-

\* Alezredes, tanszékvezető, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztisképző Kar, Elektronikai Hadviselés Tanszék, ORCID: 0000-0003-2397-189X

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

ges intelligencia kutatások és fejlesztések drasztikus visszaesését eredményezte. Beköszöntött a második MI tél. [27]

A mesterséges intelligenciával foglalkozó kutatók és tudósok akkoriban már megfejtették, hogy milyen alapprobléma vezetett az MI telek kialakulásához. A válasz a számítástechnikai háttértechnológia kiforratlansága volt. Például a tudásalapú rendszerek is lényegesen pontosabb gazdasági előrejelzéseket tudtak volna előállítani, ha már akkoriban is létezett volna a BigData, a nagy mennyiségű adat megszerzésének és gyors feldolgozásának technológiája. A mesterséges intelligencia fejlődése szempontjából kulcsfontosságúnak számító területek [27]:

- nagy mennyiségű adat megszerzése → adatbányászat BigData technológiával;
- nagy sebességű adatfeldolgozás → hatékonyabb algoritmusok, nagyobb műveleti sebesség;
- nagy mennyiségű adattárolás, költséghatékony módon → felhő alapú adattárolás.

A második tél időszakában rohamos fejlődés ment végbe a számítástechnika világában, amelynek leírására három fontos tapasztalati törvényt lehet kiemelni, a Moore-törvényt, a Reuttgers-törvényt és a Gilder-törvényt. A Moore-törvény kimondja, hogy az integrált áramkörök feldolgozási kapacitása másfél évente a duplájára nő, a Reuttgers-törvény szerint a memórialapok kapacitása évente megduplázódik, míg a Gilder-törvény alapján az adatátviteli sebesség évente a háromszorosára emelkedik. [28] Az ezek alapján zajló folyamatok összességében exponenciális fejlődést eredményeztek, ami az 1990-es évek közepére lehetővé tette, hogy a második MI telet már ne csak egy harmadik tavasz, hanem egy új évszak, a napjainkban is zajló, MI nyár kövesse.

### Az MI NYÁR (1997-TŐL NAPJAINKIG)

A második tél alatt bekövetkező fejlődés hatására érezhetően javultak a mesterséges intelligencia rendszerek képességei, ami jótékonyan befolyásolta mind a befektetők, mind a média véleményét. Az az esemény, ami ismét fókuszba állította az MI-t, egy 1996. február 10–17. között zajló ember–gép párbaj volt, amikor is egy hivatalos mérkőzés keretében az IBM által fejlesztett Deep Blue (jelentése: mélykék) MI megmérgette magát az akkori sakknagy-mester, Garry Kimovich Kasparov ellen. Az első játszma a Deep Blue győzelmével zárult, és bár összesítésben végül

7. ábra. A sakknagy mestert legyőző Deep Blue és Garry Kimovich Kasparov [31]



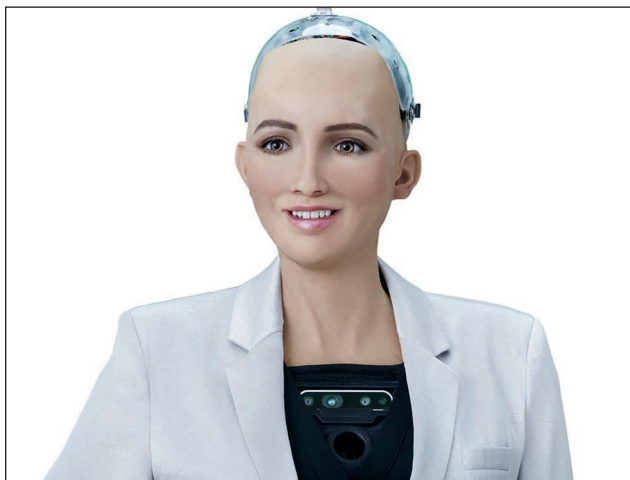
Kasparov győzött 4:2-re, a diadal mégsem az emberek oldalára billentette a mérleget. Ez az esemény elsősorban azért volt jelentős, mert egy szellemi vetélkedő keretében első ízben kerekedett felül a mesterséges intelligencia az emberen. Kasparov szerint a mérkőzés alatt végig úgy érezte, mintha egy „újfajta intelligenciával/elmével” állna szemben. A visszavágóra alig több mint egy évvel később, 1997. május 3–11. között került sor, amikor a Deep Blue már képes volt olyan hosszú távú stratégiák értelmezésére és alkalmazására, amelyekre az előző alkalommal még nem, és végül 3:2-re megnyerte a hivatalos mérkőzést úgy, hogy egy alkalommal döntetlent játszottak. [29] A küzdelem olyan kiemelt figyelmet kapott, hogy a Deep Blue győzelmét követően az IBM részvényeinek értéke 18 milliárd \$-ral emelkedett. [30]

2011. január 14-én egy hasonló ember–gép párbajnak lehettünk szemtanúi, amikor a szintén az IBM által fejlesztett Watson MI a „Jeopardy!” című vetélkedőben legyőzte az akkori legsikeresebb két játékost, Ken Jenningset és Brad Ruttert (csak később, februárban közvetítették az adást). (6. ábra) [32] Ez azért jelentett újabb fontos mérföldkővet a mesterséges intelligencia fejlődése során, mert a játék megnyeréséhez nem volt elegendő a válaszok adatbázisokból történő kikeresése, hanem összetett, kognitív gondolkodási szintet megközelítő analitikai képességekkel vált csak lehetségessé a gép győzelme. [33]

2014. június 7-én, 61 évvel Alan Turing „Computing Machinery and Intelligence” publikációjának közzététele után sikerült először egy MI-nek átmennie a Turing-teszten. A mesterséges intelligenciát Eugene Goostmannak hívták, és egy 13 éves ukrán kisiút személyesített meg. A beszélgetés végére a kérdezők 33%-a gondolta úgy, hogy Eugene egy létező személy. [35] 2015. október 5-9. között a go nevű táblajátékban került sor ember és gép párharcára, amelyben a Google DeepMind által fejlesztett AlphaGo MI 5:0 arányban győzte le a 2 danos profi Európa-bajnok Fan Hujt. Az elért eredmény jelentőségének értékeléséhez érdemes átgondolni, hogy míg a sakkban  $10^{123}$ , addig a goban összesen  $10^{360}$  variációjú lépéskombináció lehetséges, miközben a megfigyelhető univerzum nagyságrendileg 100 milliárd galaxisában található atomok száma „mindössze”  $10^{82}$ -re tehető. [36] Öt hónappal később, 2016. március 9–15. között hasonló kísérletben vehetett részt a világ egyik legerősebb gojátékosa, a 9 danos profi dél-koreai Lee Sedol, akit a gép 4:1-re győzött le [37], amely 2017. május 23–27. között megismételte sikerét a világbajnok Ke Jie ellen is 3:0-ás eredménnyel. [38]

8. ábra. A világbajnok gojátékos, Ke Jie játszik az AlphaGo ellen [39]

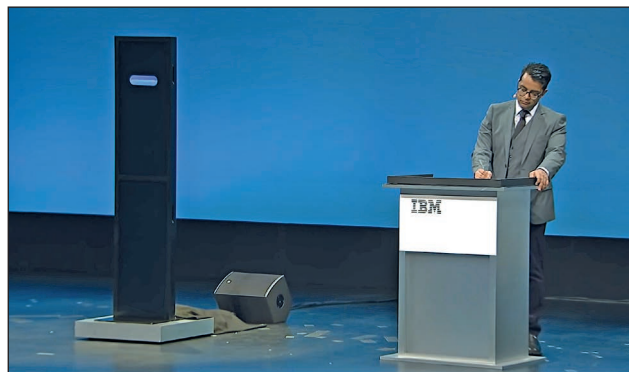




9. ábra. Sophia, a leghíresebb humanoid robot [41]

Mérföldkőnek számít a 2017-es év is, amikor mesterséges intelligencia először kapott állampolgárságot. Sophia szaúd-arábiai állampolgárként máig az egyik legismertebb MI, egy humanoid, szociális robot. Az elmúlt években számos televízióműsorba és konferenciára hívták már el, amelyek esetenként cinikus válaszaival derítette jökedvre közönségét. [40]

Elsőre csak szimbolikus jelentőségűnek tűnhet, miközben valójában egy újabb korszak kezdetét jelenthette a geopolitikában, amikor 2017-ben az Egyesült Arab Emírségekben létrehozták a Mesterséges Intelligencia Minisztériumot, és kinevezték az első mesterséges intelligencia ügyekért felelős minisztert, Omar Sultan AIOlomat. Ha figyelembe vesszük, hogy különböző gazdasági elemzések a mesterséges intelligencia piaci összértékét a 2019-es 39,9 milliárd \$-t követően 2027-re már több mint 700 milliárd \$-ra becsülik, ami a 2020–2027 közötti időszakban 42,2%-os összetett éves növekedési ütemet (CAGR – Compound Annual Growth Rate) jelent [42], akkor egy minisztérium létrehozása már nem is tűnik radikális lépésnek. A mesterséges intelligencia alapú kutató, fejlesztő, innová-

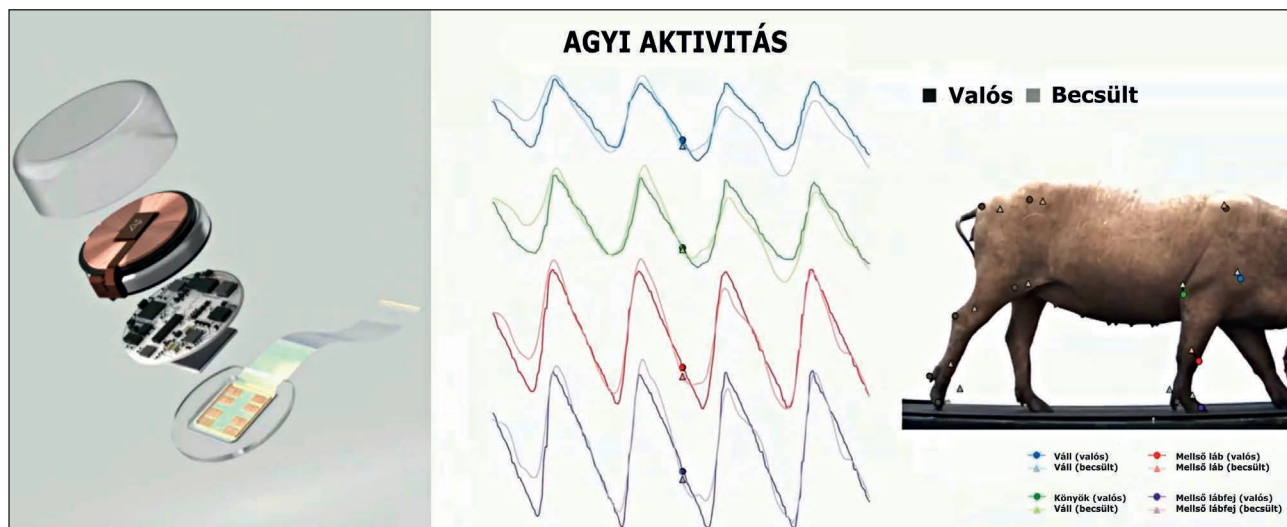


10. ábra. Pillanatkép Project Debater és Natarajan vitájából [45]

ciós és piaci tevékenységek koordinációjára létrehozott szervezet képes lehet az abban rejlő technológiai és gazdasági potenciál kiaknázását hatékonyan támogatni.

2019. február 12-én az ember-gép rivalizálás új szintre lépett, amikor a párbaj már nem egy logikai játék, vagy vetélkedő keretében, hanem egy intellektuális vitában zajlott. Az IBM által fejlesztett Project Debater vitázó MI a világhírű vitázó, az indiai Harish Natarajan ellen szállt ringbe. A Watson alapú Project Debater MI-nek amellet kellett érvelnie, hogy az állam anyagi támogatást nyújtson az iskola-előkészítő intézmények<sup>2</sup> számára, míg Natarajannak ennek ellenkezőjéről kellett meggyőznie a közönséget. A győztes úgy került ki a háromkörös a vitát követően, hogy felmérték a közönség álláspontját a vita előtt és után, és akinek több embert sikerült átállítania a saját oldalára, az nyert. A vita előtt a hallgatóság 79%-a támogatta, 13%-a ellenezte a támogatást, 8% pedig még nem döntött. A vita után a közönségnek már csak a 62%-a támogatta az iskola-előkészítő állami megsegítését, 30% ellenezte azt, 8% százalék pedig bizonytalan maradt. Ez azt jelentette, hogy Project Debater 17%-ot elveszített a támogatói bázisból, vitatársa pedig 17%-kal növelte támogatottságát, így ezúttal az ember nyerte a párbajt. A nézőknek ugyanakkor arról is szavazniuk kellett, hogy melyik előadó gazdagította inkább az ismereteiket, amiben vi-

11. ábra. A Neuralink segítségével egy sertés agyi aktivitásának a vizsgálata. A sertés mellső lábának mozgása közben az egyes részek által generált (valós) agyi aktivitás, amelyet a kép bal oldalán látható agy-gép interfészben található szenzor segítségével a fejlesztésének második fázisában már képesek voltak a kutatók előre jelezni (becsült). A vizsgálatok célja az agy működésének minél pontosabb megértése annak érdekében, hogy például különböző agyi elváltozások miatt lebénult emberek mozgásszabadsága részlegesen, vagy teljesen helyreállítható legyen [47]



szont a mesterséges intelligencia kerekedett felül. [43] Bár a Project Debater elveszítette a párbajt, az MI szempontjából mégsem tekintendő kudarcnak a mérkőzés. Ha annak tükrében vizsgáljuk az eredményt, hogy a fejlettebb, a diákokat a középpontba állító oktatási rendszerekben milyen nagy kultúrája van a vita intézményének, akkor az mindenképpen pozitívan értékelhető, hogy a világ egyik legjobb vitázója ellen egy mesterséges intelligencia egyáltalán képes volt versenyezni. A Project Debater-ról szóló kutatást 2021 márciusában tette közzé az IBM kutatócsoportja. [44]

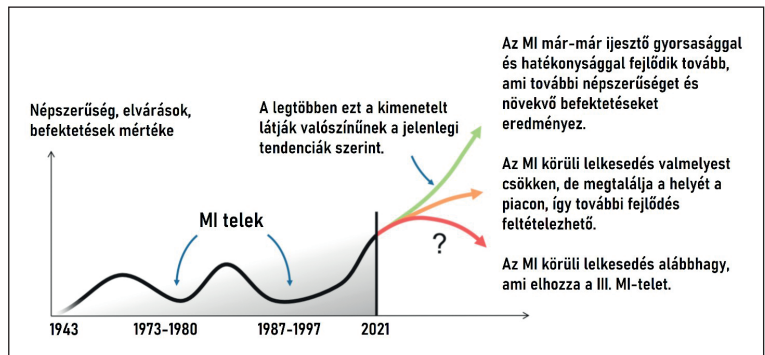
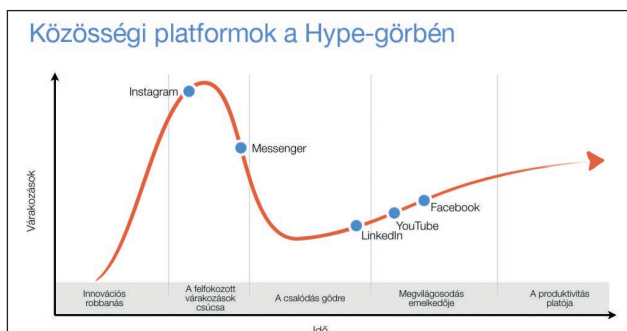
Az MI tárgykörében nem hagyhatjuk figyelmen kívül a 21. század egyik, vélhetően legnagyobb potenciállal rendelkező mesterséges intelligencia-megoldását, a Neuralinket. A Neuralink vállalatot Elon Musk 2016-ban alapította, amelynek feladata egy, a vállalat nevét viselő agy-gép interfész kifejlesztése, amelyen keresztül mesterséges intelligencia kapcsolható össze az emberi aggyal. A projektnek jelenleg még csak állatkísérleti (patkány, sertés, majom) eredményei vannak. Az állatok agyi aktivitását vizsgálták különböző tevékenységek végrehajtása közben, amint az a 11. ábrán is látható. Az ilyen típusú vizsgálatok célja, hogy jobban megértsék az agy működését, amit elsősorban gyógyászati céllal lehet majd felhasználni a jövőben. Musk törekvéseit a nemzetközi sajtó ugyan ambivalens felhangokkal fogadta, a szükséges etikai és jogi háttér megteremtését követően azonban, embereken is elkezdhetik az első beültetéseket és kísérleteket akár már a közeli jövőben. [46]

### A GARTNER-FÉLE HYPE-GÖRBE ÉS A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

A Gartner egy 1979-ben alapított globális kutató és tanácsadó cég [48], és az általuk kidolgozott Hype-ciklus/görbe a modern technológia vívmányainak, termékeinek fejlődési szakaszait modellezi. Ciklusuk szerint minden technológia életútját 5 szakaszra lehet bontani [49]:

1. Az innovációs robbanás: ez az az időszak, amikor egy új technológia/termék a köztudatba kerül és hirtelen nagy népszerűsége tesz szert.
2. A felfokozott várakozások csúcsa: a népszerűség tovább nő, ezzel együtt megnövekednek a technológiával/termékkel szembeni elvárások.
3. A csalódás gödre: a népszerűségi hullám lecseng, ugyanis a technológia/termék nem tudott megfelelni a túlzott elvárásoknak.
4. A megvilágosodás emelkedője: az emberek szép lassan ismét érdeklődést mutatnak a technológia/termé-

12. ábra. Közösségi platformok elhelyezkedése a Gartner-féle Hype-görbén [50]



13. ábra. A mesterséges intelligencia Hype-görbéje [51]

kek iránt, és elkezdenek reális követelményeket felállítani vele szemben.

5. A produktivitás fennsíkja/platója: a technológia/termék használata elkezd általánossá válni, beépül a mindennapokba és folytatódik a fokozatos emelkedés a termékhasználat és népszerűség területén.

A 12. ábrán példaként a különböző közösségi platformok Hype-görbén való elhelyezkedését láthatjuk. Ezek eddigi életútja tökéletesen megfelel a fent ismertetett leírásnak. A mesterséges intelligenciára ugyanakkor nem húzható rá ez a séma. Ahogy az a fejlődési korszakok korábbi vizsgálatánál kiderült, az MI népszerűségében hullámcsúcsok és völgyek váltogatták egymást, azonban az utolsó időszakban olyan mértékű növekedés mutatható ki, amivel a korábbi időszakok teljesítménye össze sem mérhető. Amennyiben megvizsgáljuk az MI fejlődési tendenciáit a 13. ábra alapján, észrevehető, hogy a Hype-ciklus első három szakasza eddig már kétszer megismétlődött, illetve most vagyunk az újabb innovációs robbanás szakaszában.

Nagy kérdés tehát, hogy mi történik majd az MI-vel a jövőben. Bekövetkezik az, amiben a legtöbben hisznek, hogy a mesterséges intelligencia rohamos fejlődése teljes mértékben átalakítja a mindennapi életünket, vagy helyette inkább beköszönt egy újabb tél? A kérdés ugyan jelenlegi ismereteink szerint egyelőre még nyitva marad, de ha megvizsgáljuk az elmúlt csaknem másfél évtized tendenciáit, és a Deep Blue, Watson, Eugene Goostman, AlphaGo, Sophia, Project Debater eredményeire, vagy éppen a Neuralink fejlődésének dinamikájára alapozunk, akkor joggal feltételezhetjük a legkedvezőbb végkimenetelt.

### ÖSSZEZÉS

A mesterséges intelligencia napjainkban a szemünk láttára válik egy olyan önálló tudományággá, ami átlépve az egyetemi laboratóriumok és kutatóközpontok kereteit, fokozatosan hálózza be életünk csaknem minden szegmensét, ezáltal alakítva át jelenünket és jövőnket egyaránt. Ahogy Omar Sultan Al Olama MI-miniszter egy 2019-es beszédében megfogalmazta: „Az, aki a mesterséges intelligencia versenyben győzni fog, az fogja vezetni a világot”. Nem is kérdés tehát, hogy az MI annál fontosabb szerepet fog játszani a jövő geopolitikai színterén, minél kiterjedtebben alkalmazzák azt. A fejlődéstörténet elemzésével rávilágítotunk arra, hogy a múltban a mesterséges intelligencia azért nem tudott megfelelni a vele szemben támasztott követelményeknek, mert nem állt rendelkezésre a szükséges számítástechnikai háttértechnológia. A 21. században bekövetkező technológiai robbanás (negyedik ipari forradalom) következtében ugyanakkor már elérhető az a számítási

kapacitás, ami a mesterséges intelligenciák hatékony működéséhez elengedhetetlen. Nem szabad azonban ismét a túlzott elvárások csapdájába esni, célszerű inkább realisan megvizsgálni azt, hogy milyen területeken, milyen áttöréseket hozhat a mesterséges intelligencia a jövőben, és mik azok a víziók, amelyek inkább csak a tudományos fantasztikus irodalom részei maradnak a következő évtizedekben. Tanulmányunk következő részében a mesterséges intelligencia terminológiáját és területeit vizsgáljuk, ami elsősorban ahhoz szükséges, hogy az imént felvázolt, a realitás talaján álló alkalmazási lehetőségeket tudományos alapos-sággal elemezhessük.

(Folytatjuk)

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [27] Explainer Video: *What are the AI Winters?*, Cognilytica, 2018. <https://www.cognilytica.com/2018/06/29/explainer-video-what-are-the-ai-winters/> (Letöltve: 2020.6.2.);
- [28] Virágh Krisztián. *Virtuális valóság (VR) technológiák alkalmazási lehetőségei, különös tekintettel a katonai aspektusokra* Tudományos Diákköri Dolgozat, Budapest, Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2019.;
- [29] Goodrich, Joanna. *How IBM's Deep Blue Beat World Champion Chess Player Garry Kasparov*, IEEE Spectrum, 25. January 2021. <https://spectrum.ieee.org/the-institute/ieee-history/how-ibms-deep-blue-beat-world-champion-chess-player-garry-kasparov> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [30] Russel, Stuart – Norwig, Peter. *Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd Edition)*, Prentice Hall, ISBN-13: 978-1-29215-396-4, 2010 [5];
- [31] Humm, Bernhard G. *Applied Artificial Intelligence - An Engineering Approach*, Leanpub, 2016., p. 4.;
- [32] Markoff, John. *Computer Wins on 'Jeopardy!': Trivial, It's Not*, The New York Times, 16. February 2011. <https://www.nytimes.com/2011/02/17/science/17jeopardy-watson.html> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [33] Virágh Krisztián. *A mesterséges intelligencia fejlődési tendenciái és katonai alkalmazásának perspektívái* Tudományos Diákköri dolgozat, Budapest, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztviselőképző Kar, 2020.;
- [34] Noyes, Katherine. *Five things you need to know about AI: Cognitive and neural and deep, oh my!*, 03. March 2016. <https://www.computerworld.com/article/3040563/5-things-you-need-to-know-about-ai-cognitive-neural-and-deep-oh-my.html> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [35] *Computer AI passes Turing test in ,world first'*, BBC, 09. June 2014. <https://www.bbc.com/news/technology-27762088> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [36] Baker, Harry. *How many atoms are in the observable universe?*, Live Science, 10. July 2021. <https://www.livescience.com/how-many-atoms-in-universe.html> (Letöltve: 2021.12.29.);
- [37] Borowiec, Steven. *AlphaGo seals 4-1 victory over Go grandmaster Lee Sedo*, Guardian, 15. March 2016. <https://www.theguardian.com/technology/2016/mar/15/googles-alphago-seals-4-1-victory-over-grandmaster-lee-sedo> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [38] Jing, Meng. *AlphaGo vanquishes world's top Go player, marking AI's superiority over human mind*, South China Morning Post, 27. May 2017. <https://www.scmp.com/tech/enterprises/article/2095929/alphago-vanquishes-worlds-top-go-player-marking-ais-superiority> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [39] Connolly, Rachel. *AlphaGo defeats world Go champion Ke Jie*, 25. May 2017. <https://www.theneweconomy.com/technology/alphago-defeats-world-go-champion-ke-jie> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [40] Weller, Chris. *A robot that once said it would ,destroy humans' just became the first robot citizen*, Business Insider, 26. October 2017. <https://www.businessinsider.com/sophia-robot-citizenship-in-saudi-arabia-the-first-of-its-kind-2017-10> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [41] *Sophia*, IEEE, <https://robots.ieee.org/robots/sophia/> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [42] *Artificial Intelligence Market Size, Share & Trends Analysis Report By Solution, By Technology (Deep Learning, Machine Learning, Natural Language Processing, Machine Vision), By End Use, By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028*, Jelentés száma: GVR-1-68038-955-5, <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [43] Yirka, Bob. *IBM's AI debating system able to compete with expert human debaters*, TechXplore, 18. March 2021. <https://techxplore.com/news/2021-03-ibm-ai-debating-expert-human.html?fbclid=IwAR375ZECC5IPMkEQwGWiM6iSF5s04KCCxhQyRmprwTe8Glr9opfq5Y2qV-M> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [44] Slonim, Noam – Bilu, Yonatan – Alzate, Carlos et al. *An autonomous debating system*, Nature 591, pp. 379-384. 2021, <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03215-w>;
- [45] *LIVE DEBATE – IBM Project Debater*, 12 February 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=m3u-1ytrVw> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [46] Hamilton, Isobel Asher. *Everything you need to know about Neuralink, Elon Musk's company that wants to put microchips in people's brains*, Business Insider, 27 February 2021. <https://www.businessinsider.com/neuralink-elon-musk-microchips-brains-ai-2021-2> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [47] *Watch Elon Musk's ENTIRE live Neuralink demonstration*, 29. August 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=iOWFXqT5MZ4&t=749s> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [48] Gartner. *About us*, <https://www.gartner.com/en/about> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [49] Gartner. *Gartner Hype Cycle*, <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [50] Lévai Richárd. *A hype görbe és a közösségi marketing*, 2019. szeptember 04. <https://kozossegiika.landozasok.hu/2019/09/04/a-hype-gorbe-es-a-kozossegi-marketing/> (Letöltve: 2021.6.2.);
- [51] Kellerman, Travis. *What happens when AI is let out of our boxes*, 06. May 2019. <https://medium.com/predict/what-happens-when-ai-is-let-out-of-our-boxes-8505e17ba00d> (Letöltve: 2021.6.2.).

#### JEGYZETEK

2 Magyarországon ez a képzésforma azokat az iskola-előkészítő foglalkozásokat jelenti, amiket óvodák térítés ellenében, külön szerveznek.



1. ábra. Gyakorló lövészet fekvő testhelyzetben CZ BREN 2 gépkarabéllyal (Fotó: Merckle Bálint)



Éles Péter\*

## Az 5,56 mm-es CZ BREN 2 gépkarabély

**M**agyarországon a fegyveres erőknél és testületeknél mintegy 60 éve állt és áll szolgálatban a Kalasnyikov-rendszerű gépkarabély több változata\*. A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (HHP) keretében megvalósuló *Katonák egyéni felszerelése* projekt során

2. ábra. A CZ BREN 2 gépkarabély [1]



a Magyar Honvédségtől „tartalékállományba” kerül ez a fegyver, és a tényleges állomány egyéni fegyvere a cseh fejlesztésű CZ BREN 2 gépkarabély lesz (2. ábra). A tartalékos katonák egyéni lőfegyvere azonban továbbra is a kipróbált AK-63D típus. A típusváltás okán a szerző röviden bemutatja az új karabélyt, és összeveti annak paramétereit, képességeit a legendás előddel. Az ismertetés és az összevetés az alapvető jellemzőkre koncentrálna.

### A GÉPKARABÉLY RENDSZERTANI BESOROLÁSA

Mint minden tudományban, így a műszaki tudományok területén is szükséges egyfajta rendszerszemlélet, amely biztosítja az eligazodást a szakemberek és az érdeklődő

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (HHP) prioritásnak tekinti a katonák egyéni felszerelésének fejlesztését, amelynek keretében a Magyar Honvédség (MH) a kézi lőfegyvereinek tekintetében is változás történt, történik. A tanulmány az egyesharcos alapvető egyéni fegyverzetét érintő típusváltáshoz kapcsolódóan nyújt rövid elemzést a rendszerbe állított CZ BREN 2 gépkarabélyról. Ismerteti a gépkarabély paramétereit, működését, harcászati-technikai jellemzőit, az alkalmazott normál lőszert, összeveti azokat az AK-63D típus megfelelő jellemzőivel.

**KULCSSZAVAK:** fegyverek rendszertana, fegyverek működési elve, harcászati-technikai jellemzők, CZ BREN 2, AK-63D

**ABSTRACT:** The Defence and Military Development Program (HHP) considers the development of individual equipment for dismounted soldiers to be a priority. Due to this framework the Hungarian Defence Forces (MH) has exchanged even the standard service rifles. This paper provides a brief analysis of the newly deployed CZ BREN 2 assault rifle. It describes the parameters, operation, tactical and technical characteristics of this assault rifle, the standard ammunition used, and compares them with the corresponding characteristics of the previously used AK-63D type.

**KEY WORDS:** taxonomy of weapons, principle of operation of weapons, tactical-technical characteristics, CZ BREN 2, AK-63D

\* Órnagy, MH Anyagellátó Raktárbázis, minőségbiztosítási alosztályvezető, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Hadtudományi Iskolájának doktorandusza. ORCID: 0000-0002-9938-9823



laikusok számára a szerteágazó tudományos részterületek és eredmények között, valamint alapot ad az interdiszciplináris áttekintésre, összehasonlításokra, kutatásokra.

A fentiekkel összhangban a katonai műszaki tudományokban, a haditechnikában, ezen belül a fegyverzetekben is létezik a taxonómia, a rendszertan. Ezért fontos a CZ BREN 2 gépkarabély<sup>2</sup> [2] elhelyezése egy jól átlátható rendszerben, megvilágítandó a működési elvet, amely minden műszaki eszköz megismerésének sarokköve. Ilyen rendszerezés a félautomata és automata<sup>3</sup> kézi lőfegyvereknél a Fjodorov–Blagonravov-féle osztályozás.

### A CZ BREN 2 GÉPKARABÉLY BEILLESZTÉSE A FJODOROV-BLAGONRAVOV-FÉLE RENDSZERBE

A fegyver leírása és kezelési utasítása szerint: „A CZ BREN 2 gépkarabély többfajta lőszer kilövésére alkalmassá tehető, gázélvételű, rövid gázdugattyú hátrasiklásos, automata rendszerű fegyver, amely az ellenség élőerejének, illetve könnyen páncélozott földi és légi céljainak célzott lövéssel történő leküzdésére szolgál” [3]. Zárszerkezete forgó reteszelésű. A rövid gázdugattyú-hátrasiklás annyit jelent, hogy a gázdugattyú a visszaáramló löporgázok hatására csak egy kis úthosszon mozog hátra. E kis hátramozgás során kezdő lendületet ad át a zárszerkezetnek, a zár hátrasiklását csak egy szakaszon követi, majd hátsó véghelyzetben megáll és visszasiklik. Az impulzus átadása egy rúd (lökőrúd) segítségével történik. A visszasiklás a lökőrúd rugójának hatására következik be.

A fenti működési elvet beillesztve a Fjodorov–Blagonravov-rendszerbe azt kapjuk, hogy a CZ BREN 2 karabély a II. osztály (a fegyvercsőben keletkezett löporgázok elvezetésével működő fegyverek), második alosztályába (rövid gázdugattyú hátrasiklásos fegyverek), a forgózáras fegyverek kategóriájába tartozik.

Összehasonlításként: az AK–63D a II. osztály (a fegyvercsőben keletkezett löporgázok elvezetésével működő fegyverek) első alosztályába (hosszú gázdugattyú hátrasiklásos fegyverek), a forgózáras fegyverek kategóriájába tartozik. Az első és második alosztály között a különbség azonban kicsi, nincs közöttük pregnáns elvi eltérés. Így kijelenthetjük, hogy a két fegyver ilyen szempontból „közeli rokon”. Természetesen a gázdugattyú és a zár közötti különböző impulzusátadási módszer lényeges szerkezetkialakítási különbséget jelent.

### A CZ BREN 2 GÉPKARABÉLY MŰKÖDÉSE

A CZ BREN 2 gépkarabély tehát gázélvételű, rövid gázdugattyú hátrasiklásos (lökőrudas), egyes- és sorozatlövés leadására alkalmas automata fegyver. Az egyeslövés leadására alkalmas üzemmóddhoz (félautomata üzemmód) a tűzváltókart (ami egyben a biztosító szerepét is betölti) a megfelelő, „1” jelzésű helyzetbe kell állítani, sorozatlövéshez „A” állásba.

A fegyver gázhengerén gázszabályzó csapot helyeztek el, amely a csőből elvezetett gázok áramlását módosítja. 1-es állás az alaphelyzeti standard állapot, amely állásban a fegyver normál működéséhez szükséges gázáram jön létre. A 2-es állás a nem optimális körülmények közötti lövéshez alkalmazható (pl. fagyban, poros, sáros körülmények között). Ebben az állásban a gázáram nagyobb energiájú, biztosítva ezáltal, hogy a gázdugattyú megfelelően működjön a nehezítő tényezők ellenére is. A gázszabályzó 0 állásban elzárja a gázátömlőfuratot, így megszünteti a

gázélvételt. Ennek eredményeképpen nincs gázáram, amely működtetné a zárszerkezetet, tehát a karabély ismétlőfegyverként működtethető, azaz a töltést, az elsütést és az ürítést a lövésnek kézzel kell végrehajtania<sup>4</sup>. Ez az üzemmód az úgynevezett *néma lövés* lehetőségét is biztosítja (szubszónikus töltény és hangtompító használata mellett), mert az automatikus töltés-ürítés zárhangjait is kiküszöböli.

### A KARABÉLY MŰKÖDÉSE KÜLÖNBÖZŐ TŰZELÉSI MÓDOKBAN [4]

Sorozatlövés:

A tűzváltó sorozatlövésre állításakor a tengelyének nyúlvánnya szabaddá teszi az elsütőbillentyű vállkimunkálását, azonban az egyeslövést biztosító elsütőemelő nyúlványát továbbra is támasztja (vagyis az hátsó helyzetben marad). Így az elsütőbillentyű elfordulhat a tengelye körül, míg a tűzváltó tengely nyúlvánnya megakasztja az egyeslövést biztosító elsütőemelő ezzel egyidejű elfordulását. Az elsütőbillentyű meghúzásakor a kakas a tengelye körül elfordul és ráüt az ütőszegre, amely elműködteti a töltényűrbe betöltött töltény csappantyúját. A csappantyú gyúelegye begyullad, a keletkezett szúróláng a hüvelyfenék gyúlyukain keresztül iniciálja a töltény löportöltetét.

A lőpor égése során keletkezett gázok kiterjednek, amelynek következtében a lövedék elhagyja a hüvelyt, megtörténik a lövés. A csőfar reteszelését – azaz a löporgázok hátrafelé áramlását – a hüvely és a zártest együttesen végzik. A hüvely hőtágulásának mértéke nagyobb mint a csőé, így ráfeszül a cső belső felületére, elzárva a gázok áramlási útját a lövő felé. A zártest szilárd, oldható kötással zárja a csőfart, így az expandáló löporgázok hátrafelé ható erejével szemben fejt ki ellenállást.

A lövedék a csőfuratban előre halad (a cső csavarzata által kényszerített, hossz tengelye körül forgómozgást is végezve). Mihelyt a lövedékfenék a maximális gáznyomás helye után kimunkált gázátömlőfuratot elhagyja (a csőtorkolat felőli harmadon), a löporgázok egy része ezen a furaton a gázhengerbe ömlik (a fent említett két furat egyikén keresztül). A gáz nyomást gyakorol a gázdugattyú homlokfelületére, az hátra mozog és a lökőrúd közvetítésével impulzust ad át a zárkeretre; a zárkeret hátrasiklik (a felhúzókar mellső helyzetben marad, mivel az rögzített helyzetbe kerül az első töltény betöltésekor). A zárkeret kényszerpályája hátrasiklás közben elfordítja a zártestet. A zártest aszimmetrikusan elhelyezett (6 db) reteszelő szemölcssei kifordulnak a csőfar reteszhornyaiból és követte a zárkeretet, a zártest hátrasiklik. Megtörténik a ki-reteszelés (a lövedék ekkor már elhagyta a fegyvercsövet). A zártest hüvelyvonó karma, amely a hüvelyhoronyba kapaszkodik, kihúzza a töltényhüvelyt a töltényűrből, majd az felülkötik a tok kivetőnyúlványába és kivetődik a tokon kiképzett kivetőnyíláson.

A zárkeret-zár rendszer hátrasiklás közben összenyomja a helyretelő rugót. A teljes hátrasiklás után a helyretelő rugó előremozgatja a zárkeret-zár rendszert, miközben az ütőrugó megfeszül. Ahogy a zárkeret hátrasiklása alatt áthalad a tárnnyíláson, a töltények a tár adogatórugójának hatására felnyomódnak mindaddig, míg a felső töltény bele nem akad a tárajakba. A zár visszafelé siklásakor kitolja a felső töltényt a tárból, és betolja a töltényűrbe. Mozgása közben a zár hüvelyvonó karma beakad a hüvelyhoronyba. A zár, a tok és a zárkeret vezető kényszerpályája hatására a tengelye körül jobbra elfordul, a reteszelőszemölcsök illeszkednek a reteszhornyokba, és megtörténik a retesze-



3. ábra. A CZ BREN 2 gépkarabély főbb alkatrészei [5]

lés. A zárkeret mellső helyzetének elérésekor a felhúzókar a zárhúzóval mellső helyzetben reteszeli. Amikor a töltény már a töltényűrben van és megtörtént a csőfar retesz-elése, a zárkeret tovább mozog előre, a kakas szabaddá válik és rácsap az ütőszegre, megtörténik a lövés. Ezután a fegyver alkatrészeinek fenti működése addig folytatódik, amíg az elsütőbillentyű elhúzott állapotban van, illetve a tár kiürül. Az elsütőbillentyű elengedésekor az ún. kakasnyugas és az elsütőbillentyű elsütőemelője megakasztja a kakast, így a lövés megszűnik, a gépkarabély töltött állapotban marad (amennyiben a fegyver nem ürült ki).

#### Egyeslövés:

Az egyeslövés leadását az egyeslövést biztosító elsütőemelő biztosítja. A tűzváltókar egyeslövésre állításakor ezt az alkatrészt iktatja az elsütőszerkezet működésébe, így az ekkor együtt fordul az elsütőbillentyűvel.

Az elsütőbillentyű elhúzásával a kakas a rugója hatására rácsap az ütőszegre, megtörténik a lövés. Lövés után a fegyver alkatrészeinek működése megegyezik a sorozatlövésnél leírtakkal addig, amíg a zárkeret hatására az elsütőbillentyűvel együtt elforduló egyeslövést biztosító elsütőemelő akasztója beleakad a kakas kimunkálásába, nem engedi azt előre csapni, így hátsó helyzetben (felhúzva) marad. A következő lövés leadásához az elsütőbillentyűt fel kell engedni, és újra meghúzni. Ezzel a lövész az egyeslövést biztosító elsütőemelőt oldja, és megtörténhet a következő lövés.

#### Ismétlő üzemmód:

Csak annyiban tér el az egyeslövéstől, hogy a zár mozgását kézzel kell végrehajtani (a gázelvétel zárolt).

### Az AK-63D és a CZ BREN 2 GÉPKARABÉLY MŰKÖDÉSÉNEK KÜLÖNBLSÉGEI

Az AK-63D és a CZ BREN 2 működése nagyon hasonló, mindazonáltal a két fegyver között a következő lényeges különbségeket találjuk:

1. A CZ BREN 2 gépkarabélynál a felhúzókar az első töltény betöltésekor reteszelt állapotba kerül. Ez azt jelenti, hogy lövéskor (akár egyes-, akár sorozatlövés esetén) nem mozog hátra a zárkerettel, mellső helyzetben marad, ebből következően az utolsó töltény kilövése után sem marad hátsó helyzetben, a zárkeret azonban a zárakasztó hátsó helyzetben megtartja, tárcsere után a kioldót működtetve a lövész azonnal csőre tudja tölteni a fegyvert, nem kell töltőfogást alkalmaznia, főleg nem kézcserével. Ez kiemelkedő időnyereséget jelent a túlélőképesség szempontjából.
2. Az ütőmechanizmus kialakítása kissé eltérő (ütőszeg-rugó, ütőszeg-biztosító), hiszen a rugók elhelyezése, a kakas, illetve az ütőszeg kialakítása némileg más.
3. Mivel a CZ BREN 2-t „kétkezes” fegyvernek tervezték, azaz a felhúzókar, a tűzváltókar és a tárrögítő kétoldalas kezelést biztosíthat, a zárkeret, a tokszerkezet belső szerkezeti kialakítása is szükségszerűen módosult ennek függvényében.
4. A rövid gázdugattyús kialakításból eredően a zárkeret, a zárvezérlő és a zártest kialakítása ennek megfelelő. A CZ BREN 2 belső 7/6 bordás, zártokos rendszerű, míg a Kalasnyikov-rendszer külső, két reteszelőszemölcsös zárolást alkalmaz. Mivel a zárkeret és a gázdugattyú között nincs merev kapcsolat, mint a hosszú gázdugattyú hátrasiklásos Kalasnyikov-rendszeré, a zárkeret impulzusszerű erőhatásoknak van kitéve a lökőrúd irányából (és fordítva), így az önműködést biztosító szerkezeti elemeket is más igénybevételeknek megfelelően kellett dinamikailag és szilárdságtanilag méretezni.

### A CZ BREN 2 GÉPKARABÉLY SZERKEZETE

A gépkarabély főbb alkatrészei a 3. ábrán láthatók.



1. táblázat. A CZ BREN 2 (3724-6503 modell) és az AK-63D karabélyok összehasonlítása (A szerző szerkesztése az [6] és [7] alapján)

PARAMÉTER		CZ BREN 2	AK-63D <sup>5</sup>
Úrméret×hüvelyhosszúság	[mm]	5,56×45	7,62×39
A gépkarabély hosszúsága lángrejtővel (kompenzátorral) és kihajtott, hosszított válltámasszal	[mm]	877±5	–
A gépkarabély hosszúsága lángrejtővel (kompenzátorral) és kihajtott válltámasszal	[mm]	–	880
A gépkarabély hosszúsága lángrejtővel (kompenzátorral) és kihajtott, nem hosszított válltámasszal	[mm]	833±5	–
A gépkarabély hosszúsága lángrejtővel (kompenzátorral) és behajtott (AK-63D lehajtott) válltámasszal	[mm]	652	640
Csőhosszúság	[mm]	357	358
Huzagok száma		6 (jobb irányú)	4 (jobb irányú)
Elméleti tűzgyorsaság	[lövés/perc]	850	600
Tárkapacitás	[db]	30	30
A gépkarabély tömege tár nélkül és mechanikus irányzékokkal	[kg]	3,2	3,75

### HARCÁSZATI-TECHNIKAI ADATOK, EGYÉB JELLEMZŐK

Az 5,56 mm-es CZ BREN 2 gépkarabély műszaki adatait az 1. táblázat mutatja. A jobb oldali oszlop tartalmazza az AK-63D gépkarabély megfelelő paramétereit, így bizonyos összevetés tehető a két fegyverrel kapcsolatban.

A CZ BREN 2 ergonomiai szempontból előnyös kialakítású, az egyesharcos egyéni fegyvereként kiváló tulajdonságaival biztosítja a harc eredményes megvívását, szélsőséges körülmények között is (–30 – +50 °C / 243–323 K között, 300 m céltávolságig). A gyártása során felhasznált műanyagok jelentősen csökkentik a gépkarabély tömegét. A töltényadogatás 30 db löszert befogadó kétsoros ívelt szekrénytárból történik. A Magyar Honvédség műanyag tárral rendszeresítette a fegyvert, fém tárrakat csak tartalékként tárolnak.

A tokra 4 szereléksínt (Picatinny-sín) helyeztek el, amelyekre a csatlakozófelületek segítségével különböző kiegészítő berendezések – többek között optikai irányzék, célmegjelölő, taktikai lámpa – szerelhetők fel. A cső alá 40×46 mm-es gránátvető csatlakoztatható.

A behajtható válltámasz hosszúsága változtatható (3 állású), a lövés testalkatához igazítható.

A csőtorkolatra felszerelhető kompenzátor, lángrejtő, vaklőszeraadapter („csőszűkítő”), hangtompító (hangtompító alkalmazásának áramlási okokból csak hangsebesség alatti kezdősebességű löszert használata esetén van értelme). Alapesetben a csőtorkolatra kompenzátort szerelnek, amely az átvételi követelmények szerint magas szintű lángrejtést is biztosít.

Célzott lövések kb. 300 méterig adhatók le, a fegyvert diopteres irányzékmal látták el.

Az AK-63D karabély a CZ BREN 2-eshez képest robusztusabb kialakítású: tömege kb. 1 kg-mal nagyobb, a tokra csak a modernizált változatoknál szerelhető fel NATO-szabvány szerinti optikai (elektronoptikai) irányzék (pl.: Aimpoint Comp M2 lézeres optikai irányzék), illetve csak az arra alkalmassá tett gépkarabélyokra szerelhető fel a HK M320 típusú, 40×46 mm-es cső alatti gránátvető. A fegyvert csak jobbkezes kialakítással gyártották, a balkezes lövőknek nehezebb volt hozzászokni a kezeléséhez. Válltámasza nem állítható és tény, hogy a lövő komfortér-

zetét ez rontja. A gépkarabély megbízhatósága azonban egyenesen kiváló, ebben a tekintetben a CZ BREN 2 méltó társa. Irányzéka nyílt (csapó) irányzék.

### ALKALMAZOTT LŐSZEREK

A CZ BREN 2 gépkarabély alkalmas 5,56×45 mm-es és 7,62×39 mm-es lőszerrel történő tüzelésre, természetesen a váltáshoz néhány alkatrész cseréje szükséges. Mivel a NATO rendszeresített löszere az előbbi, ezért a továbbiakban csak az 5,56 mm-es löszertípust tárgyaljuk.

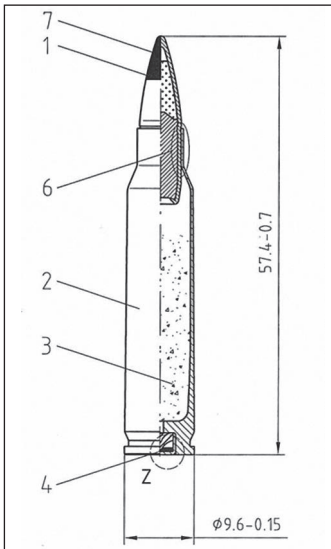
A karabélyhoz a Magyar Honvédségben rendszeresített 5,56×45 mm-es lőszer:

- az M855 (SS109) normál töltény;
- az M856 fényjelző lövedékű töltény;
- az M995 páncéltörő lövedékű töltény;
- az M200 vaktöltény;
- az M199 gyakorló töltény.

A gépkarabély alap (normál) löszere az SS109 (az első gyártó, az FN Herstal által alkalmazott megnevezés), amelynek USA-beli megnevezése M855 (4. ábra). A löszert

4. ábra. Az 5,56×45 mm-es SS109 löszert (balról) és a 7,62×39 mm-es 43M PSZ löszert (jobbról) (Fotók: Éles Péter)

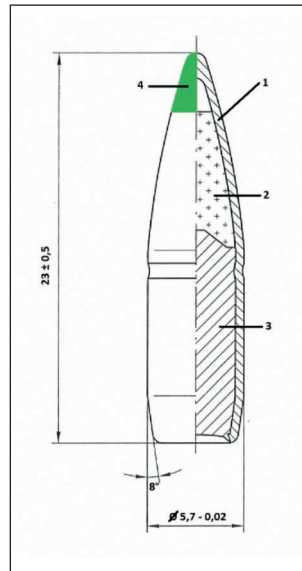




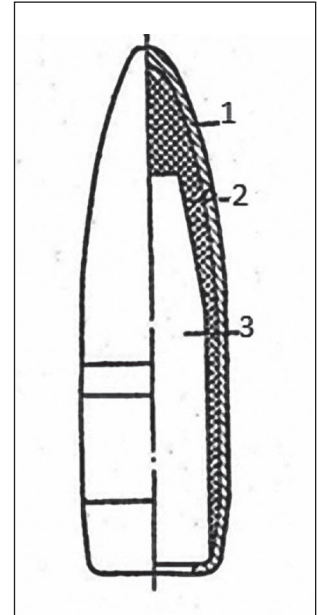
**5. ábra. Az 5,56×45 mm-es SS109 normál lőszer felépítése** [8] 1. lövedék; 2. hüvely; 3. lőportöltet; 4. csappantyú; 5. csappantyús csésze; 6. légcserementesítő lakkréteg; 7. színjelölés (normál lőszernél zöld).



**6. ábra. Az 5,56×45 mm-es SS109 normál lőszer felépítésének metszete: hüvely és lövedék** (Fotó: Éles Péter)



**7. ábra. Az 5,56×45 mm-es SS109 lőszer lövedékének felépítése** [8] acélköpeny; 2. acélmag; 3. ólommag; 4. színjelzés a lövedékcsoncon (normál lőszer esetén zöld).



**8. ábra. A 7,62×39 mm-es 43M PSZ lőszer lövedékének felépítése** [9] 1. acélköpeny; 2. ólom; 3. acélmag.

fejlesztése az 1960-as évekre tekint vissza, a .223 Remington típusig. Ennek továbbfejlesztett változata az SS109, amelyet nagyobb tömeg, 4 g-os lövedék, az ólom mellett acélmag alkalmazása és hosszabb méret jellemez. Ez a töltény rendeltetése szerint megfeleltethető az AK-63D-hoz rendszeresített 7,62 mm-es 43M acélmagvas lőszernek (43M PSZ), azaz élőerő és páncélozatlan (gyengén páncélozott) célok leküzdésére szolgál.

A lőszer hüvelye rézből készült, palack alakú kialakítással. A hüvely fenékrészébe, a csappantyúfészekbe sajtolták a csappantyús csészt, amely a gyúlevegőt tartalmazza. Az ütőszeg ráüt a csappantyúra, az ütésre érzékeny csappantyúelem begyullad, szúrólángot képez, amely a csappantyús csésze furatain át meggyújtja a lőszer lőportöltetét. A hüvely teljes hosszúsága (kerekítve) 45 mm (az 5,56×45 mm-es ürméret jelölés első száma a fegyverszó ormózatai között mért átmérőt jelöli, a második száma pedig a lőszer hüvelyének hosszúságát). A hüvelytalp kialakítása hornyolt, a kivetés során ebbe a hornyba kapaszkodik a fegyver hüvelyvonója. A löszert lakkréteggel vonták be, amely biztosítja a légcserementességet. A lőszer tömege ~12,1 g, a lőportöltet tömege ~1,7 g, a lövedék tömege ~4 g. A lövedék kezdősebessége ~925 m/s.<sup>6</sup> [8]

Összehasonlításképpen a 7,62×39 mm-es 43M PSZ lőszer hasonló paraméterei: a lőszer tömege ~17 g, a hüvely hosszúsága 39 mm, a lőportöltet tömege ~1,6 g, a lövedék tömege ~8 g. A lövedék kezdősebessége ~715 m/s. [7]

Az 5,56 mm-es lőszer lövedékét a 7. ábra mutatja. A lövedék hosszúsága ~23 mm, legnagyobb átmérője ~5,7 mm. Felépítése – mint látni fogjuk – némileg eltér a 7,62×39 mm-es 43M PSZ lőszer lövedékének felépítésétől.

Az SS109 lőszer lövedékének felépítését a 7. ábra mutatja. Összehasonlításképpen a 7,62×39 mm-es 43M PSZ lőszer lövedékének felépítését a 8. ábrán mutatjuk be.

Látható, hogy a 43M PSZ lőszer esetében az óloming körbeveszi az acélmagot, míg az SS109-nél az acél és az ólom külön magot alkot.

## ÖSSZEGRÉS

Az CZ BREN 2 típusú gépkarabély kétségtelenül egy igen jó harcászati-technikai jellemzőkkel rendelkező fegyver, amely a katona egyéni fegyvereként is kiválóan betölti szerepét. Kialakítása során törekedtek a minél magasabb komfort elérésére, ennek érdekében a karabély kétkezes (jobb- és balkezes használatra átszerelhető), az alkalmazott műanyag alkatrészekből adódóan tömege optimális. Szerkezete egyszerű, túlságosan érzékeny mechanizmust nem tartalmaz. Esetleges meghibásodási forrása az ismétlőlőszer rövid hátrasiklású gázdugattyúja és a lökőrúdja lehet, amely az AK-63D esetében nem áll fenn. A fegyver – gyakorlati tapasztalatok alapján – megbízható, a gépkarabélyokkal szemben támasztott követelményeknek megfelelő. Mivel a löszere könnyebb, mint a 7,62 mm-es 43M PSZ lőszer, ezért a harcok többet vihet magával belőle. Nem hagyható figyelmen kívül az a tény sem, hogy szövetségi rendszerünkben valamennyi hadsereg az 5,56 mm-es NATO-kalibert használja<sup>7</sup>. A löszerkompatibilitás akár elsődlegessé is válhat egyes válságos harc helyzetekben, amely nyomós indok ezen ürméret mellett.

Mindent összevetve elmondható, hogy a Magyar Honvédségben rendszeresített CZ BREN 2 gépkarabély jó választás, méltó utóda lehet a Kalasnyikov rendszerű fegyvereknek.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

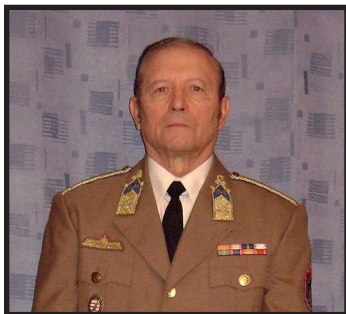
- [1] Az 5,56×45 mm (és a 7,62×39 mm) CZ BREN2 gépkarabély leírása és kezelési utasítása. Magyar Honvédség kiadványa, 2019., I-1. oldal;
- [2] Dr. Farkas Tivadar: Lőfegyverek rendszertana I-II. Multiszolg Bt., Vác, 2000. I. kötet. ISBN 963-00-3558-8;
- [3] Az 5,56×45 mm (és a 7,62×39 mm) CZ BREN2 gépkarabély leírása és kezelési utasítása. Magyar Honvédség kiadványa, 2019., I-1. oldal;



- [4] Az 5,56×45 mm (és a 7,62×39 mm) CZ BREN2 gépkarabély leírása és kezelési utasítása. Magyar Honvédség kiadványa, 2019. III. fejezet, III-1–III-4. oldalak;
- [5] Az 5,56×45 mm (és a 7,62×39 mm) CZ BREN2 gépkarabély leírása és kezelési utasítása A Magyar Honvédség kiadványa, 2019., II-1 és II-3 oldalak;
- [6] Az 5,56×45 mm (és a 7,62×39 mm) CZ BREN2 gépkarabély leírása és kezelési utasítása. Magyar Honvédség kiadványa, 2019. A melléklet;
- [7] 7,62 mm-es korszerűsített Kalasnyikov (AKM-63) géppisztoly leírása és kezelési utasítása. A Honvédelmi Minisztérium kiadása, 1964. 1. melléklet;
- [8] Az 5,56×45 mm (és a 7,62×39 mm) CZ BREN2 gépkarabély leírása és kezelési utasítása A Magyar Honvédség kiadványa, 2019., C melléklet;
- [9] 7,62 mm-es korszerűsített Kalasnyikov (AKM-63) géppisztoly leírása és kezelési utasítása. A Honvédelmi Minisztérium kiadása, 1964., 40. oldal.

## JEGYZETEK

- 1 A gépkarabélyokon felül Kalasnyikov-rendszerűek a Magyar Honvédség PK-típusú géppuskái is: PKM(SZ), PKT.
- 2 *Fjodorov, Vlagyimir Grigorjevics (1874–1966) és Blagonravov, Anatolij Arkagyevics (1894–1975)* szovjet-orosz fegyverkonstruktőrök, akadémikusok.
- 3 *Félaautomata fegyverek*: a zárszerkezet mozgatásához és a hüvelykivetéshez a löporgázok energiáját (esetleg közvetve) használják fel, azonban a tűzkiváltást minden egyes esetben az elsütőbillentyű ismételt elhúzásával kell megvalósítani. *Automata fegyverek*: a fentiekén kívül a tűzkiváltást is a löporgázok energiája (esetleg közvetve) biztosítja, egészen addig, amíg a lövész az elsütőbillentyűt elhúzza tartja (illetve amíg a tár ki nem ürül). Az automata fegyvereknél, ha tűzmegszakító szerkezet kerül beépítésre, félaautomata üzemmód is lehetséges.
- 4 Ennek az üzemmódnak abban az esetben lehet létjogosultsága, ha a gázatómlőfurat elszennyeződés miatt nem képes betölteni feladatát, és így a megváltozott áramlási viszonyok akár a szerkezetet és/vagy a lövést veszélyeztethetik. Ilyen esetben, szükségmegoldásként, kiiktatva az automatizmust, a lövész ismétlőfegyverként alkalmazva a karabélyt, nem marad védtelen.
- 5 A típus eredetileg a BM Határőrség fegyverzeti rendszerébe tartozott AMMSz típusjelzéssel (gyártása 1981-ben kezdődött), a szervezet felszámolásával kerültek át a fegyverek a HM rendszerébe, már AK-63D jelzéssel.
- 6 A Magyar Honvédség Modernizációs Intézet Kutatás-Fejlesztési Igazgatóság Lőkísérleti Vizsgáló Osztály adatai szerint: 14"-os (355,6 mm) cső esetén 850-1000 m/s. Ennek számtani közepe: 925 m/s.
- 7 A NATO szakmai fórumain napirendre tűzték a lőszer esetleges leváltásának kérdését.



## Elhunyt Vincze Gyula nyá. alezredes, okleveles mérnök-tanár (1943–2022)

Vincze Gyula 1943. december 9-én Kiskunhalason született, és a déalföldi városban töltötte gyermekkorát. A kiskunhalasi Szilárd Áron Református Gimnáziumban érettségizett. A katonai pálya iránti érdeklődése vezérelte a budapesti Egyesített Tiszti Iskolába, ahol 1966-ban felsőfokú távközlési szakon diplomázott. Szakasz- és századparancsnoki beosztások betöltése után előbb a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karán szerzett műszaki tanári diplomát, majd a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia híradó szakán végezte tanulmányait. Néhány év parancsnoki beosztás után, 1999-es nyugállományba vonulásáig különböző szakmai főnökségeken töltött be főtiszti szakbeosztásokat. Előljárói munkáját hét alkalommal kitüntetésekkel ismerték el.

Szakmai pályafutását széles körű érdeklődés, a szakmai tudás megszerzése és annak továbbadása jellemezte, amellyel kivívta munkatársai elismerését. Nyugállományban töltött éveit sem múltak el céltalanul. Lelkiismeretesen végzett közösségi munkát, valamint német nyelvtanítással segítette a kerületi gimnázium diákjait. Folyamatosan követte a haditechnikai eszközök fejlesztését. Idős korában is érdeklődéssel követte a hazai szaksajtót, emellett német nyelvű szakcikkek tanulmányozott. Szakmai kérdések

ben időről időre konzultált korábbi munkatársaival, egykori tanítványaival és lapunk szerkesztőségével. Publikációiban rendszerint a legújabb, legkorszerűbb haditechnikai eszközöket mutatta be olvasóinknak. A közölt ismereteket gazdag és hiteles forrásokkal igyekezett alátámasztani. Cikkeinek benyújtásakor minden alkalommal személyes gondolataival, majd értékes visszajelzéseivel jelezte, hogy örömmel dolgozik együtt lapunk munkatársaival.

A Haditechnika folyóirat 2012 és 2022 között 24 szakcikket jelentetett meg tollából, amelyek hiánypótló témájuk miatt még sok éven keresztül forrásként szolgálhatnak tudományos és ismeretterjesztő munkákhoz egyaránt. Kéziratai kidolgozására, a haditechnikai eszközökről szóló elemző írásaira nagyfokú igényesség és mérnöki precizitás volt jellemző. Katonához méltóan a cikkeket mindig határidőre készítette el.

Súlyos betegsége ellenére, élete végéig dolgozott. Utolsó tanulmányát az MQ-9-es harci drón különleges képességeiről írta folyóiratunk 2022/1. száma számára. A kiadvány megjelenését már nem érthette meg.

Vincze Gyula halálával a Haditechnika egy kiváló, nagy tudású szerzőjét veszítette el.

Nyugodjon békében Alezredes Úr!

Dr. Gulyás Attila\*

# Ötödik generációs vezetékes, és vezeték nélküli hálózatok egyes modulációs megoldásai **II. rész**

A tanulmány célja, hogy jobban feldolgozhatóvá váljanak az 5G hálózatok alapját képező modulációs megoldások a magas adatsebesség, a nagyobb sáv szélesség és az optimalizált teljesítményfelvétel biztosítására. A sorozat 1. részében a szerző bemutatta a hálózatok evolúcióját, és áttekintette az IMT-2020 ajánlásokat perspektivikusan kielégítő, egyes modulációs módokat.

## ALKALMAZANDÓ MODULÁCIÓS ELJÁRÁSOK A RENDSZERKÖVETELMÉNYEK KIELÉGÍTÉSÉRE

A QAM-eljárás keretében az információátvitelre a vivők/ alvivők fázisát és amplitúdóját változtatjuk, azaz a csatornában továbbítandó jelet szinuszos taggal szorozzuk fel. A komplex számok síkján e fázis- és amplitúdószorzás tehát komplex (valós és imaginárius összetevőjű) számot eredményez, amely – egy lehetséges ábrázolásmód szerint – a konstellációs diagramban mutatható be (4. ábra).

Az egyszerűbb témafeldolgozás érdekében, a 4. ábra bal oldalán tanulmányozható 4QAM (más megnevezésben QPSK) a QAM különleges változata, ahol amplitúdó-változás nincs, ugyanakkor a jel négyféle fázisállapottal jellemezhető (45-135-225-315 fokos fázisok), azaz a hasznos jelünk egy-egy fázisváltása 2-2 bit információt továbbíthat [24].

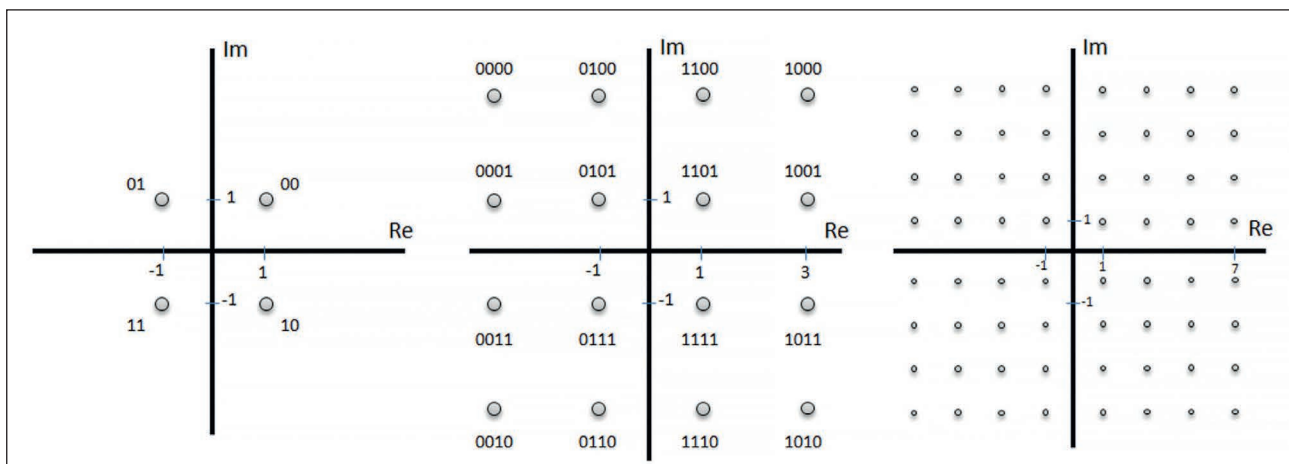
A magasabb adatátviteli sebesség eléréséhez komplexebb QAM indokolt, ugyanakkor a QAM helyes választásakor figyelembe kell venni a modulációs komplexitásból származtatható adatátviteli zavarokat is. Ezzel együtt is,

vélhetően a QAM lehet az ortogonális modulációs eljárások alkalmazása esetében az a modulációs eljárás, amely perspektivikusan megvalósíthatja az IMT-2020 ajánlásokban rögzített rendszerparamétereket a követelmények vonatkozásában. [25][26]. Az átviteli sebesség és a komplex modulációs mód összefüggése az 1. táblázatba rendezett összefüggések alapján tanulmányozható.

1. táblázat. Az adatátviteli sebesség és az alkalmazott modulációs módok áttekintése (A szerző szerkesztése a [27] alapján)

modulációs mód	biték száma	bit/ szimbólum	példa
ON-OFF keying (ASK)	$2^1$	1	0
QPSK	$2^2$	2	01
16QAM	$2^3$	4	0101
32QAM	$2^4$	5	01010
64QAM	$2^5$	6	010101
128QAM	$2^6$	7	0101010
256QAM	$2^7$	8	01010101
512QAM	$2^8$	9	010101010
1024QAM	$2^9$	10	0101010101

4. ábra QAM konstellációs diagramjai (A szerző szerkesztése a [23] alapján)



\* Ezredes, infokommunikációs főnök, Közép-európai Hadosztály Parancsnokság Székesfehérvár. ORCID: 0000-0001-5774-5757



A modulációs eljárásokat vizsgálva, [28][29] általános-ságban kijelenthető, hogy magasabb szintű moduláció alkalmazásával – azonos csatornaparaméterek mellett – nő a csatorna kihasználási szintje, ezzel együtt az adatátviteli sebesség is növelhető [30].

Visszatérve a modulációs megoldások vizsgálatához, az OFDM alapsávi időfüggvényét ( $u_{as}$ ) a következő összefüggéssel írhatjuk fel ( $A_k + jB_k$  – komplex digitális moduláció a  $k$ -adik adatblokkban,  $e^{j2\pi f_k t}$  – vivőhullám):

$$u_{as}(t) = (A_k + jB_k) \cdot e^{j2\pi f_k t} \quad (6)$$

Az információ továbbításának az átviteli csatornához történő alakítása az alvivők amplitúdó- és fázismodulációjával valósulhat meg. Ennek időfüggvénye [31]:

$$z_{as} = \sum_{n=0}^{N-1} \{a_n \cos(2\pi f_0 t) + b_n \sin(2\pi f_0 t)\} \quad (7)$$

Az  $u_{as}$  alapsávi jel előállításához  $N$  darab alvivő frekvencia szükséges, a teljes modulált időfüggvény a külön-külön, de azonos időben modulált alvivők függvényösszege.

A modulációs rendszer fizikai kialakításának, elsősorban a végerősítő megépítése szempontjából újabb kihívást jelent a csúcstényező értékének, dinamikájának határokon belül tartása, amely az OFDM-jelsorozat egyik jellemző értéke. A csúcstényező (PAPR) értéke a jel átlagteljesítménye és a legnagyobb pillanatnyi teljesítményértékének logaritmusos értéke [32]:

$$PARS = 10 \log_{10} \left( \frac{x_{nmax}^2}{\sum_n (x_n)^2} \right), \quad n = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (8)$$

A csúcstényező értéke is függ a vivők számától, nagyobb vivőszám esetén a csúcstényező értéke átléphet egy olyan kritikus értéket, amely a végerősítő fizikai kialakításának szab határt. Az áramköri fizikai kialakítás folyamán ezért csúcstényező-csökkentő eljárásokat alkalmaznak.

Az OFDM-jelátvitel előnyei között felsorolhatjuk, hogy a részcsatornák ortogonalitása és a védőtávok a csatornainterferenciát jelentősen csökkentik, a részcsatornák tekintetében egyszerűbb a csatorna kiegyenlítése, a Fourier-eljárás változatai csökkentik a számítási műveletek számát, az átvivendő EM-frekvenciaspektrum hatékony továbbítása megvalósítható a részspektrumok átlapolásával. Hátrányai, hogy az amplitúdó-eloszlás nagy dinamikájú, nagy csúcstényező értékű, továbbá kiemelt fontosságú a vivőfrekvenciák pontossága mind az adó-, mind a vevőoldal tekintetében<sup>44</sup>. Figyelemmel kell lenni továbbá a vivő (csatorna) szinkronizáció és a csatornakiégyenlítés követelményeire is.

A többvivős rendszerek területén tehát az OFDM bizonyul az alapvető eljárásnak. Referencia-eljárásként kezelve tehát azt kell vizsgálni, hogy a csatornaáthallás<sup>45</sup> (szivárgás) jelentős redukciója, a csúcstényező csökkentésének az igénye hogyan illeszthető a magas adatsebesség fenntartásához, illetve további növeléséhez úgy, hogy a modulációt megvalósító rendszer komplexitása alacsony szinten maradjon. Több adatátviteli eljárás létezik ezen paraméterek finomhangolására, amelyek többé-kevésbé az OFDM egyfajta kiegészítésére épülnek – az eljárás továbbfejlesztésének tekinthetők – annak érdekében, hogy a rendszerkövetelmények megvalósulhassanak.

Az OFDM-jel spektrális sűrűsége a vivők számának a függvénye, ugyanakkor a vivőszámot sem növelhetjük a végtelenségig, hiszen az jelentősen befolyásolja a csúcstényező értékét és komoly számítási kihívásokat támaszt az FFT-műveletek területén. Újabb tényező az adó- és a

vevőoldali oszcillátorok közötti frekvencia-eltérés (offset), amelynek valószínűsége  $N$  számú vivővel kalkulálva  $N$ -szeres, így szabványértékeken belül tartása alapkövetelmény. Összességében kijelenthető, hogy a magas szintű rendszerkövetelmények csakis úgy elégíthetők ki, hogy – az átviteli rendszer funkcióinak, feladatrendszerének ismeretében – észszerű kompromisszumokat kötünk az egyik, vagy a másik rendszerparaméter előnyére, illetve kárára. A továbbiakban vizsgáljunk meg néhány, már létező műszaki eljárást.

A szűrőbankalapú többvivős FBMC<sup>46</sup> esetében a komplex formában rendelkezésre álló szimbólumokat köztes frekvenciaértékre súlyozzák külön erre a célra tervezett szűrőbankokkal. Az így kialakított  $M$ -szeres frekvencia-kiterjesztés  $M$  számú FFT-műveletet igényel. A szűrőbankok alkalmazása miatt az FBMC spektrális tulajdonságai – az OFDM-el összevetve – javulnak, a csatornaáthallás értéke csökken, a leképezések (frekvenciaértékre súlyozás) miatt a szimbólumok időben hosszabbak, spektrumban keskenyebbek lesznek. A komplex alapsávi jelek valós és képzetes részének szétválasztásával, Offset-QAM moduláció alkalmazásával az adatsebesség értéke fenntartható, ugyanakkor a szimbólumok átlapolódása tervezhetővé válik a vevőben, amint az átlapolódó szimbólumokhoz a komplex alapsávi jel hol valós, hol képzetes részét keverjük. Ugyanakkor figyelemmel kell lenni a nagyszámú FFT/IFFT-műveletek számítási igényére, amelynek csökkentése vagy legalább a meghatározott értéken tartása polifázisú szűrőbank rendszer alkalmazásával valósítható meg [33].

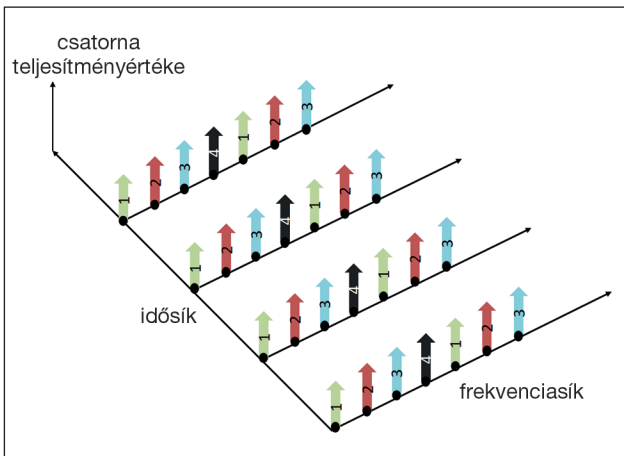
Az állandó keretű OFDM (CE-OFDM<sup>47</sup>) alkalmazását tervezve elsősorban a csúcstényező alacsonyabb értéken történő tartására összpontosíthatunk. Ebben az esetben a szimbólumok mellé azok konjugált párjaikat rendezzük oly módon, hogy az IFFT-kimenetre a valós jel kerüljön kicsatolásra. Az így előállított valós jel – súlyozó tényezővel való szorzást követően, ez úton a szimbólumok fázisértékét befolyásolva – folytonos fázismodulációt (CPM<sup>48</sup>) alakít ki. A konjugált szimbólumpárok alkalmazása miatt az adatsebesség feleződik [34].

Többvivős kódosztású átvitel esetében (MC-CDMA) a komplex szimbólumok alvivőkre ültetve kerülnek továbbításra külön erre a célra tervezett kódtábla használatával, amikor az alvivők szintén átlapolódnak, azonban a vevőoldalon a kódtábla ismeretében viszonylag kevés számítási alkalmazásával szétválaszthatók. Ez az átviteli, modulációs eljárás egyfajta kombinációja az OFDM és a CDMA<sup>49</sup> átvitelnek [35].

Most vizsgáljuk meg azt, hogyan lehetséges az OFDM eljárás hatékonyságának a növelése az IMT-2020 ajánlásokban meghatározott adatátviteli sebesség elérése érdekében. Az egyik megoldás az IEEE 802.11 ax tervezéséhez már számításba vett, az IEEE 802.16d és 802.16e (WiMAX) szabványokban<sup>50</sup> már bevált ortogonális frekvenciaosztású többszintű hálózati hozzáférés (OFDMA<sup>51</sup>) alkalmazása lehet [36].

OFDMA-átvitel esetében a szimbólumcsoportok az idő és frekvencia spektrumban elválasztásra kerülnek, azaz az OFDMA-csoportosítás több, az OFDM-eljárással kialakított szimbólumcsoportot foglal magába. Az alvivők és az OFDM szimbólumperiódusok jól ábrázolhatók a koordináta-rendszer idő- és frekvenciasíkjaiban. Így a különböző felhasználók szimbólumcsoportjai különböző „ablakokat/réseket” tölthetnek fel: különböző alvivő csoportosítások továbbíthatják az OFDM-eljárással előállított szimbólumcsoportokat. Az 5. ábrán részleteiben követhető az eljárás, ahol színekódok és számozás jelöli a továbbítandó szimbólumcsoportok idő- és frekvencia szekvenciáit.





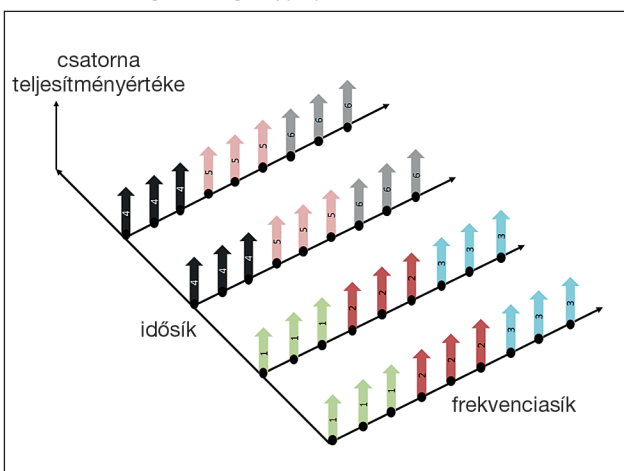
5. ábra. Általános idő- és frekvencia-alkotás OFDMA-esetén (A szerző szerkesztése a [40, 7. o.] alapján)

Az OFDM-csatornák eloszlása az állandó értékűnek tekintett alvivő-teljesítmény és a szabványos, a rögzített csatornatávolságok és azok transzponálási idejének függvényében biztosítja a szabványokban és ajánlásokban rögzített átviteli kapacitásokat. A gyakorlatban az alcsatornák (amelyek tehát jellemezhetők idő- és frekvenciaértékekkel, valamint csatornateljesítményeik alapján is) a legkisebb azonosítható egységek az adatátvitel logikai megközelítéséből adódóan, azaz különböző módon csoportosított alvivőkből állnak. Ezek a csoportosítások alapvető fontossággal bírnak az OFDMA rendszerkialakítás szempontjából.

OFDMA alkalmazásakor OFDM-szimbólumokat integrálunk az alvivőkhöz rendelt idő- és a frekvenciatartományokban, azaz az egyes alvivők sorrendisége kötött az OFDMA idő- és frekvenciasávjában. A gyakorlati rendszerkialakításban a frekvencia síkban illusztrált, a színes nyilakkal jelzett szimbólumcsoportok nem csak direkt hozzárendeléssel kapcsolódhatnak az alvivők egyes csatornához, mivel a csatornában, alcsatornában a továbbított szimbólumcsoportokat keveréssel is előállíthatjuk. Egy adott alcsatorna magában foglalhatja több alvivő csoportosítását is. Műszaki megoldások tekintetében megkülönböztetünk két jellemző csoportosítási eljárást.

A szomszédos alvivők csoportosításának alkalmazása (ASM<sup>52</sup>) esetében (6. ábra) az egymással szomszédos, egymást követő alvivők azonos spektrális tulajdonságokat

6. ábra. OFDMA alhálózat kialakítása ASM esetében (A szerző szerkesztése a [40; 8. o.] alapján)



mutatnak, amelyre az alvivő-kijelölés esetében különös figyelmet kell fordítani.

Az így kialakított csoportosítás kielégíti az átviteli csatornára meghatározott, a kijelölt rendszerparaméter-elemek követelményeit, a csoportosított alvivők koherens egységet alkotnak (korrelálnak egymással). Alacsony marad az alvivő interferencia, hatékony statikus adó- és vevőkonstelláció alakítható ki, ugyanakkor hátrányos lehet a frekvenciák újrafelhasználásának hiánya, valamint jelentős sávszélességet használhat fel a csatornaminőség-információk többszörös továbbítása. Ha a csoportba szervezett (szomszédos) alvivők korrelálatlanok, megnő az esélye az átviteli sávszélesség túlerheltségének, mivel a fogadó terminál válaszkérései miatt újra kell küldeni megannyi szimbólumcsoportot. Ez a folyamat nem csak a sávszélességet emészt fel, de jelentős számítási terhelést is jelent mind az adó-, mind a vevőoldalon; így együtt járhat az átviteli rendszer teljesítmény-felvételek növelésével. Tehát ASM esetében az alcsatornák egymással határos alvivői kerülnek csoportosításra azzal a szándékkal, hogy az átvitel az alvivő frekvenciák és az alcsatornák pontos korrelációjával valósul meg. Az eljárás alapvetően arra tervezett, hogy számításba veszi az alvivő frekvenciák egyfajta koherenciáját, amely az alcsatorna paramétereinek (pl. spektrális eloszlás, zavarállóság, szabványos válaszdők) azonosságán alapulhat. Figyelemmel kell lenni, hogy amint a csoportosítás koherenciája elér egy előre meghatározott minimum értéket, a vevőoldali válaszszelekciók az átviteli csatornák jelentős leterheltségét eredményezik (*channel overloading*). Azaz az alcsatornák túltelítődése felemészti a rendelkezésre álló sávszélességet, amely akár az alcsatornák által felhasznált csatornateljesítmények jelentős növekedését eredményezheti. Ezen tényezők együttes változása a szimbólumátvitel jelentős romlásához vezethet.

A másik eljárás az alvivők csoportba rendezésére az opportunisztikus alvivő-csoportosítás (DSM<sup>53</sup>). Ebben az esetben az alvivőket egy e célra tervezett algoritmus alkalmazásával választjuk ki, és csoportosítjuk. Az így kialakított alcsatorna jelentős frekvencia-különbözőségekkel bír, amely jól kihasználható a csatornakódolás és átlapolódás esetében. DSM alkalmazásakor az IEEE 802. szabvány-család különböző verziói esetében *bit interleaving coded modulation* (BICM) tervezhető. A frekvenciaugratás és a DSM kombinált alkalmazása igazán előnyös lehet annak fényében, hogy így az előzetesen definiált alvivők és alcsatornák időspektrum-felhasználása nem konstans. Így az adatátvitel ellenállóbbá válik az átviteli csatornában folyamatosan jelenlévő csatornacillapítás (fading) és az offszet tekintetében. A DSM előnye az alcsatornák nyereségének összeadódása. Az alkalmazott frekvenciák újrahasználhatók, a csatornák interferenciája átlagolható és átfogó megoldásokkal csökkenthető, valamint MIMO antennarendszerekkel való kombinált alkalmazásakor mind a statikus, mind a mozgó adó-vevőpontok esetében is jól alkalmazható.

Az IEEE 802.16-2004 szabvány esetében a 20 MHz-es sávszélesség-tartományban legfeljebb 2048<sup>54</sup> alvivő szervezhető alhálózatokba. A 2. táblázat az alhálózatok alapvető fizikai paramétereit mutatja be.

Látható, hogy az átviteli sávszélesség bővítésével az alvivők száma növekedhet, ezzel az OFDM szimbólumidő is értékalapon csökken, amit – többek között – az alvivők távolságának és az átlagos szimbólumidők állandó értéken tartása tesz lehetővé. Az OFDM tehát felfogható egyfajta OFDM csatornanyalábolási eljárásnak, amely lehetővé teszi az IMT-2020 ajánlásban meghatározott átviteli adatsebesség megközelítését/elérését.



2. táblázat. OFDMA-paraméterek (A szerző szerkesztése a [37] alapján)

Alapparaméterek		Csatornaértékek				
sávszélesség (MHz)	BW	1,25	2,5	5	10	20
mintavételi frekvencia (MHz)	$F_s = \frac{8}{7}BW$	1,429	2,857	5,714	11,429	22,857
mintavételi idő (μs)	$T_s = 1/F_s$	0,7	0,35	0,175	0,088	0,044
FFT (alvivők) száma	N	128	256	521	1024	2048
alvivők távolsága (kHz)	$\Delta f = F_s/N$	11,16071429				
átlag szimbólumidő <sup>55</sup> (μs)	$T_b = 1/f$	89,6				
védőintervallum ideje (μs)	$T_g$	22,4	11,2	5,6	2,8	
OFDMA-szimbólumidő (μs)	$T_s = T_b + T_g$	112	100,8	95,2	92,4	

**ALKALMAZANDÓ MODULÁCIÓS ELJÁRÁSOK A RENDSZERKÖVETELMÉNYEK KIELÉGÍTÉSÉRE**

A fent bemutatott OFDM, és annak különböző verziói, valamint a csatornanyalábolással kialakított OFDMA lehetnek – holisztikus megközelítésben – azon modulációs eljárások, amelyek (már meglévő vagy tervezett) szabványosítása megvalósíthatja az IMT-2020 ajánlásban kitűzött célokat. Úgy vélem, hogy a bemutatott modulációs eljárások közül az adó- és a vevőoldali berendezéseknek autonóm módon, az átviteli csatorna folyamatos vizsgálatát és a konklúziót levonva, azaz kognitív módon kell kiválasztaniuk, alkalmazniuk, mérniük/vizsgálaniuk és automatikusan változtatniuk a kisugárzott információcsomagok modulációs eljárásait, a kisugárzási teljesítményt annak érdekében, hogy az előírtaknak megfelelő vételi jelszint, az adófokozat jelei kerüljenek a visszaállításra a vételi pontokon.

Mivel a vevőoldali berendezések (UE) is szoftvervezérelt eszközök, így – a hardverparaméterek rendelkezésre állása esetében – a hálózatfrissítésekkel szinkronizált UE-szoftverfrissítések adhatják meg a legnagyobb hatásfokkal működő, az egymással korreláló nódusokat a kialakítandó koherens vezeték nélküli adatátviteli rendszerekben. A hálózatkialakításnak fokozottan figyelemmel kell lennie a végponti felhasználók termináljainak a mozgásából adódó cellaváltásokra, a többnyire a környező műtárgyak és a máris zsúfolt EM-csatornákban jelen lévő interferenciákra, azaz a csatornajellemzők változására, és azok szabványosított szintértékekre történő beállítására, illesztésére.

Úgy vélem, a jelen és a közeljövő technológiai fejlesztései alapvetően mozdulnak el a szoftverfejlesztések irányába az 5GS-ben megnyíló új frekvenciasávok optimális kihasználására, a frekvenciasávok cellás újrafelhasználására. Ugyanakkor az 5GS számára kijelölt frekvenciasávokban történő rádióforgalmazások magas követelményeket támasztanak mind a bázisállomások, mind az vevőoldali berendezések antennakialakításában és így innovatív megoldásokat igényelnek.

**ÖSSZEFOGLALÁS**

E rövidre szabott, az egyes modulációs/adatátviteli módokat bemutató információhalmazból jól körvonalazható, hogy az IMT-2020 ajánlásainak az OFDM valamelyik változata fog alapul szolgálni, az ajánláson túl – jelen ismereteink alapján – a későbbi szabványnak ezt a modulációs

megoldást kell alapeljárási tekintenie. Természetesen egy adott, az országos cellás hálózati lefedettség elérése céljából kialakítandó vezeték nélküli hálózatnak ötvöznie kell a városi környezet (MAN<sup>56</sup>) és a hézagosabb településkialakításhoz méretezett, azok lefedésére szolgáló hálózati szabványokat, amely nyilvánvalóan jelentős kihívásokat jelent már jelenleg is a hálózattervező mérnökök számára. Alapvetésként tekintek tehát a vezeték nélküli hálózatok evolúciójának átfogó megközelítésére és a már létező, valamint a fejlesztendő hálózatok és azok alapösszetevőinek a koherenciájára. Az IMT-2020 ajánlásban megfogalmazott műszaki paraméterek biztosítása csakis a már meglévő 3G, LTE-A rendszerparaméterek egyfajta további fejlesztésével alakíthatók ki.

Értelemzésem szerint a további tudományos kutatásoknak alapvetően két irányban kell folyniuk. Egyrészt – rendszer szinten – a végfelhasználói terminálok, mint szoftvervezérelt kognitív adó-vevőkészülékek területén azt kell elérni, hogy az IMT-2020 ajánlás mielőbb szabvánnyá lépjen elő, ezzel az ipari (gyártói) folyamatok kerülnek a nemzetközi szinteken is egységesítésre. Belátható, hogy mind az adó-, mind a vevőoldalon a korábbi vezeték nélküli hálózatok műszaki megoldásainak az ötvözése az újabb kihívásokkal jelentős hardver- és szoftverigényt támaszt. Ugyanakkor a szoftverfejlesztéseknek lépést kell tartaniuk a lecsökkentett komputációs, a lehető legkisebb energiateljesítményre optimalizált műszaki részlemek kialakításának igényével. Nem hanyagolható el az átviteli csatorna minősége sem, hiszen a digitális átállás [38][39] következtében megannyi, a korábban nemzeti és európai uniós törvényekben rögzített rádióforgalmi sávok, csatornák (frekvenciák) szabadultak fel az analóg átvitel terhelése alól, ami átgondolt spektrum-menedzsmentet követel meg. Ugyanakkor e frekvenciák cellán belüli felhasználása, újrafelhasználása jelentősen megnöveli a csatornainterferencia lehetőségét, amely ellen műszaki megoldásokkal kell védekezni. A mielőbb szabványosított hálózatelemek és maga a vezeték nélküli hálózat kialakításának műszaki megoldásai megvalósíthatják a nemzetközi szinten is kölcsönösen összekapcsolt és illesztett vezeték nélküli, a cellás rendszerek koherens alkalmazását.

Másrészt a katonai jellegű kutatásoknak arra kell választ találniuk, hogyan lehetséges a nemzeti és a szövetségi kötelezettségeinkből fakadó hálózatfejlesztési igényeinket úgy összehangolni, hogy azzal megteremtjük a katonai alkalmazások optimális üzemeltetését legalább a válságreaktív műveletek szintjén. Ugyanakkor kitekintéssel kell

lennünk egy perspektivikus, több hadszínteres egyesített NATO-művelet eredményes végrehajtására, fel- és kihasználva a már üzemelő, a már kiépített vezeték nélküli rendszerek infrastruktúráját. A katonai hálózatok tekintetében jelentős mértékben merül fel az igény a minősített adatátvitel tervezésére és ezen minősített vezeték nélküli hálózatok üzemeltetésére, amely gondos odafigyelést, harmonizációt követel meg a nemzeti és a szövetségi rendszerekben tervezett hálózatelemekre, nem csak a hardver- és szoftver elemek vonatkozásában.

A továbbiakban tehát e kettős vizsgálati terület korrelációja hozhatja meg a kívánt eredményeket a katonai vezeték nélküli hálózatok tervezésének vonatkozásában. Mindkét terület további kutatást és – a műszaki eljárások kidolgozását követően – jelentős számú vizsgálati eljárás kidolgozását, végrehajtását igényli annak érdekében, hogy a későbbi, a kialakított katonai alhálózatunk a rendszer (műszaki) optimumán működjék.

## HIVATKOZÁSOK

- [23] Praveen Kumar Singya, Parvez Shaik, Nagendra Kumar, Vimal Bhatia, Mohamed-Slim Alouini, „A survey on design and performance of High-Order QAM constellations.” <https://arxiv.org/abs/2004.14708>, pp. 4–6.;
- [24] R. Keim, „Understanding Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) Modulation” EETech Media LLC, 17 August 2016. <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/quadrature-phase-shift-keying-qpsk-modulation/> (Letöltve: 2020.4.16.);
- [25] Mádi Gábor, „LTE uplink rádiós interfész szimulációs vizsgálata.” Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamos és Informatikai Kar, Híradástechnikai Tanszék 2009, p. 25.;
- [26] Sheridam, Kocot, „Quadrature Amplitude Modulation, Optical Fiber Telecommunications” (6. edition) 2013 <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/quadrature-amplitude-modulation> (Letöltve: 2020.4.16.);
- [27] J. Houghton, „Calculating QAM bandwidths gains” *NeoPhotonics Review*, 12 December 2017, p.15.;
- [28] Németh András, Károly Krisztián, „Erőkövetés megvalósításának lehetőségei korszerű harcászati rádiórendszerek kommunikációs csatornáin.” *Honvédségi Szemle* 145. évf. 4. szám (2017): 120–131.;
- [29] Németh András, Károly Krisztián, „Korszerű rövidhullámú harcászati rádióeszközök erőkövető rendszerekben való alkalmazhatóságának vizsgálata.” *Honvédségi Szemle* 144. évf. 6. szám (2016.): 65–78.;
- [30] Károly Krisztián, „Globális Műholdas Navigációs Rendszerek alkalmazási lehetőségei katonai és polgári célú flotta- és erőkövetési rendszerekben (1.)” *Honvédségi Szemle* 146. évf. 1. szám (2018.): 83–97.;
- [31] Zs. Kollár, P. Horváth, „Equalization of multicarrier cognitive radio transmission over multipath channel with large delay spreads.” *Infocommunications Journal* 3, No. 2. (June 2011): pp. 45–46.;
- [32] H. Bölcskei, MIMO-OFDM wireless systems: basics, perspectives and challenges, *IEEE Wireless Communications* (August 2006), pp.18–23.;
- [33] Farhang-Boroujeny, Behrouz, és ChungHim (George) Yuen. „Cosine Modulated and Offset QAM Filter Bank Multicarrier Techniques: A Continuous-Time Prospect”. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* 2010, sz. 1 (2010. december): 165654. <https://doi.org/10.1155/2010/165654>;
- [34] Char-Dir Chung és Shih-Ming Cho. „Constant-envelope orthogonal frequency division multiplexing modulation”. In *Fifth Asia-Pacific Conference on ... and Fourth Optoelectronics and Communications Conference on Communications*, 629–32 köt.1. Beijing, China: IEEE, 1999. <https://doi.org/10.1109/APCC.1999.824966>;
- [35] Choi, Kim, „MC/MC-DS dual-mode adaptive multi-carrier code division multiple access (CDMA) apparatus and method thereof” Electronics and Telecommunications Research Institute US7349460B2 Patent, 25 March 2008. <https://patents.google.com/patent/US7349460B2/en> (Letöltve: 2020.2.1.);
- [36] „IEEE 802.16-2004 WiMAX” <http://www.ieee802.org/16/pubs/80216-2004.html>, (Letöltve: 2019.12.22.);
- [37] Rohde & Schwarz, „1MA96\_0E General information about the standard 802.16, Application Note for WiMAX” April 2020 p. 22.;
- [38] Rozgonyi Krisztina, „A digitális átállás folyamata és helyzete Magyarországon – régiós kitekintésben” Médiakutató online, 2012 április, [https://www.mediakutato.hu/cikk/2012\\_04\\_tel/06\\_digitalis\\_atallas\\_folyamata/](https://www.mediakutato.hu/cikk/2012_04_tel/06_digitalis_atallas_folyamata/) (Letöltve: 2020.5.10.);
- [39] Nemzeti Média és Hírközlési Hatóság (NMHH), „Digitális átállás az otthoni telefonálásban” 2016. június 27, [http://nmhh.hu/cikk/171006/Digitalis\\_atallas\\_az\\_otthoni\\_telefonalasban](http://nmhh.hu/cikk/171006/Digitalis_atallas_az_otthoni_telefonalasban) (Letöltve: 2020.5.6.);
- [40] Shrikant, Manikandan, Murugesapandian, „OFDMA: is it he multiple system of the future?” AU KBC Research Center Chennai India.

## JEGYZETEK

- 44 Az OFDM részcsatornák frekvenciái – nagyságrendileg – néhány száz és ezer közötti mennyiségtartományba tehetők. Itt a segédvívök egymástól való távolsága néhány száz kHz-től néhány kHz-ig terjedhet. E vivőtávolság meghatározása a csatornajellemzők függvénye, míg azok számának meghatározása a teljes sáv szélesség függvényében történik. Az LTE-A esetében a segédvívök távolsága 15 kHz, azonban a számuk függ a sáv szélességtől, így 10 MHz-es sáv szélességnél az alvívök száma 600, míg 20 MHz-nél ez kétszereződik. [25]
- 45 Csatornaáthallás (szivárgás) – Adjacent Channel Leakage.
- 46 FBMC – Filter Bank Multicarrier.
- 47 CE-OFDM – Constant Envelope Orthogonal Frequency Division Multiplexing.
- 48 CPM – Constant Phase Modulation.
- 49 A többvívös kódosztású átvitel lényege, hogy a szimbólumok alvívök segítségével kerülnek továbbításra szórt spektrumú (spread-spectrum multiple access) átvittel. A szimbólumok visszaalakítását a vevőoldalon a kódoláshoz alkalmazott pszeudorandom kódtábla ismerete teszi lehetővé (3G és GSM hálózatok alapszabványa).
- 50 Az IEEE 802.20 szabványú adatátvitel szintén OFDMA-t alkalmaz a csatornanyálalás megvalósítására (FLARION vállalkozás fejlesztése).
- 51 OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access.
- 52 ASM – Adjacent Subcarrier Method.
- 53 DSM – Diversity Subcarrier Method.
- 54 FFT size – Fast Fourier Transformation size.
- 55 Átlagos szimbólumidő az IEEE 802.16-2004 szabványban rögzített érték.
- 56 MAN – Metropolitan Area Network.



Ember István\* – Dr. Kovács Zoltán\*\*

# Mini drónok lehetséges alkalmazása tűzszerész műveletekben

## BEVEZETÉS

A tűzszerészek élete kihívásokkal teli, mivel nap mint nap életveszélyes robbanótesteket hatástalanítanak. Hazánkban a Rendőrség szakemberei kezelik a terrorcselekményekkel összefüggő eseményeket és a Magyar Honvédség (MH) tűzszerész katonái hatástalanítják a hadi eredetű robbanótesteket.<sup>1</sup> Fontos megjegyeznünk, hogy – NATO-tagságunkból eredően – szövetségi környezetben, Magyarország határain kívül improvizált robbanótestekkel (Improvised Explosive Device – IED) kapcsolatos feladatai is adódhatnak a Magyar Honvédség 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred (MH 1. HTHE) szakembereinek.

Magyarország a II. világháború alatt hat hónapon keresztül az európai műveletek egyik kiemelt hadszíntere volt, a szemben álló felek jelentős mennyiségben vetették be egymás ellen a különböző gránátokat és bombákat. Egyes becslések szerint ezeket az eszközöket a tömeges akciók során százmillió darabszámban vetették be, és az azóta tartó folyamatos hatástalanítás során megsemmisített veszélyes hadianyagok száma ezt valóban igazolja is.

Egy napjainkban tapasztalható jelenség, a pilóta nélküli légi járművek elterjedése komoly jogi és technikai problémákat is felvet. Gyakorlatilag bárki beszerezhet viszonylag alacsony áron ilyen eszközöket hobbi célokra – mint például a légi fényképezés –, de ipari felhasználásuk is egyre jelentősebb, sőt a fegyveres erők eszköztárában egyre komolyabb szerephez jutnak. [1] A különböző szolgáltatásokban is lassan nélkülözhetetlenné válnak a pilóta nélküli légi járművek, amelyeket a csomagszállítástól az épületek energetikai vizsgálatán át, az őrzés-védelem területéig mindenhol alkalmaznak.

A fent felsorolt okok miatt fontosnak tartjuk a téma vizsgálatát, különös tekintettel arra, hogy az miként illeszkedik a kijelölt kutatási irányokhoz [2; 5. o.], hiszen a haderő fejlesztésének alapja a modern technológiák implementálása. Mivel a technológia kellően kiforrott, ezért nem csupán általánosságban, hanem egyes speciális típusok lehetséges szerepét, alkalmazását is érdemes megvizsgálni a tűzszerész szakfeladatokban. Feltételezésünk szerint a mini drónok segíthetnek a tűzszerész szakmai tevékenység egyes részfeladatainak végrehajtásában, és a komplexebb

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A tűzszerészek, élet- és balesetveszélyes hivatásuk során különleges felszereléseket alkalmaznak. A modern technika alkalmazása hozzájárulhat a feladatok biztonságos végrehajtásához. A napjainkban már hétköznapi eszközöknek számító mini drónok több területen is képesek optimalizálni ezeket a szakfeladatokat, és sok esetben a biztonságot is növelhetik. Ezek a technikai eszközök, viszonylag alacsony beszerzési árúhoz képest jelentős előnyöket nyújthatnak a szakemberek számára.

**KULCSSZAVAK:** hatástalanítás, felkutatás, tűzszerészet, robbantás, drón

**ABSTRACT:** The explosive ordnance disposal operators pursue a very lethal profession, and in the course of their job they use special equipment. The modern instruments contribute to improve the safety during their tasks. Nowadays, the use of mini drones is ordinary, and they are able to optimize the daily work of these professionals. Such a mini drone may be the base of some extra safety measures. These technical appliances are not expensive, but they might provide advantages for explosive ordnance disposal experts.

**KEY WORDS:** deactivation, search, explosive ordnance disposal, blasting, drone

\* Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Műveleti Támogató Tanszék, ORCID: 0000-0002-9877-0366

\*\* Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Műveleti Támogató Tanszék, ORCID: 0000-0001-9098-1997

típusokhoz képest – néhány tekintetben – előnyösebbek lehetnek.

A területi korlátok és a téma komplexitása – pl. a multilaterális műveletekben való részvétel és az idegen országban történő alkalmazás miatt – tanulmányunkban nem vizsgáljuk a vonatkozó jogi környezetet.

## A KATONAI TŰZSERÉSZET MAGYARORSZÁGON

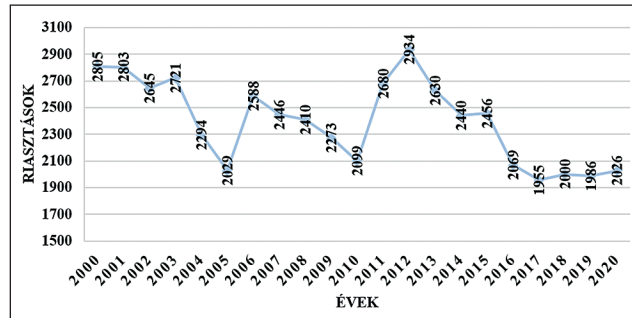
A vonatkozó jogszabály értelmében a közszolgálatához kapcsolódó tűzserész feladatok ellátása érdekében az MH 24 órás ügyeleti rendszert működtet a feltételezett robbanótestekről szóló bejelentések kezelésére.<sup>2</sup> Több mint 75 év telt el a II. világháborút Európában lezáró német fegyverletétel óta, mégis hatalmas mennyiségben kerülnek elő az életveszélyes eszközök, évente több ezer riasztás érkezik (2. ábra) az ügyeletre. Hogyan lehetséges, hogy ennyi évvel a háborús cselekmények után még továbbra is dolgoznak annak káros következményeinek elhárításán? A választ az annak idején elképesztő mennyiségben felhasznált pusztító eszköz adja.

A II. világháború után a robbanótestek hatástalanítását a szovjet műszaki csapatok végezték, mert a gazdaság és az ipar beindításának alapfeltétele volt, hogy az országban fellelhető aknamezőket mentesítsék, valamint a gránátokat, lőszereket elszállítsák és hatástalanítsák. A munka volumenét jól mutatja, hogy a szovjet műszakiak 1946. augusztus 10-ig közel 1 millió pusztítóeszközt hatástalanítottak. [3; 7. o.] A tűzserészek a 6. honvéd kerületben – amely mintegy három megyére terjed ki –, 1946. márciusáig összesen közel 38 millió robbanótestet hatástalanítottak [3; 16. o.]. A leginkább meglepő tény azonban az, hogy ezek az eszközök csupán néhány százalékát tették ki a harcok során alkalmazott robbanótesteknek.

A tűzserészek számára minden egyes helyszín kihívásokkal teli. A hatástalanításról sablonos elvek mentén gondolkodni akkor sem szabad, ha egy jól ismert robbanótesttípusról van szó. Ennek azért van jelentősége, mert ezekben a robbanótestekben katonai minőségű robbanóanyagok találhatók, amelyek kifejezetten stabilak [4], de a különböző környezeti hatások vegyi átalakulást válthatnak ki bennük. Egy-egy ilyen átalakulás jelentősen ronthatja a robbanótestek tölteteinek érzéketlenségét. Ilyen szempontból egy viszonylag könnyen hatástalanítható eszköz is potenciálisan veszélyes lehet. Ez azért is fontos, mert a szakembereknek az elmúlt 21 év átlaga alapján (2. ábra) évente több mint 2300 helyszínen kell szembenézniük a veszélyes hadianyagokkal. Fontos megjegyezni, hogy további kihívásokat jelenthetnek majd a katonai minőségű új robbanóanyagok [5], de tanulmányunkban ezt a területet nem vizsgáljuk.

Egy harcanyag hatástalanításakor a helyszín sokszor többet nyom a latban, mint maga a robbanótest. Lakott területen szinte mindig állampolgári korlátozások bevezetése szükséges, mert a katonai tűzserészek munkája a legnagyobb körültekintés mellett is életveszélyes. Ez a civil lakosság számára rengeteg kellemetlenséggel járhat, sokaknak el kell hagyniuk az otthonukat, munkahelyüket, mert a feladatok során az ő biztonságuk élvez elsőbbséget. Ilyen esetben meghatározó, hogy a kiürített biztonsági zónát a szakemberek körültekintő módon jelölik ki, és csak a hatástalanításba bevont állomány tartózkodik a zónában. Magyarországon ilyen műveletekben a társszervek<sup>3</sup> jogosultak a korlátozó intézkedések bevezetésére.

A lakott területektől távoli helyszínek esetében viszonylag nehéz pontosan meghatározni az adott robbanóeszköz helyét, mert azokat többnyire civil állampolgárok találják



2. ábra. Éves riasztások száma 2000–2020 között (A szerzők szerkesztése az MH 1. HTHE archívuma adatai alapján.)



3. ábra. Az ANDROS F-6A típusú, távirányítású nehéz tűzserész robot az afganisztáni műveletekben is segítette a magyar tűzserészek munkáját (Fotó: HM Zrínyi Nonprofit Kft./honvedelem.hu)

meg, akik nem feltétlenül képesek a GPS-koordináták meghatározására. A helyszínre kirendelt rendőrjárőr esetében is hasonló problémák adódhatnak, különösen akkor, ha az adott terepviszonyok, az alkalmazott eszköz és a napszak vonatkozásában nem lehetséges pontos GPS-adatok rögzítése.

A robbanótestek megsemmisítése önmagában is kifejezetten összetett feladat. A helyszíni parancsnoknak a hatástalanításon túl szigorúan felügyelnie kell az általános robbantási előírások betartását és a biztonsági intézkedések végrehajtását. Ez utóbbit csak korlátozottan, hiszen a helyszínen lévő társszervek sok tekintetben eljárnak ennek érdekében. A felelőség azonban az ő vállán nyugszik, mert meg kell határozni a biztonsági zóna méretét, a megsemmisítési területen pedig zárópontokat kell kijelölnie.

Szakmai szempontból mindenképpen figyelembe kell venni az improvizált robbanótesteket, amelyek a terror fegyvereiként meglehetősen elterjedtek a világban. [6] Ezeknek a robbanótesteknek számtalan formája létezik, jelentősen megnehezítve a szakemberek munkáját. Nem ipari körülmények között készülnek, de alkotóelemeik sok esetben – kézenfekvő módon – katonai eredetű robbanótestek [7; 35–36. o.] [8; 106. o.], hiszen ilyen hadianyagokhoz műveleti területen viszonylag könnyen hozzá lehet jutni. Természetesen felmerülhet a lehetősége az ABV (atom-, biológiai és vegyi) robbanótestek hatástalanításának is, amely még összetettebb feladat. Ebben az esetben robbanótest hatástalanításának fogásai mellett ismerni kell a vegyvédelmi teendőket is. [9]





4. ábra. A lett különleges műveleti erők felderítő drónja az Ādaži település katonai gyakorlótrén tartott technikai bemutatón, 2021 szeptemberében (Fotók: LMT Innovations)

Ahogy korábbi vizsgálatunkban megállapítottuk, tűzszerész szempontból drónok alkalmazása két területen lehetséges:

- tűzszerészeti felderítés esetén;
- megsemmisítési, hatástalanítási, valamint robbantási feladatok során. (4. ábra) [10]

### KOMPLEX VAGY KOMPAKT?

A nagyobb teljesítményű eszközökkel kapcsolatban már rendelkezünk adatokkal arról, hogy milyen paraméterek mentén szükséges típust választani. Ezek a hazai alkalmazás esetén a következők:

- minimum néhány kilométeres távolságról távirányítható;
- nagy felbontású optikai eszközzel felszerelhető, amely képes nagyításra, éjjellátó funkcióval rendelkezik és hőkameraként is funkcionál;
- hosszú a repülési ideje, ezért nagy kapacitású akkumulátorral, vagy könnyen cserélhető akkumulátorral rendelkezik [10; 94–95. o.].

A fenti követelmények kibővítendőek, ha az eszközt külföldi, azaz missziós szerepvállalás során alkalmazzák. Ilyen esetekben egy moduláris platform, fokozottabb időjárásállóság, csökkentett karbantartásigény és védett frekvencia-tartomány is felmerül jogos igényként.

Ennyi technikai felszerelés hordozására kizárólag egy nagyobb méretű eszköz alkalmas, amelynek a beszerzési ára is jelentős, legalábbis a mini társaikhoz viszonyítva. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy bármelyik változat is könnyen nélkülözhető, hiszen az elvégzendő feladatokhoz képest kell kiválasztani a legmegfelelőbb IED-et.

A mini eszközök méretükből és egyéb paramétereikből adódóan csak korlátozott számú felszerelést képesek hordozni, de előfordulhatnak olyan helyzetek, amikor a gyors alkalmazási képesség felülírhatja a széles spektrumon begyűjthető információk mennyiségét. Egy-egy mini méretű drón elérhet egy katona zsebében, és a terepen szükség esetén pillanatok alatt beüzemelhető.

Esetünkben több tényezőt kell figyelembe venni. A komplex, nagyobb méretű típusok több eszközt képesek hordozni, akár egyszerre is; hatótávolságban és repülési időben is többet nyújthatnak, relatíve azonban nagy helyet foglalnak el. Ez utóbbi különösen akkor értelmezhető, ha a szakembereknek gyalogosan kell megközelíteniük az egyes helyszíneket, mert olyankor komoly jelentősége lehet, hogy milyen felszerelést visznek magukkal. Esetenként több kilométert is gyalog kell megtenniük, mindezt terepen, tehát kulcskérdés, hogy a gépjárműnyi felszerelésből melyek kerülnek a málhazsákba.

Adott tehát az igény egy olyan eszközre, amely, ha korlátozott képességekkel is rendelkezik, de képes optimálisabbá tenni a feladatok végrehajtását.

### MILYEN ESETEKBE LEHETSÉGES AZ ALKALMAZÁSUK?

Alkalmazásukra elsősorban településen kívül folytatott tűzszerész szakfeladatok esetén kerülhet sor. Lakott területen a feladat végrehajtásának üteme egészen más, mivel ott a feltételezett robbanótest felderítési szakasza általában jelentősen rövidebb. A legidőigényesebb tevékenység a társszervekre hárul, mivel a korlátozó intézkedések teljes körű végrehajtása sokszor órákig is eltarthat. Ez az időszak



5. ábra. Tűzserész szakfeladat során alkalmazott távirányítású eszközök kombinált alkalmazása [15]

lehetőséget biztosít a szakállománynak, hogy akár egy bonyolultabb, lassabban beüzemeltető eszközt is idővesztés nélkül alkalmazzon.

Az urbanizált környezetet elhagyva ez a trend megfordul. A robbanótestek megtalálása sokszor akár órákat vesz igénybe, míg korlátozásokkal gyakorlatilag elvétve kell foglalkozni. Ez nem azt jelenti, hogy nem szükségesek óvintézkedések, de a biztonsági zóna területén általában nem tartózkodik senki, csak a kísérő rendőrjárőr, akinek szintén el kell hagynia az érintett területet.

Ilyen körülmények között a felkutatási idő csökkentése szükséges. Fontos tisztázni, hogy hazánkban a közszolgálati feladatok során alapvetően már valaki által megtalált eszközöket hatástalanítanak a tűzserészek. Ilyenkor ezek a feltételezett robbanótestek már teljesen vagy részlegesen a talaj felszínén találhatóak, és robbanásveszélyre figyelmeztető jelzéssel vannak ellátva.

A mini drónok sokat segíthetnek, különösen a vezetés megvalósításában, egy összetett helyszín esetében. Sokszor egy néhány perces repülési idő is nélkülözhetetlen lehet az előjáró számára. A helyszínen hatástalanítást végző szakemberek tevékenységének ellenőrzése, felügyelete ugyan nem felel meg a helyszíni, közeli jelenlétnek, de ez a hiányosság méltányolható. Minden olyan lehetőség, amely csökkenti az adott robbanótest pusztítási zónájában tartózkodók számát, előnyös lehet. Ilyen esetekben az ellenőrzést végző személy direkt módon nem hatástalanít, szakmai tapasztalatával, gyakorlatával felvértezve ellenőrzi a végrehajtás folyamatát. Egy-egy ilyen

6. ábra. Az Amerikai Egyesült Államok haderejének (U. S. Army) katonája éppen egy PD-100 Black Hornet személyi felderítő (PRS – Personal Reconnaissance System) mini drónt indít [16]



esetnél mini drónok alkalmazásával csökkenthető az életveszélyben lévő személyek száma, amely minden esetben a tűzserész szaktevékenység alapvetése. Ezek a repülő eszközök korlátjaikhoz képest tehát alkalmasak lehetnek az ellenőrző tevékenység támogatására.

A megsemmisítéseknél, robbantási feladatoknál szintén mérlegelhető a mini drónok bevetése. Természetesen a komplex típusokhoz képest itt is mérlegelni kell a limitált repülési időt és a kamera képfelbontását. Ezek a korlátok azonban nem zárják ki a bevetés lehetőségét, hiszen több olyan lépése van ezeknek a folyamatoknak, ahol a távirányítható, kisméretű repülőeszközök alkalmazása jelentős előnyöket hordozhat. Ilyen előny lehet például, ha megszakad a kapcsolat valamelyik részfeladatot ellátó munkacsoporttal, mert ilyenkor a vezető gyorsan meggyőződhet arról, hogy éppen milyen munkafolyamatot hajtanak végre. További lehetőség a biztonsági zónába vezető utakon kialakított zárópontok üzemelésének ellenőrzése, amely a feladat veszélyessége okán meghatározó fontosságú lehet. A továbbiakban alkalmazhatók még az ilyen eszközök a robbantást megelőző gyors helyszíni szemrevételezés elvégzésére, amely során lehetőség nyílik a kialakított robbantóhálózat és a biztonsági zóna egy magasabb nézőpontból történő ellenőrzésére. Ez a technikai megoldás nagyban javíthatja a robbantási feladat vezetőjének biztonságérzetét. Precíziós robbantások, kumulatív töltetek alkalmazása esetén a mini drónok lehetővé teszik a robbanás folyamatának ellenőrzését, azonban kizárólag kis összesített töltettömeggű, és az alapvetően repeszhatástól mentes esetek jöhetnek számításba.

A robbantási feladatokat követően az elsődleges helyszíni vizsgálat legpraktikusabb eszköze szintén egy drón lehet, hiszen ilyen esetekben az egészségére kifejezetten káros gázok kerülnek a levegőbe. A robbantások során keletkező szén-monoxid például akár halálos mérgezést is okozhat [11; 59–60. o.]. Egy ilyen technikai eszközzel nem szükséges feltétlenül kivárni az előírt biztonsági időt, tehát ismét gyorsítható a tevékenység.

Egy további alkalmazási lehetőséggel is számolnunk kell. Egy nem várt robbanás esetén, egy tűzserészbaleset helyszínén a biztonságos megközelítés szintén meghatározó szempont a segítséget nyújtók számára, miközben az eltelt idő a mentés ellensége. Sokat segíthet ilyenkor, ha gyorsan és biztonságos távolságból alkalmazható eszközzel megvizsgálják a baleset helyszínét. Ilyenkor azonosíthatók az esetleges további veszélyforrások annak érdekében, hogy a segítséget nyújtók ne sérüljenek meg feladataik során.

### A SZÁMÍTÁSBA VEHETŐ TÍPUSOK PARAMÉTEREI

A mini drónokkal kapcsolatban elengedhetetlen, hogy meghatározzuk milyen alapvető paraméterekkel kell rendelkezniük:

- repülési idő teljes feltöltöttségnél: minimum 20 perc;
- kompakt méret (összecsukható);
- relatíve kis tömeg: maximum 500 g;
- fedélzeti adatrögzítő: minimum 4 órányi felvétel rögzítése;
- előny, ha gépjárműben is tölthető akkumulátorral rendelkezik;
- repülési távolsága feleljen meg a biztonság növelésének szempontjaiból (minimum 500 m);
- legyen képes magas minőségű képet biztosítani a bemutatott ellenőrzési, felderítési feladatokhoz: minimum 12 Mp.



1. táblázat. A DJI MAVIC Mini és Eachine EX4 RC Quadcopter technikai paramétereinek összehasonlítása  
(A szerzők szerkesztése a [17] [18] alapján)

	DJI MAVIC Mini <sup>4</sup>	Eachine EX4 RC Quadcopter <sup>5</sup>
<b>Tömeg</b>	249 g	437 g
<b>Méret (összecsukva)</b>	138×81×58 mm	177×90×55 mm
<b>Vezérlés</b>	okostelefonról, applikációval könnyen vezérelhető	okostelefonról, applikációval könnyen vezérelhető
<b>Töltés</b>	USB- (Universal Serial Bus: szabványos csatlakozó) csatlakozós töltővel rendelkezik, három akkumulátor egyidejű töltéséhez	USB-csatlakozós töltővel rendelkezik
<b>Memóriakártya</b>	bővíthető	bővíthető
<b>Videóminőség</b>	HD minőségű, High Definition (nagy felbontású)	HD minőségű
<b>Fényképminőség</b>	12 Mp (széles látószög)	4K
<b>Repülési idő</b>	30 perc (rendelkezik könnyen cserélhető akkumulátorral)	25 perc
<b>Alkalmazási távolság</b>	több kilométer (nincs pontos adat)	1–1,2 km

Ahogy a bevezetőben jeleztük, széles körből lehet mérteni ezen az IED-piacon. Érdekes tény, hogy a terrorista szervezetek ezeket a könnyen beszerezhető drónokat nap mint nap alkalmazzák támadásaik irányításához vagy valós végrehajtásához [12; 363. o.]. A bűnös szándékú felhasználók tehát már régen felismerték a potenciált ezekben a technikai eszközökben!

Ahhoz, hogy érdemben, illetve hatékonyabban vegyük fel a versenyt ellenségeinkkel, és a tűzszerészek biztonságosabban végezhessek a II. világháború robbanótesteinek felszámolását, az alábbi mini drón típusok alkalmazása jó iránymutató lehet. Az összehasonlított típusok gyakorlatilag minden előzetesen meghatározott feltételnek megfelelnek.

A DJI MAVIC Mini esetében a beszerzési ár a kategória felső szegmensébe esik, de így is jelentősen olcsóbb, mint

egy nagyobb teherbírású komplex változat. Az Eachine EX4 RC Quadcopter egyes paramétereiben ugyan elmarad az előzőleg bemutatott változattól, de ez a különbség az ár-érték arányban is érvényesül, mert beszerzési ára, hozzávetőleg annak 60%-a (nem reprezentatív adat).

A két bemutatott mini drón bárki számára beszerezhető a világhálón. Természetesen tucatnyi hasonló típus közül lehet válogatni, ezeket a modelleket pusztán szemléltetésként választottuk ki.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Véleményünk szerint a mini drónok alkalmazásának a tűzszerész szakfeladatok során a hazai közszolgálati, és a missziós környezetben végzett feladatok teljesítésekor



7. ábra. DJI MAVIC Mini összecsukott állapotban, mellette a mobiltelefon csatlakoztatására alkalmas vezérlőegység [17]





8. ábra. Eachine EX4 RC Quadcopter nyitott állapotban, alatta a mobiltelefon csatlakoztatására alkalmas vezérlőegység és a hordtáskája [18]

egyaránt adottak a lehetőségei. A megfelelő típusok további vizsgálat tárgyát képezhetik, ahogyan a más szakcsapatoknál, vagy más feladatok során történő lehetséges alkalmazásuk is.

Bár az eszközök jelentősége vitatott, de az Amerikai Egyesült Államok élen jár a haderejének technikai fejlesztésében, és nem véletlenül szereztek be a közelmúltban több ezer mini drónt [13]. Követve a nemzetközi trendet, fontosnak tartjuk, hogy ezek az eszközök mielőbb szerves részét képezzék a tüzserész szakfeladatoknak.

Az eszközök alkalmazása elősegítheti az elsődleges információk begyűjtését a tüzserész helyszíneken, ami önmagában is jelentősen segítheti a szakfeladatok eredményes és optimalizált végrehajtását. Az ellenőrzések során történő alkalmazás jelentősen hozzájárulhat a feladatok balesetmentes és tapasztalat alapú elvégzéséhez, miközben nem emelkedik az életveszélyben lévő személyek száma.

Javasoljuk ilyen jellegű technikai eszközök mielőbbi rendszeresítését a szakcsapatnál, mivel a hazai feltételezett robbanótestek bejelentésének esetszámai és az esetleges missziós feladatok figyelembevételével fontos és meghatározó szempont lehet az optimalizált és biztonságosabb szakfeladat-végrehajtás.

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Daruka Norbert. „Oktokopter a légi szállítás modernizációja, vagy a robbanószerkezetek célba juttatásának újabb lehetősége.” *Repüléstudományi Közlemények*, 26, sz. 2 (2014): pp. 254–255.;
- [2] Boda József – Boldizsár Gábor – Kovács László – Orosz Zoltán – Padányi József – Resperger István – Szenes Zoltán. „A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök.” *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16, (2016): pp. 1–23.;
- [3] Gellért Tibor. *Tüzserészek és aknakutatók*. Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó, 1981.;

- [4] Lukács László. „Bombafenyegetés – robbantószerkezetek a honi katonai robbantástechnikában.” *Repüléstudományi Közlemények*, 25, sz. 2 (2013): pp. 128–143.;
- [5] Kugyela Lóránd. „A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője.” *Katonai Logisztika*, 28 (4) (2020): pp. 58–75. <http://doi.org/10.30583/2020.4.058>;
- [6] Kovács Zoltán, Dénes Kálmán. „Létesítmények közműrendszereinek robbantásos cselekmények általi veszélyeztetettsége és védelme.” *Hadtudományi Szemle*, 12 (Spec. Ed.) (2019): 77–85. <http://doi.org/10.32563/hsz.2019.1.ksz.5>;
- [7] Kovács Zoltán. „Fontos létesítmények IED elleni védelme.” *Műszaki Katonai Közöny*, 22 (Ksz.) (2012): pp. 35–44.;
- [8] Kovács Zoltán. „Repülőtéri létesítmények fizikai védelme IED ellen.” *Repüléstudományi Közlemények* 26, sz. 2 (2014): pp. 106–113.;
- [9] Berek Tamás. „ABV (CBRN) tüzserészcsoporthoz, mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés.” *Bolyai Szemle*, 25, sz. 4 (2016): pp. 22–34.;
- [10] Ember István – Kovács Zoltán. 2020. „Drones Above EOD Operators During Their Public Duty.” *Proceedings of Papers, Blasting Techniques 2020 International Conference*: pp. 90–97. (ISBN 978-80-89914-08-1)
- [11] Hernád Mária – Kugyela Lóránd. „Risk of Carbon Monoxid Intoxication in Explosions.” *Hadmérnök*, 8, sz. 2 (2012): 56–64.
- [12] Krajnc Zoltán. „Drónok, hibrid fenyegetés, terrorizmus a légtérből: A légi hadviselés privatizálása.” *Hadmérnök*, 13, sz. 4 (2018): 358–369.
- [13] Freedberg, Sydney J. Jr. 2019. „Army Buys 9,000 Mini-Drones, Rethinks Ground Robots.” *Breaking defense*, (2019). <https://breakingdefense.com/2019/06/army-buys-9000-mini-drones-for-squads-rethinks-ground-robots-for-2020/> (Letöltés ideje: 2021.4.22.);
- [14] Forrás: <https://twitter.com/verge/status/1256221867351949312/photo/1> (Letöltve: 2021.12.4);
- [15] Forrás: <https://www.militaryaerospace.com/unmanned/article/14169945/explosive-ordnance-disposal-eod-unmanned-vehicles-arctic> (Letöltés: 2021.9.22.);
- [16] Forrás: <https://www.aironline.nl/weblog/2019/11/07/pd-100-black-hornet-de-vliegende-verrekijsker-van-de-nederlandse-strijdkrachten/> (Letöltve: 2021.12.4);
- [17] Forrás: <https://images.crutchfieldonline.com/products/2019/44/964/g964MAVMINI-F.jpg> (Letöltve: 2021.12.4);
- [18] Forrás: <https://dronearena.hu/termek/813-eachine-ex4> (Letöltve: 2021.12.4).

#### JEGYZETEK

- 1 142/1999. (IX. 8.) Kormányrendelet.
- 2 142/1999. (IX. 8.) Kormányrendelet.
- 3 Rendőrség, Katasztrófavédelem.
- 4 MAVIC MINI é. n. (<https://www.dji.com/hu/mavic-mini/specs>.)
- 5 EACHINE é. n. ([https://www.eachine.com/Eachine-EX4-5G-WIFI-1\\_2KM-FPV-GPS-With-4K-HD-Camera-3-Axis-Stable-Gimbal-25-Mins-Flight-Time-RC-Drone-Quadcopter-RTF-Black-With-Storage-Bag-One-Battery-p-1716.html](https://www.eachine.com/Eachine-EX4-5G-WIFI-1_2KM-FPV-GPS-With-4K-HD-Camera-3-Axis-Stable-Gimbal-25-Mins-Flight-Time-RC-Drone-Quadcopter-RTF-Black-With-Storage-Bag-One-Battery-p-1716.html).)

Végvári Zsolt\*

# A korszerű harcjárművek áramellátásának sajátosságai **I. rész**

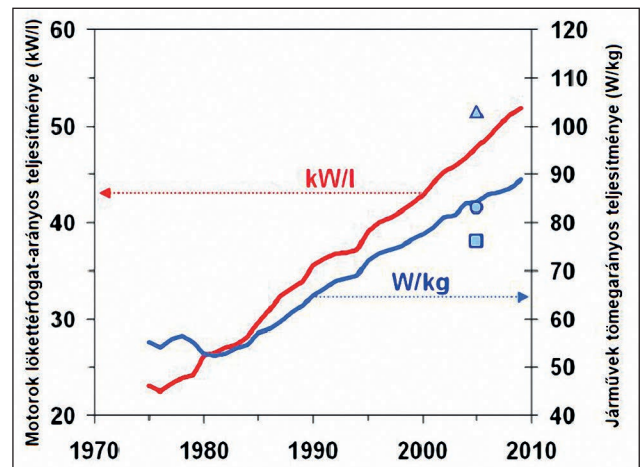
## Kiegészítő áramellátás a Magyar Honvédség újonnan beszerzett harcjárműveiben

### A HARCJÁRMŰVEK FEJLESZTÉSÉNEK KLASSZIKUS IRÁNYVONALA

A harcjárművek fejlesztése már a kezdet kezdetén is a polgári járműgyártáson alapult, vagyis itt megfordult az a hagyományos trend, hogy az új technológiák először mindig a katonaságnál jelennek meg, és onnan terjednek el a mindennapokba. A páncélvonatokat leszámítva az első katonai felhasználású járművek, a páncélautók és a tűzérési vontatók polgári eszközök módosításai voltak csupán, és a már kimondottan katonai célra tervezett és gyártott járművek, az első harckocsik is javarészt polgári technikai megoldásokon alapultak.

Napjainkban a katonai felhasználású gépjárművek és harcjárművek azonban olyan speciális eszközök, amelyek tervezési folyamatában már végig a katonai szempontok dominálnak, de az erőforrás vagy olykor a teljes hajtáslánc az esetek többségében egy jól bevált polgári eszköz adaptációja. A jelentős tömegű harckocsik és önjáró tűzérési eszközök motorja sok esetben már egyedi fejlesztés, hiszen a civil életben aránylag ritkán van szükség 1000 kW-ot meghaladó teljesítményre, ugyanakkor ezek főbb műszaki paramétereit is teljes egészében a gépjárműipar aktuális technikai szintje határozza meg.

Bár úgy tűnik, hogy manapság szárnyal a gépjárműtechnika, valójában a fejlődés üteme – más műszaki tudományterületekkel összevetve – korántsem olyan jelentős. Plasztikusá válik a különbség, ha összehasonlítjuk a gépjárműtechnika elmúlt 40 éves fejlődését az informatikával. Az 1980-as években egy korszerű, 1000 cm<sup>3</sup>-es benzinmotor mintegy 50 kW teljesítmény leadására volt képes, miközben napjainkban előfordulnak 120 kW/l fajlagos teljesítményű erőforrások is. Tehát az azonos lökettérfogatból nyerhető teljesítmény 40 év alatt kb. a két és félszeresére nőtt. [1] Ha a motor saját tömegéhez viszonyítva nézzük a telje-



1. ábra. A gépjárműmotorok fajlagos teljesítményének fejlődése (piros vonaldiagram). A kék vonaldiagram nem a motorok, hanem a teljes gépjármű tömegéhez viszonyítja a teljesítményt az USA gépjárműflottája átlagát tekintve. A négyzet a kishaszongépjármű, a kör a szedán, a háromszög a sportkocsi tömegarányos teljesítményét jelöli (A szerző szerkesztése [1] alapján)

sítmény változását, akkor ez az arány csak kb. kétszeres (kb. 3 kW/kg – 6 kW/kg), mert bár egyes alkatrészek (pl. tipikusan a hengerfej) tömege az alumínium gyártástechnika fejlődésével lecsökkent, de ezzel párhuzamosan számos új alkatrész (turbófeltöltő, intercooler) is megjelent. (1. ábra)

Mindeközben a számítógépek lelkét jelentő processzorok teljesítménye (mérés szám nélkül az egységnyi idő alatt végzett elemi számítások száma) az egymilliószorosára

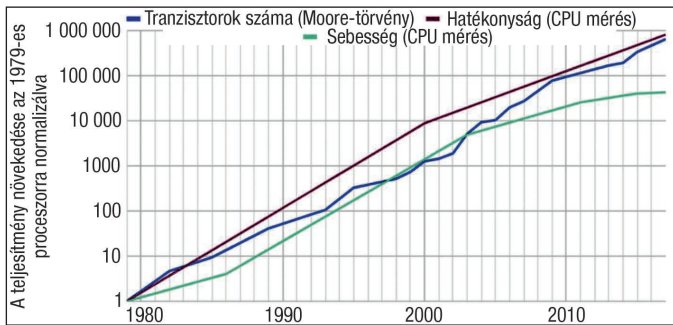
**ÖSSZEFOGLALÁS:** A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében igen sok új, korszerű harcjármű beszerzéséről született döntés, amelynek következtében jelentősen megújul a szárazföldi csapatok eszközállománya. Az új járművek új képességeket is jelentenek, de az új képességek új műszaki problémákat is hoznak magukkal. A korszerű harcjárművek számos olyan fedélzeti eszközzel rendelkeznek, amelyekkel a korábbiak nem voltak felszerelve, és az új berendezések energiaellátása komoly műszaki kihívást jelent. A tanulmány azt vizsgálja, hogy milyen megoldások születtek erre a problémára külföldön, illetve hazánkban a most rendszeresítésre kerülő eszközökben.

**KULCSSZAVAK:** korszerű harcjárművek, áramellátás, kiegészítő áramellátás, segédaggregátor, Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program

**ABSTRACT:** Under the Defence and Armed Forces Development Program, a large number of new, modern combat vehicles have been decided to procure, as a result of which the equipment of the ground troops will be greatly renewed. New vehicles also mean new capabilities, but new capabilities also bring new technical problems. Modern combat vehicles have a number of on-board devices that previous ones do not, and their power supply is a serious technical challenge. The article examines what solutions have been found to this problem in the world and in the newly procured combat vehicles of HDF.

**KEY WORDS:** combat vehicles, power supply, APU, Defence and Armed Forces Development Program

\* Mk. alezredes, MH Modernizációs Intézet, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola. ORCID: 0000-0003-2543-6049



2. ábra. A processzorok teljesítményének változása (A szerző szerkesztése [2] alapján)

nőtt. Ha figyelembe vesszük, hogy ezen idő alatt a processzorok mérete és fogyasztása is megnőtt, akkor is tíz- vagy százezerszeres a növekedés (2. ábra). Ha a dugattyús motorok ilyen ütemben fejlődtek volna ebben az időszakban, akkor ma egy átlagos személyautó 100 kW-os motorja szelőszen elférne a kesztyűtartóban is.

Az egyik legismertebb harcjármű a harckocsi, amely harcértékét a II. világháborút követő időszakban is még sokáig a mozgékony-ság-páncélvédettség-tűzerő hármasságban vizsgálták. Adott technológiai szinten egyik jellemző sem növelhető, csak a másik kettő rovására. Például, ha a tűzerőt kívánjuk növelni, az nagyobb harckocsiágyú beépítését feltételezi, de akkor ugyanazzal az erőforrással csak úgy lesznek tarthatók a jármű menetdinamikai paraméterei, ha csökkentjük a páncélzat méretét (azaz a védettséget). Tehát klasszikus értelemben a védettséget a páncélzat mennyisége (tömege), a tűzerőt az elsődleges fegyverzet űrmérete, míg a mozgékony-ságot az erőforrás teljesítménye határozza meg elsősorban. [3] Hagyományosan a többi harcjármű (gyalog-sági harcjárművek, önjáró tűzér-ségi eszközök) harcértékét is szokás csupán ebben a kontextusban értelmezni.

Ugyanakkor fontos felismerni, hogy a páncélzat, a fegyverzet és az erőforrások fejlesztésének tekintetében mára nagyon kevés potenciál maradt. Anyagtechnológiai korlátok miatt már nem készíthető sokkal hatékonyabb páncélzat azonos térfogat és tömeg mellett (és ezen a reaktív páncélzat sem tudott sokat változtatni). Hasonlóképpen a nagyobb tűzerejű, vagyis nagyobb űrméretű fegyverek tömege is evidens módon nagyobb. A belső égésű motorok (a dugattyús motorokat és a gázturbinákat egyaránt figyelembe véve) pedig már jelenleg is igen közel állnak a hatásfokuk elméleti maximumához. Ráadásul mindeközben a szerkezeti felépítésük – a szofisztikált megoldásoknak miatt – sokkal bonyolultabb lett, amely nincs jó hatással a megbízhatóság-ra és a jó értelemben vett „katonai igénytelenségre”.

Az az elmélet, amely szerint a három klasszikus paraméter bármelyikét a tömeg növelése mellett fejlesszük tovább, szintén járhatatlan út. A korszerű harckocsi a külső méreteik miatt már alig alkalmasak a városi hadviselésre, és lassan elérik a vasúti szállíthatóság határát. A tömegük jellemzően meghaladja a 60 tonnát, amely pedig már nemcsak a légi szállíthatóság határa, de a hidak jelentős része sem képes elviselni ekkora terhelést. Jelenleg – a 80 tonnát meghaladó tömegével – a Challenger Mk3 típusú brit harckocsi a rekord. [4] Mivel ez egy aránylag új fejlesztésű eszköz, így még nem egyértelmű, hogy alkalmazása mennyire válik be a gyakorlatban, de ez az extrém nagy tömeg sok kérdést felvet. A tömeg kapcsán további gondot jelent, hogy a harckocsi és egyéb páncélozott eszközök folyamatos üzemanyag-utánpótlása a logisztikai ellátó rendszerre is rendkívül nagy terhelést ró.

## A HARCJÁRMŰVEK FEJLESZTÉSÉNEK ÚJ TÉNYEZŐJE, AZ ELEKTROMOS ESZKÖZÖK TERJEDÉSE

A fentiekből következik, hogy a fejlesztők figyelmébe az 1980-as évektől kezdve egyre inkább az informatika, a mikroelektronika és az elektronoptika felé fordult. Itt érdemes megjegyezni, hogy a harcérték megállapításakor a klasszikus mozgékony-ság-tűzerő-védettség hármásától történő elszakadás már a II. világháború idején megkezdődött. A Szovjetunió elleni német offenzíva elején, az akkor legkorszerűbb német Pz IV-es ugyanis pusztán a fenti paraméterek alapján a legtöbb szakértő szerint jócskán elmaradt a T-34-eshez képest, mégis sikerrel vették fel ellenük a harcot. Ennek oka – a jóval precízebb célzóberendezés mellett – az volt, hogy a szovjetekkel szemben a német harckocsik mindegyikében volt rádió.

Tehát sok esetben olyan kiegészítő – jellemzően villamos működésű – eszközöket szereltek a harcjárművekbe, amelyek a klasszikus mozgékony-ság-védettség-tűzerő hármasságból kilépve növelték meg a harcjárművek képességeit. Könnyen belátható, hogy hasonló mozgékony-ságot, páncélvédettséget és a jelenleg a nyugati eszközök között általánosnak tekintett 120 mm-es űrméretű harckocsiágyút feltételezve, annak a harckocsinak jobbak a túlélési esélyei, amelyek a korszerűbb felderítő és/vagy kommunikációs rendszereinek köszönhetően előbb szerez tudomást a szembenálló fél jelenlétéről, vagy korszerűbb irányzórendszerének köszönhetően nagyobb távolságról képes pontos találatot elérni.

Szemléltető példaként a harckocsi helyett most vizsgáljuk meg az USA haderejének egyik jól ismert, könnyű katonai terepjáró gépjárművét, és annak utódját. A sokak által jól ismert, már-már jelképpé vált jármű a HMMWV (High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle – nagy mozgékony-ságú többcélú kerek jármű), azaz a „Humvee”. Az 1984-ben rendszeresített gépjármű számos harc-téri konfliktust végigszolgált, és sok helyen még jó darabig használatban lesz a jövőben is. A konstrukció, a folyamatos korszerűsítések következtében a nevéből is adódó alapvető tervezési koncepcióknak tulajdonképpen még most is megfelelne, de 2005-ben mégis elkezdtek az utód-típust keresni, amelynek oka elsősorban az IED-ek (Improvised Explosion Device – improvizált robbanóeszköz) elleni nem kielégítő védelme volt. Hosszas tesztelési időszakot követően 2011-ben az Oshkosh cég konstrukciójára esett a választás, majd 2015-től kerültek leszállításra az első JLTV-k (Joint Light Tactical Vehicle – összhaderőnemi könnyű taktikai jármű), amelyekkel 2019-től szerelik fel tömegesen az amerikai erőket. A JLTV alapvető újdonsága, hogy az improvizált robbanóeszközökkel szembeni védettség érdekében az utastér-től teljesen elszeparálták a futóművet. Egy esetleges robbanás energiáját az ek alakban kiképzett haspáncélzat a futómű felé tereli, annak roncsolódása és elszakadása ezt az energiát levezeti, elnyeli, megvédve ezzel a bent tartózkodó állományt. [5] De ezen kívül büszkélkedhet-e lényeges újításokkal az utód-típus?

### 3. ábra. A JLTV számottevően nagyobb méretekkel rendelkezik, mint a Humvee [6]



1. táblázat. A HMMWV és a JLTV főbb technikai adatai (A szerző szerkesztése [7] alapján)

	HMMWV	JLTV
Használatba vétel éve	1984	2015
Motor	6500 cm <sup>3</sup> turbódízel	6600 cm <sup>3</sup> turbódízel
Teljesítmény	250 kW	530 kW
Üres tömeg	3400 kg	6400 kg
Fajlagos teljesítmény	73 kW/t	83 kW/t
Hatótávolság	400 km	480 km
Végsebesség	113 km/h	160 km/h

A két járművet összehasonlítva azt találjuk, hogy – az aknák elleni védettségtől eltekintve – a ballisztikai védettségi kategóriájuk azonos, a JLTV kizárólag az alulról érkező robbanások ellen véd jobban. Emiatt azonban a tömege másfélszerese a Humvee-nek és kedvezőtlen módon a súlypontja is magasabbra került. Annak érdekében, hogy a mozgékony ne romoljon, a járműbe egy hasonló löket-térfogató, de lényegesen erősebb motort szereltek, bár ennek fogyasztása is számottevően magasabb. A szállítható személyek száma és a hasznos terhelés lényegében azonos. A JLTV a magas felépítésének köszönhetően jobb gázlóképességgel, és kissé meglepő módon – az állítható felfüggesztésnek köszönhetően – jobb terepjáró képességgel rendelkezik. Némileg nőtt a hatótávolsága is, a nagyobb sebesség pedig elsősorban közúton jelent előnyt a JLTV számára. [5]

Nyilvánvaló, hogy a szolgálatot teljesítő katonák testi épiségének védelme sok mindent megér, és mind a hatótávolság, mind a fajlagos teljesítmény növekedése fontos előrelépés, de ha szigorúan értékeljük, a JLTV első pillan-

tásra nem jelent forradalmi előrehaladást. Pedig történt jelentős előrelépés, csak nem a hagyományos menetjelzősítványok területén. Amennyiben számba vesszük a két típus első generációjának elektromos berendezéseit, azonnal kiderül, hogy hol változtak számottevően a fejlesztési szempontok. A Humvee fedélzeti villamos rendszere a járművillamosságon túl, alapesetben csupán egy analóg taktikai rádiót kellett, hogy tápláljon. Ezzel szemben a JLTV első hadrendbe kerülő változatán sokkal imponálóbb a felszerelhető elektronikus/elektromos eszközök listája:

- járműelektronika,
- digitális taktikai rádió,
- belső kommunikáció,
- taktikai számítógép lövésdetektáló rendszerrel,
- továbbfejlesztett helymeghatározó rendszer,
- nagy teljesítményű IED zavaróeszköz,
- fegyvertávvezérlés,
- radar,
- éjjellátó készülék,
- légkondicionáló,
- villamos mozgatású torony,
- APS (Active Protection System – aktív védelmi rendszer).

A különféle kényelmi és biztonsági berendezések terjedése miatt már a civil személygépkocsi generátorának teljesítménye is az átlagos 500 W-ról, kb. 1,5–2 kW-ra nőtt az elmúlt 40 évben [8], de látható, hogy a fent felsorolt katonai eszközök némelyike önmagában is ekkora teljesítményigényt jelent. Például az APS tulajdonképpen egy mikrohullámú radar, számítógép és valamilyen infravörös zavaró- vagy robbanótöltet kombinációja [9], így elég jelentős villamos fogyasztó. Harcjárművek esetében pedig a szintén nagy fogyasztó, az álló helyzetben is működőképes klíma sem kényelmi berendezés, hanem a katonák harcképességének hosszú távú fenntartását szolgálja. Önmagában ez a jelentős villamos teljesítményigény még nem jelentene problémát, hiszen a harcjárművek jellemzően több 100 kW-os motorteljesítménye úgymint megbirkózik egy 10–20 kW-os villamos generátor meghajtásával, hogy az nem rontja érzékelhető módon a menetdinamikát.

2. táblázat. Az egyes anyagok és technológiák által elérhető energiasűrűségek (A szerző szerkesztése [10] alapján)

Anyag/technológia	Elméleti maximális energiasűrűség		
	térfogatarányos (Wh/l)	tömegarányos (Wh/kg)	
alkáli elemek	100	150	
villamos akkumulátorok	ólomsavas (Pb-acid)	40	25
	nikkel-kadmium (NiCd)	150	100
	lítium-ion (Li-ion)	650	250
	lítium polimer (LiPo)	700	250
fosszilis tüzelőanyagok	száraz tűzifa	700	3 000
	fekete kőszén	9 000	6 500
	cseppfolyós földgáz	7 000	12 000
	benzin	9 500	12 000
	gázolaj	10 500	13 500
cseppfolyós hidrogén	2 500	39 000	
urán 235-ös izotóp	4,7 · 10 <sup>12</sup>	2,5 · 10 <sup>10</sup>	

Az azonban már komoly probléma, hogy a fent sorolt rendszerek többségének álló helyzetben is működni kell, hiszen a műveleti területen a harcjárműnek sok esetben állandóan harckésznek kell lennie. Ilyenkor a harcjármű motorjának folyamatos járatása nemcsak azért nem jó megoldás, mert komolyan rontja az álcázhatóságot, hanem az indokolatlanul magas üzemanyag-fogyasztás jelentősen csökkenti a hatótávolságot is.

Az álló helyzetben elfogyasztott villamos energia megtermelésére elvben szóba jöhetne a napelem, de egy harcjárművön nem lehet megfelelően nagy, 20–30 m<sup>2</sup>-es vízszintes felületet kialakítani, illetve este, vagy rossz időjárási viszonyok között ez sem oldaná meg a problémát. A fedélzeti akkumulátorok teljesítményének korlátlan növelése sem lehetséges, mert azok tömegarányos energiasűrűsége az új fejlesztések ellenére még mindig csak töredéke a hagyományos üzemanyagokénak. Bár a villamos generátorok hatásfoka 90% feletti, a dízelmotoroké csupán 30% körül alakul, így a fosszilis anyagokban tárolt energiának csak kb. a negyedéből lesz villamos energia, mégis a fosszilis üzemanyagok energiasűrűsége annival nagyobb az akkumulátorokénál, hogy tulajdonképpen álló helyzetben is hosszabb üzemidőt jelent, ha akkumulátorok helyett azonos tömegű plusz üzemanyagot tankolunk a járműbe. Hibrid és hidrogén hajtású harcjárművekkel is zajlanak kísérletek, de belátható ideig még a dízel/kerozin<sup>2</sup> lesz a fő üzemanyag a harctereken.

Napjainkban trenddé vált, hogy a nagy fogyasztású főhajtómű álló helyzeti üzemeltetésének kiküszöbölése érdekében a járművekbe beépítenek egy aggregátort, vagyis egy további kisebb teljesítményű motorral meghajtott generátort. Ez az önjáró, de alapvetően telepített állásban működő haditechnikai eszközöknél (lokátorok, vezetési pontok, kommunikációs eszközök) az 1950-es évektől gyakorlat, ugyanakkor a manőverező harcjárművek esetében (harckocsik, páncélozott harcjárművek, önjáró tüzérség) csak 2010-től kezdett széles körben elterjedni. Az ilyen, kimondottan áramtermelésre beépített eszközöket az angolszász irodalom csak APU-ként (Auxiliary Power Unit – kiegészítő áramforrás) említi, amit gyakorta segédhajtóműnek fordítanak, de ez a szakkifejezés nem utal arra, hogy csak az áramtermelés a feladata, így a segédaggregátor vagy a kiegészítő áramforrás talán megfelelőbb kifejezés.

### SEGÉDAGGREGÁTOROK A KORSZERŰ HARCJÁRMŰVEKEN

Mivel a villamos eszközök terjedése a haditechnikai eszközökön egy általános trend, és mivel az alkalmazható technikák terén is nagyjából ugyanazok a lehetőségek állnak a fejlesztők rendelkezésére, szerte a világon hasonló megoldások születtek és születnek. A 2010 után fejlesztett harcjárműveknek szinte már mindegyikében helyet kapott az APU, és a már rendszerben álló eszközök korszerűsítése során sem feledkeznek meg róla, amelyet néhány példával is illusztrálunk.

#### CHALLENGER Mk1–Mk3

A korábban említett Challenger tömegnövekedéséből – ha aránylag csekély mértékben is – de kivette a részét egy APU is, bár a Challenger ebben a tekintetben is kivételes eszköz, hiszen már az 1983-ban szolgálatba állt Mk1 egyes változatai, illetve az 1998-ban szolgálatba állt Mk2 is rendelkezett segédaggregátorral. Az Mk1-esen egy Perkins



4. ábra. A Challenger Mk3. Legkönnyebben a parancsnok és az irányzó új, méretes éjjel-nappali optikai figyelőműszere alapján lehet megkülönböztetni az Mk2-estől [13]

4.108 típusú 1,76 literes, 145 kg saját tömegű, soros elrendezésű, négyhengeres, négyütemű szívódízel [11]; az Mk2-esen egy Perkins 404-D22 típusú 2,2 literes, 184 kg saját tömegű, soros, négyhengeres, négyütemű szívódízel [12] teljesít(ett) szolgálatot. Ezek egyébként meglehetősen túlméretezett, 36 és 38 kW-os egységek, így valószínűleg a harckocsin kívülre is tudnak áramellátást biztosítani. A brit védelmi minisztérium jelenleg 148 db Challengert alakított át Mk3-as változáttá. Az új típust sok egyéb mellett felszerelik APU-val, és növelik a teljesítményét is, így várhatóan 2040-ig szolgálatban maradhatnak a már korosodó harckocsik. [13]

#### M1A2 ABRAMS

Brit társához hasonlóan szintén az 1990-es évektől szolgálnak az Egyesült Államok haderejében az Abrams M1A2 harckocsi, amely ugyancsak megérett a korszerűsítésre. Erre az úgynevezett élettartamnövelő programok (System Enhancement Program – SEP) szolgálnak, amelyekből 2020-tól kezdődően már a harmadikat (SEPV3) hajtják végre ezeken az eszközökön. A program részeként először a toronyra, külső eszközként kívánták rögzíteni az aggregátort, amely nyilvánvalóan nem a legszerencsésebb megoldás. A végső változathoz a Marvin Land System szállít alacsony profilú APU-kat, így azok sokkal szerencsésebb módon, a páncéltestben kaphatnak helyet. A módosított, egyhengeres, vízűtéses, négyütemű Hatz-dízelmotor saját tömege 190 kg, amellyel egy 10 kW-os generátort hajtanak meg. A tüzelőanyag-felhasználás 3,6 liter óránként. [14] Fontos megemlíteni, hogy ezek mellett az Abramsek a feltétlen szükségesnél jóval nagyobb akkumulátorcsomaggal (SEPV2 – 12 db 6TMF típusú 12 V/120 Ah-s akkumulátor) rendelkeznek, így képesek pár percig néma módban „figyelni” is.

#### T-14 ARMATA

Miután a trend általános, természetesen a legújabb orosz harckocsi, a T-14 Armata is rendelkezik APU-val [15]. Ennek teljesítménye és elhelyezkedése nem ismert, de annyit tudható, hogy a villamos rendszerek állóhelyzeti működtetésén túl képes a főhajtómű hidegindításában is közreműködni. Vagy csak úgy, hogy hosszabb „indítózás” esetén is képes a megfelelő áramerősséget biztosítani, de





5. ábra. A korszerűsített indiai T-90-es harckocsikban a páncéltest bal hátsó részében kap helyet a segédaggregátor [17]

figyelembe véve, hogy az Armata nem egy meglévő harckocsi korszerűsítése, hanem egy teljesen új koncepciót valósít meg, az is elképzelhető, hogy magasabb szintű az integráció. Ebben az esetben a segédaggregátor és a főhajtómű hűtőköre össze van kötve, így a működő aggregátor maradék hője is képes melegíteni a főhajtóművet.

### EGYÉB HARCKOCSIK

A teljesség igénye nélkül, és továbbra is csak a harckocsikat vizsgálva, említjük meg, hogy a francia Leclerc harckocsi is kapott a főhajtómű mellé egy Turbomeca TM 307B típusú gázturbinát, amely kettős funkcióval rendelkezik, egyrészt a hyperbar rendszerű dízelmotor turbófeltöltője, másrészt annak leállítására esetén APU-ként is működik. A koreai K-2 Black Panther pedig egy Samsung Techwin 75 kW-os dízelaggregátorral büszkélkedhet. A jelentős számban korszerűsített orosz T-90S (T-90SM) is kapott egy APU-t a páncéltest bal hátsó részébe. Az Indiában hadrendben álló T-72 és T-90 típusok korszerűsítésének is részét képezi ez a rendszer, amelynek keretében az indiai Osho Corp. mintegy 3250 db APU-t szállít majd a hadsereg részére. [16]

(Folytatjuk)

### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] J. M. DeCicco, „A Fuel Efficiency Horizon for U.S. Automobiles”, University of Michigan, Michigan, 2010. [Online]. [https://www.researchgate.net/figure/Trends-in-engine-specific-power-and-vehicle-power-to-weight-ratio\\_fig3\\_280229675](https://www.researchgate.net/figure/Trends-in-engine-specific-power-and-vehicle-power-to-weight-ratio_fig3_280229675) (Letöltve: 2022.1.15.);
- [2] G. Matheou, „Architectural and software support for data-driven execution on multi-core processors”, p. 194, 2017, <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.30829.28644/1>;
- [3] Károly, Turcsányi. *Nehéz harckocsik: összehasonlító értékelések, műveleti alkalmazások és a magyar TAS tervezése*. Nagykovács: Püedlo Kiadó, 2008.;
- [4] „Weighing 80 tons, the latest British tank was unveiled, setting the world’s heaviest tank record - iNEWS”. <https://inf.news/en/military/dcf93885e07ae81819705773163a2d4a.html> (Letöltve: 2022.1.15.);
- [5] C. Seabaugh, „How the Humvee Compares to the New Oshkosh JLTV”, *Motor Trend*, 2017. május 17. <http://www.motortrend.com/news/humvee-compares-to-new-oshkosh-jltv/> (Letöltve: 2017.11.12.);
- [6] „Humvee Vs Oshkosh JLTV: Here’s How The Military Vehicles Compare”, *HotCars*, 2021. január 25. <https://www.hotcars.com/humvee-vs-oshkosh-jltv-heres-how-the-military-vehicles-compare/> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [7] „Oshkosh JLTV vs AM General Humvee | Tactical Experts”, *TacticalGear.com*. <https://tacticalgear.com/experts/oshkosh-jltv-vs-am-general-humvee> (Letöltve: 2022.1.15.);
- [8] R. K. Mazlan, R. M. Dan, M. Z. Zakaria, és A. H. A. Hamid, „Experimental study on the effect of alternator speed to the car charging system”, *MATEC Web Conf.*, köt. p. 90. 01076, 2017, <http://doi.org/10.1051/mateconf/20179001076>;
- [9] Végvári, Zsolt. „A Harckocsik védelmének fejlődése a páncélelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése 1. rész”, *Haditechnika*, 52, sz.3, (2018): pp. 20–24. <http://doi.org/10.23713/HT.52.3.05>;
- [10] Végvári, Zsolt. „Akkumulátorok a gyalogos lövészkatónák felszerelésében, a fejlesztés lehetséges irányai”, *Műszaki Katonai Közöny*, 26. sz. 2 (2016): pp. 85–101;
- [11] „Perkins 4.108 Engine: Specifications and Technical Data”. [http://tractorgearbox.com/perkins\\_4.108\\_engine\\_specs.html](http://tractorgearbox.com/perkins_4.108_engine_specs.html) (Letöltve: 2022.1.16.);
- [12] „Perkins 404D-22 Specifications & Technical Data (2017–2021) | LECTURA Specs”. <https://www.lectura-specs.com/en/model/components/engines-perkins/404d-22-11703198> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [13] G. Allison, „What upgrades will Britain’s ‘Challenger 3’ tanks get?”, 2021. május 8. <https://ukdefencejournal.org.uk/what-upgrades-will-britains-challenger-3-tanks-get/> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [14] „10kW Low Profile Auxiliary Power Unit (APU) for M1A2 Abrams SEPv3”, *Marvin Land Systems*. <https://marvinland.com/product/10kw-low-profile-apu/> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [15] K. Osborn, „Russia’s T-14 Armata Tank: The U.S. Military’s Worst Nightmare?”, *The National Interest*, 2021. május 23. <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russia%E2%80%99s-t-14-armata-tank-us-militarys-worst-nightmare-185778> (Letöltve: 2022.1.16.);
- [16] DEFENCE.CAPITAL, „India Army to procure 3,250 auxiliary power units for Russian-origin battle tanks”, *Defence Capital*, 2020. január 27. <https://defence.capital/2020/01/27/india-army-to-procure-3250-auxiliary-power-units-for-russian-origin-battle-tanks/> (Letöltve: 2022.1.31.);
- [17] „Army awards INR 1325 Crore Agreement to OshoCorp for Auxiliary Power Unit (APU) for T-72 & T-90 Tanks”, <https://www.edrmagazine.eu/army-awards-inr-1325-crore-agreement-to-oshocorp-for-auxiliary-power-unit-apu-for-t-72-t-90-tanks> (Letöltve: 2022.1.1.).

### JEGYZETEK

- 1 Mivel a generátorok hatásfoka 90% feletti, a felvett mozgási energia és a leadott villamos energia közötti különbséget ebben a tanulmányban nem vesszük figyelembe.
- 2 A NATO-ban az F54 típusú dízel üzemanyagot és az F34 kerozint használják a dízelüzemű járművek meghajtására. Műveleti körülmények között a NATO egyetlen üzemanyagelvének (single-fuel conception) köszönhetően kizárólag kerozint szállítanak utánpótlásként.

Ott István Dániel\*

# India katonai atomprogramja, a hadászati triád kiépítésének folyamata

I. rész

## INDIA ATOMPROGRAMJA

Ahhoz, hogy lássuk azt az utat, amely az indiai gyártású atomtengeralattjáró megépítéséhez vezetett, fontos a térség közelmúltjának és az ország atomprogram-történetének áttekintése.

Noha az indiai történelem az ókori civilizációkig nyúlik vissza, az ország jelenét leginkább a több mint 70 évnyi brit gyarmati függés befolyásolja. Nagy-Britannia 1947-ben mondott le a „korona ékköveként” aposztrofált területről, amelyet vallási és etnikai alapon igyekezett stabilizálni, és három területre osztani. A függetlenné vált területeken így jött létre a hindu lakosságú, XX. századi India, a muszlimok lakta területeken Pakisztán, és India keleti oldalán Kelet-Pakisztán, a későbbi Banglades. Az újonnan létrejött államok több határvidékén azonban – például a Kasmír régióban – a hindu és muszlim etnikum életterei egymással keverten helyezkedtek el. Ez pedig már a kezdetektől feloldhatatlan ellentéteket szült India és Pakisztán között. [1] Részben a brit katonai hagyományokat és képzést követve mindkét ország erős és ütőképes haderőt épített ki. A térség hamar felkerült a nagyhatalmi játszmák színpadára is, jellemzően India a Szovjetunióval keresett egyre szorosabb kapcsolatokat, Pakisztán mögött pedig az éppen aktuális politikai viszonyok függvényben hol együtt, hol egymást váltva az Egyesült Államok és Kína vonult fel. Az ellentétek három nagyobb lokális háborúban csúcsosodtak ki (1947, 1965, 1971), de a fegyveres konfliktusok szinte állandósultak a határ menti övezetekben. [2]

Az igazi fenyegetést India számára azonban Kína jelentette, amely ellen 1962-ben vesztes háborút vívott a Himálája hegységében. [3]

Bár Jawharlal Nehru az Indiai Köztársaság első miniszterelnöke 1946-ban még úgy fogalmazott, hogy minden országnak – így Indiának is – a tudományos kutatások adta legkorszerűbb eszközökkel kell megvédenie magát, az indiai politika mégis visszautasította a tömegpusztító eszközök fejlesztését és alkalmazását.



1. ábra. A szárazföldről indítható Shaurya rakétát az indiai ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjáróra telepíthető K-15-ös rakéta alapján fejlesztették ki [19]

Kína 1964-ben sikerrel robbantotta fel első kísérleti atombombáját, és megkezdte haderejének bevethető nukleáris töltetekkel történő felszerelését. Ez gyökeres fordulatot jelentett a térség stabilitásában, mert a fenyegetettség már kellő indok volt Indiának is a tömegpusztító fegyverek létrehozására, ezért az ország még az 1968-as atomsorompó-egyezményt<sup>1</sup> is visszautasította.

India belátta, hogy Kínával szemben a status quo fenntartását nem remélheti a nagyhatalmaktól – az Egyesült Államok, a Szovjetunió, és Nagy-Britannia is kategorikusan visszautasította, hogy szerződésben vállaljon biztonsági garanciát a kialakult helyzetben. Lal Bahadur Shastri, Mahatma Gandhi<sup>2</sup> tanítványa és India második miniszterelnöke, jóváhagyta az indiai nukleáris fegyver fejlesztési programját. [4] Igaz, az első kísérleti robbantás az Indiát akkor sújtó gazdasági, társadalmi, politikai válságok, és a Pakisztánnal 1971-ben vívott háború miatt egy évtizedet késett. Így arra már Indira Gandhi<sup>3</sup> miniszterelnöksége idején, 1974. május 18-án került sor a Thar-sivatagban fekvő

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárókkal rendelkező atomhatalomnak eddig csak öt nemzet számított, azonban az indiai INS Arihant szolgálatba állításával, hatodikként Indiával bővült a nemzetek sora. India atomprogramja reprezentálja az ország iparában, hadiiparában, hajógyártásában, rakétatechnológiájában, nukleáris kutatásaiban az elmúlt évtizedekben bekövetkező rohamos fejlődést, és azt a tényt, hogy az atomhatalommá vált India, a hadászati triád kiépítésével politikai ambícióit immár valós stratégiai elrettentéssel képes támogatni. A tanulmány röviden bemutatja India nukleáris fegyverfejlesztésének történetét és eredményeit.

**KULCSSZAVAK:** Mosolygó Buddha, atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjáró, atomhatalom, ballisztikus rakéták, hadászati triád

**ABSTRACT:** Nuclear power with nuclear-powered ballistic missile submarines has so far accounted for only five nations, but the company is expanding with India by bringing INS Arihant. India's nuclear program represents the rapid development of Indian industry, the military industry, shipbuilding, missile technology, nuclear research in recent decades, and the fact that India, which has become a nuclear power, can now support its political ambitions with real strategic deterrence by building a military triad. The study briefly presents the history and achievements of India's nuclear weapons development.

**KEY WORDS:** Smiling Buddha, nuclear-powered ballistic missile submarine, nuclear power, ballistic missiles, military triad

\* Járműmérnök, gépipari szakoktató. ORCID: 0000-0001-5524-6735





2a. ábra. Indira Gandhi, India miniszterelnök-asszonya, a Pokhran katonai bázison megtekinti a „Mosolygó Buddha”-kísérelt következményeit [20]



2b. ábra. Az 1974-ben végrehajtott „Mosolygó Buddha” fedőnevű indiai nukleáris kísérlet „Virág” fedőnevű töltének, föld alatti robbantása után keletkezett kráter a Thar-sivatagban [21]

Pokhran katonai bázison. A „Mosolygó Buddha” fedőnevű kísérleti projekt gyakorlati megvalósítása 1972-ben kezdődött, célja pedig az 1945-ben Nagaszaki (Japán) városára ledobott amerikai „Fat Man”-hez hasonló, kísérleti töltet megalkotása volt. Az így létrehozott 1,25 méter átmérőjű, 1400 kg tömegű és körülbelül 10 kt hatóerejű indiai atombomba a „Virág” becenevet kapta. Maga a teszt egy föld alatti kísérleti robbantás volt, miután a töltetet egy 107 méter mély aknába helyezték. [5] (2. ábra.)

India a „Mosolygó Buddha” akciót teljes sikernek tekintette, amellyel a nemzetközi közvéleménynek is demonstrálta, hogy ha kell, nukleáris fegyvereket is képes előállítani. Éppen ezért volt meglepő, hogy a második kísérleti robbantásra még évtizedeket kellett várni, egészen a XXI. századig, amikor az indiai haderőt a gyakorlatban is bevethető nukleáris fegyverrel szerelték fel. A hivatalos indiai álláspont a „Mosolygó Buddha” programmal kapcsolatban mindig is úgy hangzott, hogy az egy „békés célú” nukleáris kísérlet volt. A kísérletek félbeszakadásának okai között találjuk az erkölcsi tényezőt, a félelmet a nemzetközi felháborodástól, a Kínával kialakuló fegyverkezési versenytől, valamint idesorolhatjuk a technológiai és pénzügyi források korlátozottságát is. Időközben India megtanult együtt élni Kínával, mint atomhatalommal, de a kényes egyensúly a XX. század végére megbomlott. Az 1980-as években az amerikai Reagan-adminisztráció jelentősen felfegyverezte az akkor már India „öselenségének” számító Pakisztánt. A muszlim ország szomszédságában, Afganisztánban zajló szovjet intervenció elég ürrüget szolgáltatott erre. India



3. ábra. Huszonnégy évvel a „Mosolygó Buddha” kísérlet után, 1998-ban India újra atomrobbantásokat hajtott végre. A fotómontázzson a Pokhran-II-nek is nevezett tesztorozat egy krátere, a nukleáris töltet föld alatti aknába helyezése, és indiai katonai vezetők láthatók [22]

azonban nem látott garanciát arra, hogy a korszerű amerikai fegyvereket (például a Lockheed F-16A vadászgépeket) Pakisztán nem India ellen fogja bevetni. India aggodalmát támasztotta alá Mohammad Zia ul Haq pakisztáni elnök eltökélt szándéka, hogy országát nukleáris fegyverekkel szerelje fel. Bár az Amerikai Egyesült Államok később emiatt embargó alá vonta az országot és felfüggesztette a fegyverszállításait is, Kína azonban továbbra is támogatta Pakisztánt, és annak atomprogramját.

Az erőteljes kínai fegyverkezés, a kínai flotta „kék vízi”<sup>4</sup> fejlesztése és Peking Délkelet-Ázsiával kapcsolatos elképzelései újabb fordulatot idéztek elő India nukleáris fegyverkezési programjában.

Érdekes módon ezt nemcsak a külpolitikai nyomás, hanem az Indiában zajló belpolitikai folyamatok is segítették. Az 1998 márciusi választásokon Atal Bihari Vajpayee vezetésével egy stabil kormány került hatalomra. Bár Vajpayee megpróbált javítani a diplomáciai kapcsolatokat Pakisztánnal – bízva a választások során megszerzett széles társadalmi támogatásban – jóváhagyta, hogy 1998. május 11-től végrehajtsák a Pokhran II-nek nevezett nukleáris tesztrobbantásokat a pokhrani katonai bázison. Összesen 5 föld alatti, körülbelül 200 kt hatóerejű kísérleti robbantásról volt szó, amelyekből egy töltet termonukleáris volt, a többi a „hagyományos” maghasadás elvén működött. (3. ábra) India a nemzetközi fórumokon is elismerte, hogy a sikeres tesztek nyomán immár gyakorlatban is bevethető nukleáris fegyvereket fog fejleszteni és rendszerezni haderejében. [6] A lépést később igazolni látszott, hogy Pakisztán alig két héttel a sikeres indiai tesztek után maga is 6 kísérleti atomrobbantást hajtott végre körülbelül 5–10 kt hatóerejű töltetekkel, és nukleáris fegyverek fejlesztésébe kezdett. [7]

1999. május–júliusban India és Pakisztán – immár „atomhatalomként” – nyílt fegyveres konfliktusba kerültek a Dzsammu és Kasmír birtoklásáért folytatott Kargil-háborúban. [8]

A konfliktus az ezredforduló után sem csitult, ahogy Kína Indiával szembeni expanziója és rivalizálása sem.

### AZ INDIAI NUKLEÁRIS FEGYVEREK HORDOZÓESZKÖZEI

A bevethető nukleáris fegyverek fejlesztése során India is hasonló utat járt be, mint a többi atomhatalom<sup>5</sup>. A kísérleti atomrobbantások ugyanis egészen addig, míg azokat csak „laboratóriumi” körülmények között, egy lőtéren tudják előidézni, az ellenfelek szemében nem jelentenek többet





4. ábra. 2003-ig az indiai nukleáris fegyverek potenciális hordozóeszközei a légierő repülőgépei voltak. A képen a brit-francia gyártású Jaguar vadászgép látható [23]



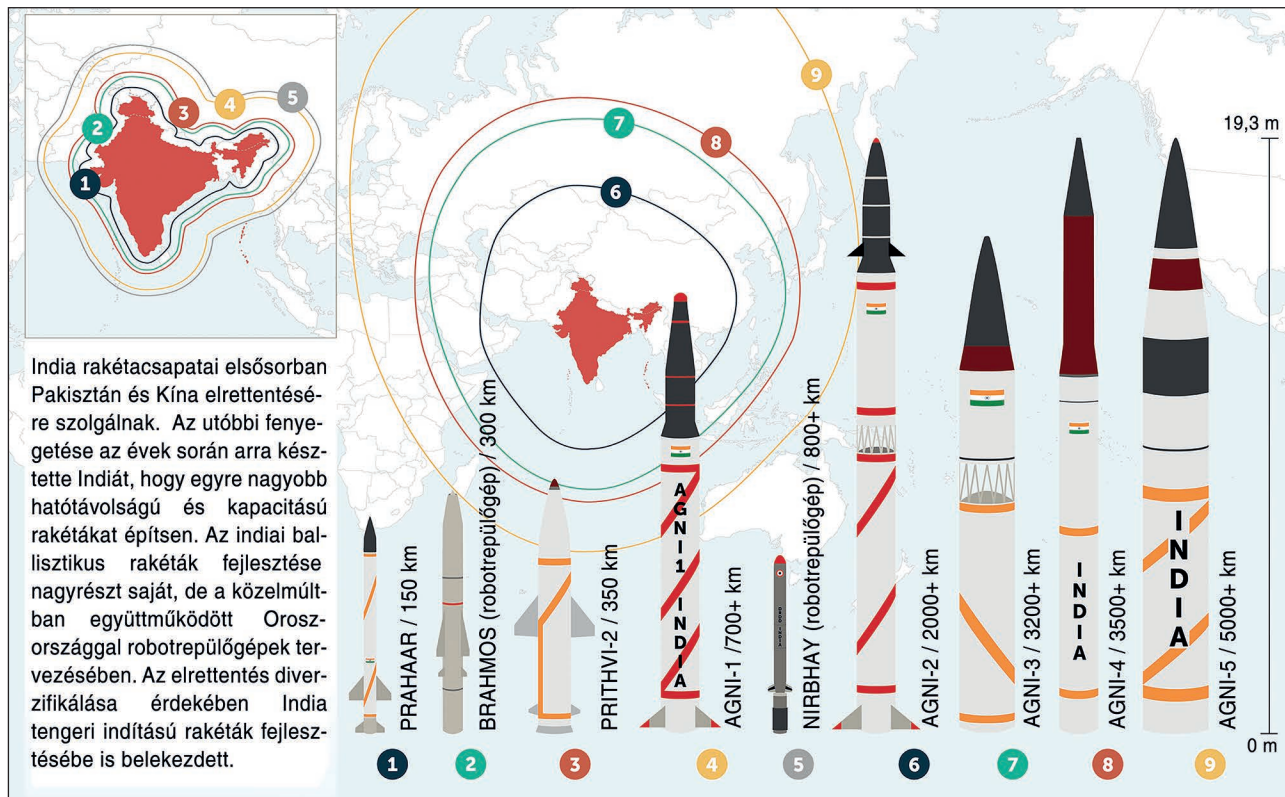
5. ábra. A rövid hatótávolságú Prithvi-I-est nagy terepjáró képességű, cseh gyártmányú Tatra 815-ösökre telepítették [24]

haditechnikai és tudományos eredménynél. Ahhoz, hogy a nukleáris töltetek valós stratégiai elrettentéssel bírjanak, szükség van azokra a hordozóeszközökre, amelyek, ha kell pontosan és hatékonyan tudják célba juttatni a tömegpusztító fegyvereket. Az indiai nukleáris program első hordozóeszközei a kor technikai szintjén legegyszerűbben legyártható, szabadesésű bombák, és az azokat célba juttató repülőgépek voltak. A nukleáris elrettentés eszközei az indiai légierőben 2003-ig a francia gyártmányú Dassault Mirage 2000H, és a brit-francia gyártású SEPECAT Jaguar IS/IB vadászbombázók voltak. [9] (4. ábra) Jelentős eredményként említhetjük, hogy időközben megjelentek az indiai fejlesztésű, szárazföldi telepítésű ballisztikus rakéták is. A hordozóeszközök fejlesztése, a már említett atomhatalmak nyomát követte, de az egyes technológiai lépéseket sokkal gyorsabban átugorva.

Az első generációt az 1994-től rendszeresített, rövid hatótávolságú Prithvi típuscsalád képviselte. Ezekhez idővel nukleáris töltetű harci részeket is készítettek, a rakétákat túlnyomó részben terepjáró tehergépkocsikra – többek között cseh gyártmányú, összerékhajtású, négytengelyes Tatra 815-ösre – telepítették. [10] (5. ábra)

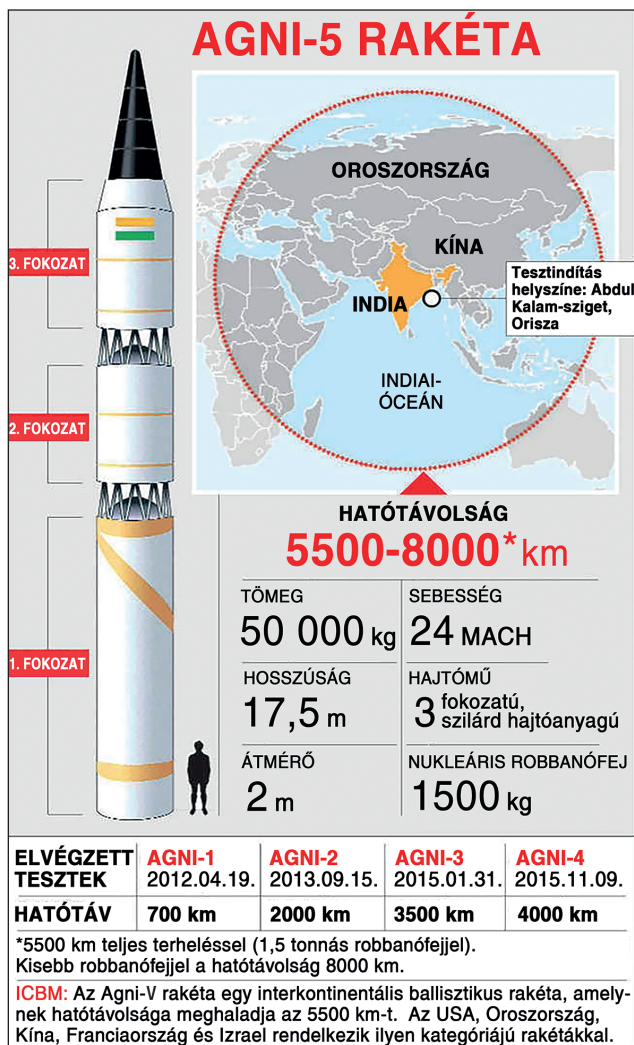
Az Agni-I, -II, -III rakéta már a közepes hatótávolságú kategóriába tartozik. Az Agni-I 700 km-es hatótávolsággal már valós fenyegetést jelentett Pakisztánra nézve. A harci részét több mint 3000 km-re elröpítő Agni-III-mal kínai célpontokra is csapás mérhető. [11] A fejlesztés alatt álló V-ös változat már interkontinentális hatótávolsággal jellemezhető típus.<sup>6</sup> A Prithvi-nél jóval nagyobb rakétarendszereket nyerges vontatású, nehéz trélerekkel szállítják és helyezik indítási pozícióba. A Prithvi-I, és -II egyfokozatú, folyékony hajtóanyaggal üzemel, a Prithvi-III és Agni típusok több fokozatú, szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel rendelkeznek. (6. ábra) Jelen ismereteink szerint az indiai,

6. ábra. Indiai tervezésű és gyártású Prithvi és Agni ballisztikusrakéta-családok különböző típusai állnak a haderő rendelkezésére. A számok a térképeken a rakéták hatótávolságát ábrázolják. (A szerző szerkesztése a [13] alapján)



1. táblázat. India atomarzenája, nukleáris töltetek és hordozóeszközeik 2018-ban (a szerző szerkesztése a [13] alapján)

Hordozóeszköz és típusjelzése	Darabszám	Szolgálatba állítás éve	Hatótávolság	A harci rész hatóereje
<b>Vadászrepülőgép</b>				
Jaguar IS/IB	32	Indiában 1981	1600 km	1 bomba ~50 kt
Mirage 2000H	16	Indiában 1985	1850 km <sup>7</sup>	1 bomba ~50 kt
<b>Szárazföldi indítású ballisztikus rakéták</b>				
Prithvi-II	24	2003	350 km	1 harci rész 12 kt
Agni-I	20	2007	700 km	1 harci rész 40 kt
Agni-II	8	2011	2000 km<	1 harci rész 40 kt
Agni-III	8	2014	3200 km<	1 harci rész 40 kt
Agni-IV	prototípus teszt alatt	tervezett 2018	3500 km<	1 harci rész 40 kt
Agni-V	prototípus teszt alatt	tervezett 2018	5200 km<	3–10 harci rész 40 kt
<b>Tengeralttjáróra telepített ballisztikus rakéták</b>				
K-15	12	2018	700 km	1 harci rész 12 kt
K-4	4	2018 után	3500 km	1 harci rész 12 kt <



szárazföldi indítású ballisztikus rakéták csak egy harci részt hordozhatnak, de az Agni-V-öt önállóan a célra irányítható nukleáris robbanófejekkel (Multiple Independently Targetable Reentry Vehicle – MIRV) tervezik felszerelni. [12] (7. ábra)

A légi erő bombái és a szárazföldi telepítésű rakéták által India 2010 után komoly nukleáris elrettentő erővel rendelkező Pakisztánnal szemben, amely hasonló hordozóeszközökkel képes bevetni saját atomfegyvereit. (1. táblázat) A kölcsönös elrettentés azonban csak taktikai szintű volt, és stratégiai síkon alig mutatott túl a korábbi atomhatalmak 1950-es, '60-as évekre elért technikai szintjén. Sőt, a nukleáris töltetek mennyisége és a stratégiai képesség hiánya miatt jelentősen elmaradt attól. Ahhoz azonban, hogy a rohamos mértékben növekvő népességű India – amely becslések szerint 2027-re Kínát megelőzve a föld legnépesebb országa lesz [14] – a lakosság számára, gazdasági és tudományos fejlődéséhez mérhető politikai súllyal rendelkezzen, nukleáris fegyvereivel valós stratégiai elrettentést kell gyakorolnia. Belátható, hogy ezen a szinten már nem Pakisztán az igazi vetélytárs, hanem Kína, amely korábban vált atomhatalommá, és stratégia képességekkel is rendelkezik.

**ÖSSZEGZÉS**

Megítélésem szerint a nukleáris töltetek és a hordozóeszközök mennyisége terén még nem, de a minőség és a stratégiai elrettentés terén India már kihívást jelenthet Kínával szemben. Ennek alapfeltétele a hadászati triád kiépítése. A nukleáris fegyverek hordozóeszközeit három kategóriában:

- a légi erő repülőgépei bombákkal és/vagy robotrepülőgépekkel;

7. ábra. Az Agni-V-ös már interkontinentális hatótávolságú, a 3. fokozatra szerelt harci rész már önállóan, a célra irányítható nukleáris robbanófejekkel is felszerelhető (A szerző szerkesztése a [25] alapján)



8. ábra. Az Agni rakétszaladot szállító és indító, közúti nehéztéler szerelvények, még a terepjáró Tatra tehergépkocsi által hordozzott Prithvi-komplexumoknál is kevesebb mobilitással, és ezáltal védelemmel rendelkeznek. A képen egy Agni-III típusú rakéta hordozóeszközön [11]

- szárazföldi indítású ballisztikus rakéták mozgó bázisjárművön és/vagy föld alatti silókban;
- atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárók

kell csoportosítani ahhoz, hogy valós stratégiai elrettentést gyakorolhassanak. [15] A triád legmozgékonyabb tagjaival, a légi repülőgépeivel azonban nem, vagy csak nagy erőforrások árán lehet folyamatos készenléti állapotban tartani.

alatti rakétasilókba telepítsék ballisztikus rakétáikat. [17] Fentiek ismeretében nem meglepő, hogy Indiában már azelőtt felmerült a hadászati triád, és azon belül atommeghajtású ballisztikusrakéta-hordozó tengeralattjárók rendszeresítésének gondolata, hogy ténylegesen birtokoltak volna nukleáris fegyvereket. [18]

(Folytatjuk)

9. ábra. Stilizált metszet egy indiai gyártású ballisztikusrakéta-hordozó atom-tengeralattjáróról. A 2018-ban szolgálatba állt INS Arihantról korábban megjelent ábra jelentősen eltér [26] hivatkozásban látható képtől (A szerző szerkesztése a [26] alapján)



HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Kende István (főszerk.). *Fejlődő Országok Lexikona*. Budapest: Akadémia Kiadó, 1973. pp. 557–559.;
- [2] Háda Béla. „India Biztonság Politikájának Evolúciója 1947–2017”. Nemzeti Közszerzői Egyetem, Budapest, 2019. pp. 20–62.;
- [3] Varga Csaba Béla. „A Himalája Oroszlánjai.” *Regiment* 1 sz. (2019): pp. 28–32.;
- [4] Mohan, C. Raja: India and Nuclear Weapons. *IPG* 98/4 sz. pp. 377–378.;
- [5] Tarján M. Tamás. „Sikeres indiai atomkísérlet a Thar-sivatagban.” *RUBIKON online* [http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1974\\_majus\\_18\\_sikeres\\_indiai\\_atomkiserlet\\_a\\_thar\\_sivatagban#top](http://www.rubicon.hu/magyar/oldalak/1974_majus_18_sikeres_indiai_atomkiserlet_a_thar_sivatagban#top) (Letöltve: 2021.4.7.);
- [6] Mishra, Jeetendra: Pokhran II and Beyond (Emerging Indian Nuclear Posture). Maxwell Air Force Base, Alabama, 2002. pp. 3–14.;
- [7] Kerr, Paul K. – Nikitin, Mary Beth: Pakistan’s Nuclear Weapons. Congressional Research Service, 2016. pp. 6–9.;
- [8] Mező Ferenc. „Pakisztán és India harci tánca Kasmír körül.” *Honvédségi Szemle* 10. sz. (2002): pp. 10–54.;
- [9] Kristensen, Hans M. – Korda, Matt: Indian Nuclear Forces, 2018. ISSN 00963402 (Print) 19383282 (Online) Journal homepage <https://www.tandfonline.com/loi/rbul20> (Letöltve: 2021.5.5.);
- [10] „India rakétafejlesztése.” *Top Gun* 1998. IX évf. 5 sz. (1998): p. 62.;
- [11] Jayawardana, Kumudu: India test fires nuclear-capable Agni III missile (Feltöltés: 2013.12.24.) <https://www.newsfirst.lk/2013/12/24/india-test-fires-nuclear-capable-agni-iii-missile/> (Letöltve: 2021.12.15.);
- [12] Jane’s Weapons Strategic 2018–2019. Jane’s by IHS Markit, UK, pp. 28–37.;
- [13] Missile Defense Project, „Missiles of India,” *Missile Threat*, Center for Strategic and International Studies, (Feltöltés: 2018.6.14., Utolsó módosítás: 2021.4.1.) <https://missilethreat.csis.org/country/india/> (Letöltve: 2021.12.15.);
- [14] Hurworth, Ella: India to overtake China as the world’s most populous country: UN <https://edition.cnn.com/2019/06/19/health/india-china-world-population-intl-hnk/index.html> (Letöltve: 2021.5.6.);
- [15] Dr. Bak József, Lévai Gábor, Sárhidai Gyula (szerk.) *Arzenál ’85*. Budapest: Zrínyi Katonai Könyv- és Lapkiadó, 1985. pp. 49–51.;
- [16] Miller, David. *Korszerű tengeralattjárók*. Budapest: Kossuth Könyvkiadó, 1994. pp. 8–10.;
- [17] Kanwal, Gurmeet: India’s Nuclear Force Structure 2025. <https://carnegieendowment.org/2016/06/30/india-s-nuclear-force-structure-2025-pub-63988> (Letöltve: 2021.5.6.);
- [18] Lobner, Peter: Marine Nuclear Power: 1939–2018. Part 5. [https://lynceans.org/wp-content/uploads/2018/07/Marine-Nuclear-Power-1939-2018-Part-5\\_China-India-Japan-Others.pdf](https://lynceans.org/wp-content/uploads/2018/07/Marine-Nuclear-Power-1939-2018-Part-5_China-India-Japan-Others.pdf) (Letöltve: 2021.5.6.);
- [19] Forrás: [https://topwar.ru/uploads/posts/2020-10/1601791964\\_1601791981.jpg](https://topwar.ru/uploads/posts/2020-10/1601791964_1601791981.jpg) (Letöltve: 2021.12.15.);
- [20] Forrás: [\[atomic-bomb-test-of-india-324141-2016-05-18\]\(https://www.indiatoday.in/education-today/gk-current-affairs/story/pokhran-i-first-nuclear-atomic-bomb-test-of-india-324141-2016-05-18\) \(Letöltve: 2021.5.6.\);

\[21\] Forrás: \[https://akm-img-a-in.tosshub.com/indiatoday/styles/buzz\\\_image/public/images/story/201805/RTXIC2N.jpeg?wGpZe0EqISiu8XjDCKFjJ.dWkpnBJ3dz\]\(https://akm-img-a-in.tosshub.com/indiatoday/styles/buzz\_image/public/images/story/201805/RTXIC2N.jpeg?wGpZe0EqISiu8XjDCKFjJ.dWkpnBJ3dz\) \(Letöltve: 2021.5.6.\);

\[22\] Forrás: <https://img.republicworld.com/republic-prod/stories/promolarge/xhdpi/15260253465af54c825c572.jpeg> \(Letöltve: 2021.5.6.\);

\[23\] Forrás: <https://static.india.com/wp-content/uploads/2017/08/IAF-Jaguar1w.jpg> \(Letöltve: 2021.5.6.\);

\[24\] Forrás: \[http://www.military-today.com/missiles/prithvi\\\_11.jpg\]\(http://www.military-today.com/missiles/prithvi\_11.jpg\) \(Letöltve: 2021.5.6.\);

\[25\] Forrás: <https://www.civildaily.com/news/agni-v-vs-chinas-hypersonic-missile/> \(Letöltve: 2021.5.6.\);

\[26\] Forrás: <https://htka.hu/2014/01/22/kihajozas-elott-india-also-sajat-atom-tengeralattjaroja-2-resz/> \(Letöltve: 2021.5.6.\).](https://www.indiatoday.in/education-today/gk-current-affairs/story/pokhran-i-first-nuclear-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

JEGYZETEK

- 1 Atomsorompó: az 1968-as szerződés tiltja atomfegyverek átadását, ilyen fegyverek előállításának segítségét, illetve kötelezi az atomfegyverrel nem rendelkező államokat, hogy nem fogadhatnak el, nem szereznek be, nem állítanak elő atomfegyvert. Utóbbi államcsoportot sem az ellenőrzési eljárások, sem technikai, sem kereskedelmi megfontolások nem akadályozhatják az atomenergia békés felhasználásában. Az atomsorompó-szerződés rendelkezései betartásának ellenőrzésére hivatott a Nemzetközi Atomenergia-ügynökség. A szerződés aláírásától több ország, így például India, Izrael és Pakisztán is tartózkodott. (<https://mult-kor.hu/cikk.php?id=8789> 2021.04.07.).
- 2 Mahatma Gandhi (Mohandász Karamcsand Gandhi, 1869–1948): indiai jogász, politikai és spirituális vezető, az indiai függetlenségi mozgalom vezéralakja. (Bővebben: <https://www.britannica.com/biography/Mahatma-Gandhi>.)
- 3 Indira Gandhi (1917–1984). India első női kormányfője, 1966–1977-ig, másodszer 1980–1984-ig volt India miniszterelnöke. Merénylet áldozata lett. Csak nevében rokon Mahatma Gandhival. (Bővebben: <https://www.britannica.com/biography/Indira-Gandhi>.)
- 4 Kék vízi tengerezet: „Blue water” tengerészetnek a nyílt óceáni működésre alkalmas haderőket nevezzük. (Helfers, John: *Kézikönyv az Egyesült Államok haditengerészetéről*, Debrecen: Kinizsi, 2004.)
- 5 Atomhatalmak: 1945-től hivatalosan 7 állam ismerte el, hogy nukleáris fegyvereket fejlesztett és rendelkezik is bevethető nukleáris töltetekkel. USA 1945; Oroszország (Szovjetunió) 1949; Nagy-Britannia 1952; Franciaország 1960; Kína 1964; India 1974/1998; Pakisztán 1998. Izrael, bár hivatalosan nem ismerte el, folytatott atomfegyverekkel kapcsolatos kutatásokat, amelyek eredményeként bevethető nukleáris töltetekkel is rendelkezik. Észak-Koreában 2009-ben sikeres atomrobbantást hajtottak végre, de ez még nem jelenti azt, hogy vannak bevethető nukleáris fegyverei. Irán előrehaladott nukleáris kutatásokat folytat, és nem is cáfolja, hogy az urándúsító üzemeiben előállított hasadóanyagot katonai célra is használni fogja.
- 6 Az interkontinentális ballisztikus rakéták (ICBM) olyan ballisztikus rakéták, amelyek hatótávolsága meghaladja az Amerikai Egyesült Államok kontinentális területének északkeleti határa és a Szovjet Szocialista Köztársaságok Uniójának északnyugati határa közötti legrövidebb távolságot, azaz 5500 kilométert. (SALT2, 1 of Article II of the Treaty.; a szerző fordítása.)
- 7 A vadászrepülőgépek hatótávolsága elméleti, mert függ a bevetés profiljától, befolyásolják a repülőgépre szerelt függesztmények, növelhető légi utántöltéssel stb. Nem utolsósorban pedig célszerűbb inkább hatósugárról beszélni, hisz a vadászgépnek nemcsak a célpontig, hanem onnan vissza is kell repülnie.

# A gammakitörések térbeli eloszlása

**A** gammakitörések (GRB – *gamma-ray burst*) megfigyelése során tapasztalt lefedési függvény által okozott problémákat korábbi cikkünkben [1] tárgyaltuk. Ha feltételezzük, hogy az expozíciós függvény nem függ a távolságtól, összehasonlíthatjuk egyes alosztályok égi eloszlását egymással is. Amennyiben két kitörés különböző távolságban van és látszó fényességük azonos, akkor a műszerek egyenlő valószínűséggel fogják azt észlelni. Eltérő irány esetén – mint láttuk – lehet eltérés, hiszen a galaktikus síkban kevesebbet figyeltünk meg (lásd [1] 4. ábráját). Vegyük például a 100 legközelebbi gammakitörés és a 100 legtávolabbi kitörés eloszlását az égen. Ezek megfigyelési függvénye azonos. Így az expozíciós függvény konkrét ismerete nélkül is összehasonlíthatjuk az eloszlásokat. A 2012 júliusáig megfigyelt 283 gammakitörést feloszthatjuk több azonos darabszámú csoportra, és ezek összehasonlíthatók egymással. Ha két különböző távolságban lévő csoportot összehasonlítva az égi eloszlásukat hasonlónak találjuk, de egy harmadik csoport égi eloszlása mindkettőtől különbözik, akkor ennek a csoportnak megfelelő távolságban a GRB-k eloszlása nem homogén.

## KÉTDIMENZIÓS ELOSZLÁSOK AZ ÉGGÖMBÖN

A fentiekől eltérő probléma a vizsgálatok során, hogy az eloszlások összehasonlítására általánosan használt Kolmogorov–Szmirnov próba [2] csak egy dimenzióban alkalmazható. Egy változó eloszlása esetén adódik egy olyan természetes rendezés, amely több változó esetén nem létezik. További probléma, hogy az égbolt topológiája nem egyezik meg az euklideszi sík topológiájával. Sík topológia esetére Peacock dolgozott ki egy eljárást [3], amelyet az alábbiakban ismertetünk.

Normál esetben a Kolmogorov–Szmirnov próbát úgy alkalmazzák, hogy a két eloszlásfüggvény maximális eltéréseinek értékét helyettesítik be a szignifikanciát adó képletbe. Kétdimenziós esetben Peacock azt javasolta, hogy az  $x, y$  síkon ( $x$  és  $y$  a két változó) vegyünk véges sok pontot. Ezek mindegyike négy részre osztja a síkot;

- 1,  $x < x_0, y < y_0$
- 2,  $x < x_0, y \geq y_0$

- 3,  $x \geq x_0, y < y_0$
- 4,  $x \geq x_0, y \geq y_0$ ,

itt  $(x_0, y_0)$  a választott pont két koordinátája.

A két kétdimenziós eloszlás darabszámait ezeken a tartományokon hasonlítják össze. Tanulmányunkban a két összehasonlítandó eloszlás elemszáma minden esetben megegyezik. Ha a két kétdimenziós ponthalmaz  $N$  elemet tartalmaz, akkor az egyes síknegyedekbe eső  $a_1, a_2, a_3, a_4$  elemszámokat kell összehasonlítani a másik ponthalmaz  $b_1, b_2, b_3, b_4$  értékeivel. Természetesen

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = N \quad \text{és} \quad b_1 + b_2 + b_3 + b_4 = N.$$

A véges sok helyen vett  $|a_i - b_i|$  kifejezések maximális értéke adja meg a két eloszlás maximális távolságát. Jelen témával foglalkozik még Lopes és társai munkája [4]. A Peacock-féle eljárás nagyobb elemszámok esetén jelentős számítógépidőt igényel. Fasano és Franceschini [5] az osztópontok megválasztására olyan algoritmust dolgozott ki, amellyel a „nyers erő” típusú számításokhoz képest a számítógépes futásidőt lényegesen csökkentették. A szakirodalomban a szignifikanciák megállapításához általában Monte-Carlo szimulációt javasolnak [6].

1. táblázat. A kétdimenziós Peacock-féle összehasonlító eljárás eredményei kilenc távolságcsoport esetén\* (A szerző szerkesztése)

csoport	cs1	cs2	cs3	cs4	cs5	cs6	cs7	cs8	cs9
cs1		9	9	15	11	13	9	12	8
cs2			10	18	7	15	11	9	12
cs3				14	9	11	14	9	10
cs4					15	10	15	17	11
cs5						13	13	8	10
cs6							10	13	8
cs7								10	10
cs8									11

\*A táblázat szimmetrikus, ezért csak a főátló feletti értékeket közöljük

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A gammakitörések a világegyetem legnagyobb energiájú folyamatai közé tartoznak. Okozói a nagy tömegű csillagok végső összeomlása távoli galaxisokban. Így nagyon távoli tartományokban jelzik a világegyetem sűrűbb részeit. Segítségükkel alkalmunk nyílik világunk nagy léptékű szerkezetének felderítésére. Jelen tanulmányban két módszerrel is megvizsgáljuk a műholdak által megfigyelt kitörések térbeli eloszlását egy húszéves periódus alatt.

**KULCSSZAVAK:** kutató műholdak, gamma-műholdak, asztrofizika, statisztika, gammakitörések

**ABSTRACT:** Gamma-ray bursts (GRBs) are one of the most energetic explosions in the Universe. They are associated with the stellar endpoints and are found in distant galaxies. Therefore, they are indicators of the dense part of the Universe. Their spatial distribution of GRBs thus can help us expose the large scale structure of the Universe. In this article we use two standard methods for this analysis.

**KEY WORDS:** research satellites, gamma satellites, astrophysics, statistics, gamma-ray bursts

\* DSc, NKE HHK Természettudományi Tanszék, tanszékvezető egyetemi tanár, horvath.istvan@uni-nke.hu ORCID: 0000-0002-1343-1761

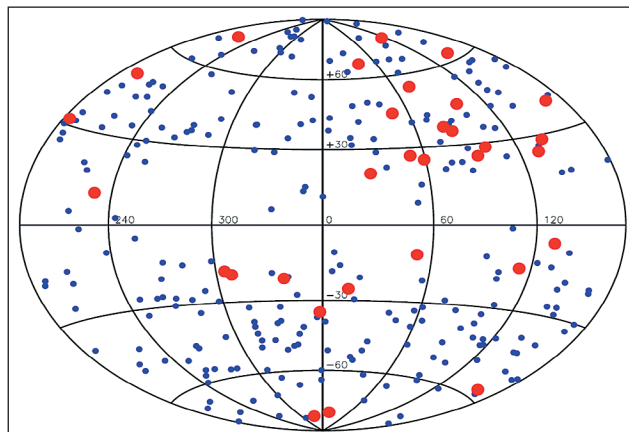


A fent ismertetett Peacock-féle kétdimenziós eljárás közvetlenül nem alkalmazható az említett 283 gammakitörés esetében. Ugyanis a gömb és a sík topológiája eltérő. Választhatjuk azonban az égen és a gömbi koordináta-rendszer, amelyben a fent leírt eljárás már alkalmazható. Négy távolságcsoporthoz például 70 gammakitörés kerül egy csoportba. Ezek égi eloszlását hasonlítottuk össze kilenc távolságcsoporthoz, azonban tíz, vagy még több különböző távolságcsoporthoz tartoztak (a 4 legkisebb vöröselölődésű gammakitörés volt statisztikai vizsgálatokhoz. A konkrét elemzést a kilenc távolságcsoporthoz történő felosztás esetén mutatjuk be. Mivel  $31 \cdot 9 = 279$  ezért, hogy mind a kilenc csoport elemszáma 31 legyen, a legközelebbi négy kitörést kihagytuk a vizsgálatból. Így a vöröselölődés-osztópontok a következők lettek;  $z = 0,41; 0,72; 0,93; 1,25; 1,60; 2,10; 2,73$  és  $3,60$ . Az első csoportba (cs1) a  $z = 3,6$ -nál nagyobb vöröselölődésű kitörések kerültek. A második csoportba (cs2) a  $z = 2,73$  és  $z = 3,6$  közötti vöröselölődésű kitörések sorakoznak, és így tovább egészen a kilencedik csoportig, amelybe az  $z = 0,41$ -nél kisebb vöröselölődésű gammakitörések tartoztak (a 4 legkisebb vöröselölődésű gammakitörés, tehát kimaradt).

A Peacock-féle eljárás eredményeit mutatja az 1. táblázat, amelyben a nagyobb szám nagyobb eltérést, nagyobb különbséget jelent a két csoport égi eloszlásában. Ezek a csoportok azok, amelyeknél a táblázatban a legnagyobb számok találhatóak. Például a nyolcadik csoport égi eloszlása (cs8) kevésbé tér el a hetedik csoportétól (cs7), mint a kilencedikétől (cs9). De az ötödik csoport égi eloszlásától még kevésbé tér el, hiszen a táblázatban lévő szám (8) kisebb, mint a másik két kiszámolt érték, a hetedik (10) és a kilencedik (11) csoporttal való összehasonlításhoz.

A nyolc legnagyobb számból hat, a hat legnagyobb számból pedig öt a negyedik csoporthoz (cs4) tartozik. Monte-Carlo módszerrel hozzávetőleges valószínűséget számoltunk véletlen eloszlások összehasonlításával. Megjegyzendő, hogy a jelenleg általánosan elfogadott kozmológiai modellek nagy skálán homogén és izotróp világot tételeznek fel. Ez alapján a most részletezett skálán nem lehetne megfigyelhető struktúra, azaz az égbolton a kitöréseket a távolságuktól függetlenül véletlenszerűnek kellene észlelnünk. Negyven ezer véletlen szimulációt végezve 31 pont helyzetét vettük az égen területarányos véletlen eloszlásban. Másik 31 véletlenszerű pozícióval összehasonlítva megkerestük a kétdimenziós összehasonlítás legnagyobb eltérését. Ezt az eljárást negyvenezerszer megismételve kaptunk egy statisztikát, amelyben 18-nál nagyobb értéket tíz esetben, 18-at huszonnyolc esetben kaptunk. Tehát körülbelül  $\frac{10+28}{40\,000} = 0,00095$  az esély arra, hogy 17-nél nagyobb számot kapjunk. A Monte-Carlo módszerrel kapott eredmény 16-ra  $p = 0,0029$ , ugyanez 15-re  $p = 0,0094$ , továbbá annak a valószínűsége, hogy ez az érték 14-nél nagyobb legyen  $p = 0,0246$  [7][8]. A 13-ra kapott érték,  $p = 0,057$  már statisztikailag nem tekinthető szignifikánsnak.

Normális eloszlást feltételezve, kétszigmára<sup>1</sup> szignifikáns a 13-nál nagyobb, és három szigmára szignifikáns a 15-nél nagyobb érték. A táblázatban 36 szám található, amelyek egymástól nem függetlenek, hiszen összesen kilenc eloszlást hasonlítottunk össze páronként egymással. Ha függetlenek lennének, akkor várhatóan 1,6 esetben, azaz 1 vagy 2 esetben fordulna elő 13-nál nagyobb érték, illetve 15-nél nagyobb értéket nem is várnánk, hiszen arra a várható érték 0,09. Az 1. táblázat adataira ez akkor igaz, ha nem tekintjük a cs4 jelű csoportot. Ezen csoport nélkül két szám nagyobb 13-nál, és ezek egyike sem nagyobb 15-nél.



1. ábra. A gammakitörések égi elhelyezkedése. A kék pontok jelölik az ismert vöröselölődésű kitöréseket, a pirosak pedig az  $1,6 < z < 2,1$  vöröselölődésű 31 gammakitörést [7]

A negyedik csoportnál azonban a nyolc érték közül hat szignifikáns eltérést mutat a többi csoporttól. Ezek közül kettő a három szigma szignifikanciát is meghaladja.

Amikor nyolc, hét, hat, öt vagy négy csoportra osztjuk a 283 kitörést, a távolságuk (vöröselölődésük) szerint rendezve, akkor attól függően tapasztalhatunk anizotrópiára utaló jelet, hogy a kilenc csoportra osztásnál rendellenesen viselkedő  $z = 1,60-2,10$  tartomány mekkora része esett az egyes csoportokba. Ennek értelmében a következőkben ezen 31 pont elhelyezkedését vizsgáljuk az éggömbön. Az 1. ábra mutatja a negyedik csoport (cs4) égbolton látható eloszlását.

### ELEMZÉSEK „LEGKÖZELEBBI TÁRS” MÓDSZERREL

Az egyik legelterjedtebb módszer struktúrák keresésére az éggömbön az ún. legközelebbi társ módszer [9,10]. Keresünk meg 31 adott pont esetében az egyes pontokhoz legközelebbi eső, de tőle különböző pont távolságát. Így 31 távolságadatot kapunk, amelyek eloszlását vizsgálhatjuk. Ha  $N$  pont véletlenszerűen oszlik el az égen, akkor a legközelebbi társ valószínűségi sűrűségfüggvénye:

$$P(\alpha) = \frac{(N-1)}{2^N} (\sin \alpha) (1 + \cos \alpha)^{N-2} \quad (1)$$

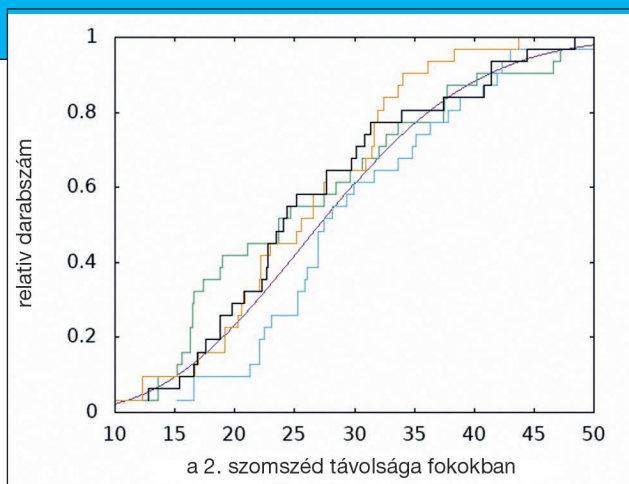
A második legközelebbi társ valószínűségi sűrűségfüggvénye:

$$P(\alpha) = \frac{(N-2)(N-1)}{2^{N-1}} (\sin \alpha) (1 - \cos \alpha) (1 + \cos \alpha)^{N-3} \quad (2)$$

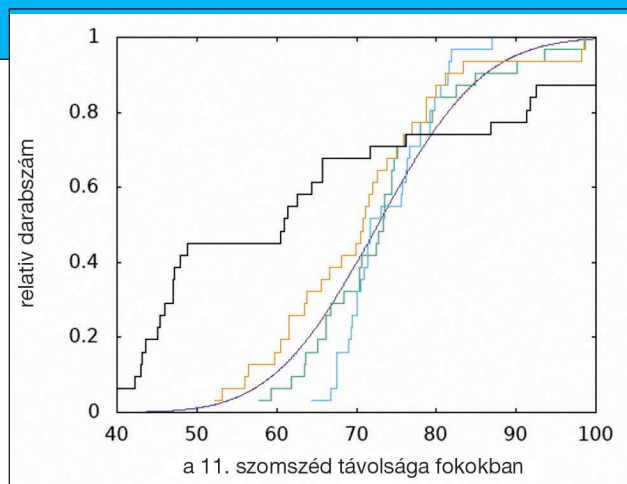
ahol  $\alpha$  a két pont egymástól mért szögtávolsága a gömbön [9]. Ha  $N$  pont véletlenszerűen oszlik el az égen és az  $M$ -edik legközelebbi társ-eloszlását keressük, akkor Scott és Tout [9] szerint a valószínűségi sűrűségfüggvény:

$$P_M(\alpha) = \frac{(N-1)!}{2^{N-1} (N-M-1)! (M-1)!} \cdot (\sin \alpha) (1 - \cos \alpha)^{M-1} (1 + \cos \alpha)^{N-M-1} \quad (3)$$

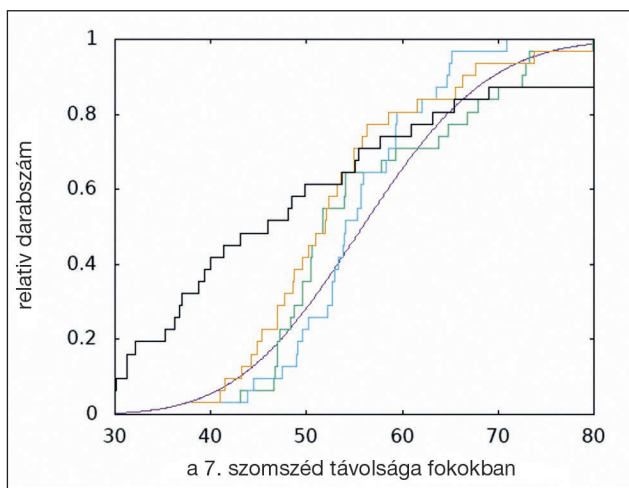
A következő ábrákon ezt az elméleti függvényt mindig bíbor színnel ábrázoltuk. Az előző fejezetben bevezetett csoportok (cs1,...,cs9) esetében mind a kilenc 31 elemű csoportnál megvizsgáltuk a legközelebbi társ, a második legközelebbi társ, végül a 30. legközelebbi társ-eloszlást. A 2. ábrán látható az első négy csoport esetén a második legközelebbi társ-eloszlás, az első csoportot zöld, a máso-



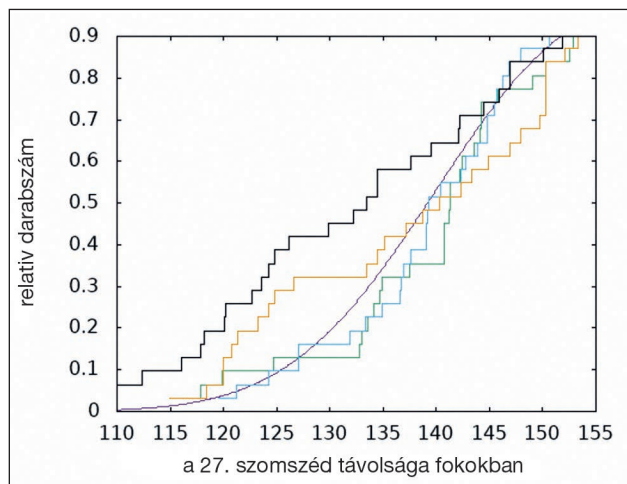
2. ábra. A 2. legközelebbitárs-eloszlásfüggvény az első (zöld), második (kék), harmadik (sárga) és negyedik (fekete) csoport esetén (A szerző szerkesztése)



4. ábra. A 11. legközelebbitárs-eloszlásfüggvény az első (zöld), második (kék), harmadik (sárga) és negyedik (fekete) csoport esetén. A bíbor színű görbe a véletlen eloszlás esetén várt eloszlásfüggvényt mutatja (A szerző szerkesztése)



3. ábra. A 7. legközelebbitárs-eloszlásfüggvény az első (zöld), második (kék), harmadik (sárga) és negyedik (fekete) csoport esetén. A bíbor színű görbe a véletlen eloszlás esetén várt eloszlásfüggvény (A szerző szerkesztése)



5. ábra. A 27. legközelebbitárs-eloszlásfüggvény az első (zöld), második (kék), harmadik (sárga) és negyedik (fekete) csoport esetén (A szerző szerkesztése)

dik csoportot kék, a harmadik csoportot sárga, a negyedik csoportot fekete színnel ábrázolva.

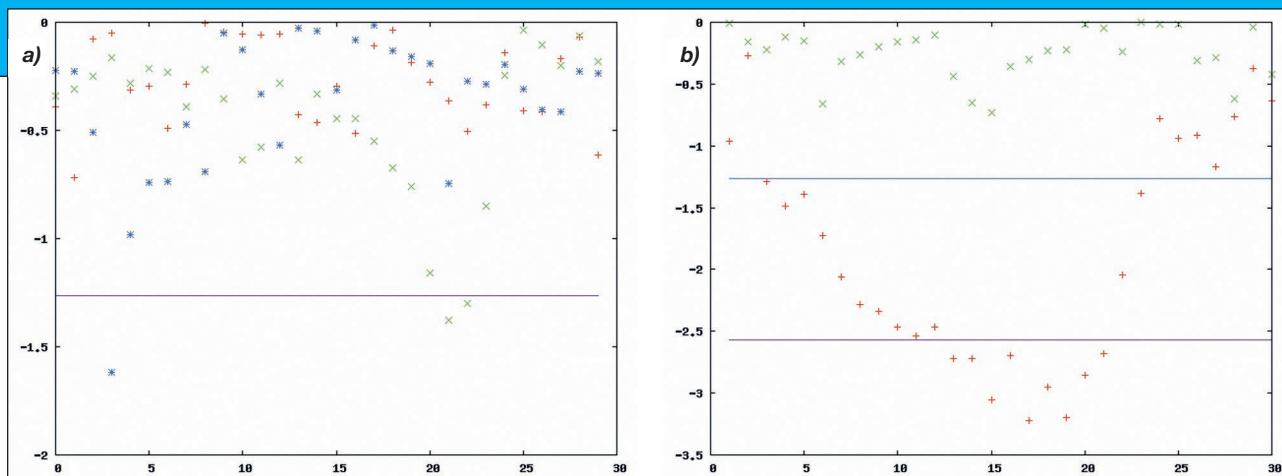
A 3. ábrán, hasonlóan a 2. ábrához az első négy csoport esetén a hetedik legközelebbitárs-eloszlásokat ábrázoltuk (az első csoportot zölddel, a második csoportot kékkel, a harmadik csoportot sárga, a negyedik csoport fekete színnel). A 4. ábrán látható a 11. legközelebbi szomszédok eloszlása, az 5. ábrán a 27. legközelebbi szomszédok eloszlása az első négy kitérőcsoport (távolság szerint osztályozva) esetén, hasonló színekkel ábrázolva, mint az előzőekben. Mindegyik csoport mutat ugyan eltérést a bíbor színű görbétől, de az ezekből az eltérésekből számított Kolmogorov–Szmirnov valószínűségek nyolc csoportnál egyáltalán nem szignifikánsak. Hasonló képet mutatnak az itt nem ábrázolt, de ugyancsak megvizsgált 5., 6., 7., 8. és 9. csoport legközelebbitárs-eloszlásai. A pontos valószínűségek a 6. ábrán láthatók.

Az a tény, hogy nyolc csoportnál (mindegyik egyenként 31 gammakitérést tartalmazott) a legközelebbitárs-eloszlás nem mutatott szignifikáns anizotrópiát, összhangban van azzal, hogy a gammakitérések nagyon távoliak, és ekkora skálán a világegyetem már homogén és izotróp. A 6. a) ábrán láthatók az első három csoport esetén az első 30 legközelebbi szomszéd-eloszlásokra kapott Kolmogorov–Szmirnov valószínűségek (a függőleges tengely logaritmius). Az első csoport esetén (piros szín) egyetlen egy sem érte el a 95%-os szignifikanciát (két szigma jel). Ugyan a

másik két csoportnál (kék és zöld szín) egy, illetve két esetben kaptunk  $p = 0,05$ -nél (két szigma jel) kisebb értéket, de ez nem tekinthető szignifikánsnak, hiszen összesen 120 adatpont található az ábrán. Ezek természetesen nem teljesen független valószínűségek, de 120 tesztél már véletlen eloszlás esetén is öt-hat kétszigmás jel várható.

A 6. b) ábrán láthatók a negyedik és az ötödik csoport esetén az első 30 legközelebbi szomszéd-eloszlásokra kapott Kolmogorov–Szmirnov valószínűségek (a függőleges tengely itt is logaritmius). Az ötödik csoport esetén sem találtunk szignifikáns valószínűségeket, szemben a negyedik csoport valószínűségeivel. Már a harmadik szomszédok eloszlása esetén két szigma az eltérés a negyedik csoportnál – piros pluszjelek a 6. ábra b) oldalán –, de láthatóan az első öt szomszédnál nincs különösebb tendencia. Ezután azonban egészen a 11. legközelebbi társig, a szignifikancia  $(1 - p)$  folyamatosan nő egészen a három szigma szintig (99,7%), majd eléri, és többször meghaladja a 99,9%-os szignifikanciát. A 19. társától a szignifikancia rohamosan csökken. Mindezek azt mutatják, hogy nem kisszámú kitérés található egymáshoz közel, hanem legalább 11, de maximum 18 kitérés alkot egy csoportosulást az égen. A 18 már meg is haladja a teljes elemszám (31) felét. A 14 elemű csoport körülbelül a teljes égbolt nem egészen egynolcadán helyezkedik el, amely jelen esetben, 31 pont esetén  $p = 0,0000055$  binomiális valószínűséget jelentene. Természetesen az itt számolt szignifikanciák csak hozzávetőlege-





6. ábra. A Kolmogorov–Szmirnov próbából kapott valószínűségek a  $k$ -adik legközelebbi társak eloszlásfüggvényében a különböző csoportokra. Az a) ábrán a piros az első csoportot, zöld a második csoportot, kék a harmadik csoportot jelöli. A b) ábrán a piros a negyedik csoportot, a zöld az ötödik csoportot jelöli. Vízszintesen  $k$ , függőlegesen a valószínűség logaritmusára került feltüntetésre. A lila és kék vízszintes vonalak a két szigma és a három szigma értékeket jelölik (A szerző szerkesztése)

sek, a [11], [12] és [13] publikációk tovább vizsgálták az eloszlást például Monte-Carlo bootstrap elemzéssel.

Ezek a tanulmányok kimutatták, hogy nagyon valószínűtlen a gammakitörések ilyen térbeli csoportosulása. A felfedezett sűrűbb tartományt a médiában Hercules–Corona Borealis Nagy Fal néven emlegetik. Egy ekkora inhomogenitás erősen sérti a kozmológiai elvet, amely feltételezi, hogy nagyskálán a Világegyetemben egyenletesen oszlik el az anyag. A feltételezések szerint a legnagyobb struktúrák nem lehetnek lényegesen nagyobbak 150–200 megaparszeknél. Az eddig ismert legnagyobb struktúra, a Sloan Nagy Fal [14] mérete valamivel meghaladja az 1 milliárd fényévet, ami kb. 400 megaparszek, tehát feszegeti az elméleti határt. A cikkben tárgyalt elemzésekkel beazonosított nagy struktúra 5–6-szorosan meghaladja ezt a méretet [13].

A publikáció elkészültét támogatta az NKFIH Tématerületi Kiválósági Program 2021 pályázatán nyertes TKP2021-NVA-16 azonosítószámú NKE HHK pályázat „Alkalmazott katonai műszaki-, had-, és társadalomtudományi kutatások a nemzetvédelem, nemzetbiztonság területén a Hadtudományi és Honvédtisztképző Karon”.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Horváth István. „A gammakitörések irány szerinti eloszlása” *Haditechnika* 55, 4. szám, (2021): pp. 43–46. <https://doi.org/10.23713/HT.55.4.08>;
- [2] Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky, S. A. and Vetterling, W. T.: *Numerical Recipes*. Cambridge University Press, Cambridge. (1992);
- [3] Peacock, J. A. „Two-dimensional goodness-of-fit testing in astronomy”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 202, sz. 1. (1983): pp. 615–627. <https://doi.org/10.1093/mnras/202.3.615>;
- [4] Lopes, R. H. C., Hobson P. R. and Reid I. D. „Computationally efficient algorithms for the two-dimensional Kolmogorov Smirnov test”. *Journal of Physics*, 119, sz. 4, article id. 042019, (2008) <http://doi.org/10.1088/1742-6596/119/4/042019>;
- [5] Fasano, G. and Franceschini, A. „A multidimensional version of the Kolmogorov-Smirnov test”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 225 sz. 1. (1987): pp. 155–170. <https://doi.org/10.1093/mnras/225.1.155>;
- [6] Justel, A., Pena, D. and Zamar, R. „A multivariate Kolmogorov-Smirnov test of good-ness of fit”. *Statistics and Probability Letters*, 35, sz. 3. (1997): pp. 251–259. [https://doi.org/10.1016/S0167-7152\(97\)00020-5](https://doi.org/10.1016/S0167-7152(97)00020-5);
- [7] Horvath, I., Hakkila, J., Bagoly, Z. „The largest structure of the Universe, defined by Gamma-Ray Bursts”. In: N, Gehrels, M S, Briggs, V, Connaughton (szerk.) *7th Huntsville Gamma-Ray Burst Symposium*, Melville (NY), USA: AIP Publishing (2013) Paper: 33, 6 p.;
- [8] Horváth, I., Hakkila, J. and Bagoly, Z. „Possible structure in the GRB sky distribution at redshift two”. *Astronomy and Astrophysics*, 561, id. L12 (2014). <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201323020>;
- [9] Scott, D. and Tout, C. A. „Nearest neighbour analysis of random distributions on a sphere”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 241, sz. 2. (1989) pp. 109–117. <https://doi.org/10.1093/mnras/241.2.109>;
- [10] Slechta, M. and Mészáros, A. „A Note on the Nearest Neighbour Analysis”. *Astrophysics and Space Science*, 249, sz. 1, (1997): pp. 1–5.;
- [11] Horváth I., Bagoly Z., Hakkila J., Tóth L.V. „New data support the existence of the Hercules-Corona Borealis Great Wall”. *Astronomy and Astrophysics*, 584, id. A48 (2015): pp. 8. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201424829>;
- [12] Rácz, I., Balázs L.G., Horváth I., Tóth L.V., Bagoly Zs. „Statistical properties of Fermi GBM GRBs’ spectra”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 475 sz. 1. (2018): pp. 306–320. <https://doi.org/10.1093/mnras/stx3152>;
- [13] Horvath, I et al. „The clustering of gamma-ray bursts in the Hercules–Corona Borealis Great Wall: the largest structure in the Universe?” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 498, sz. 2. (2020): pp. 2544–2553. <https://doi.org/10.1093/mnras/staa2460>;
- [14] Gott, J. R., III, Juric, M., Schlegel, D., Hoyle, F., Vogeley, M., Tegmark, M., Bahcall, N. and Brinkmann, J. „A Map of the Universe.” *The Astrophysical Journal*, 624, sz. 2. (2005): pp. 463–484. <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/428890>.

## JEGYZETEK

1 A szigma ( $\sigma$ ) a görög ábécé karaktere, amelyet a statisztikusok a folyamatokban előforduló ingadozás kifejezésére használnak.



1. ábra. A Különleges Műveleti Erők kijelölt állománya 2020. szeptember 10-én vezetési gyakorlatot hajtott végre a Bakonyban. A négy Polarisból álló kötelék a konvojban történő haladást, a rossz terepviszonyok közötti alkalmazhatóságot, manőverezhetőséget egyaránt gyakorolta (Fotó: Baranyai László)

Kelecsényi István\*

## A Magyar Honvédség Polaris MRZR ultrakönnyű harcászati járművei

Műveleti területeken a hadseregek gépi mozgatási igénye egyidős a motorizáció fejlődésével. A hadseregen belül a felderítők, különleges műveleti katonák, ejtőernyősök szállítása a harcterületeken speciális gépjárműveket igényel. A feladat jellegétől függően, kisebb-nagyobb távolságok megtételére alkalmas járművekkel történő felszerelésük a légimozgékonyág kiegészítéseként megnöveli az aleggységeik alkalmazásának hatótávolságát, illetve reagálási sebességüket.

Ezért ilyen speciális járműveket a II. világháború során először a légideszant és ejtőernyős alakulatok támogatására tervezték. Az amerikai ejtőernyős alakulatok számára

speciális motorkerékpárokat, valamint azokkal vontatható utánfutókat rendszeresítettek. Az angolszász és a német haderőknél könnyű terepjáró járművek (például a Ford GP, Willys MA, illetve a Volkswagen Kübelwagen és Schwimmwagen) mozgatására is alkalmas teherszállító-vitorlázó repülőgépeket, valamint ezekhez a járművekhez különféle utánfutókat és könnyű lövegeket, aknavetőket állítottak hadrendbe.

A speciális alakulatok is a II. világháború idején kaptak különleges járműveket. Kiemelendő a brit LRDG (Long Range Desert Group – Mélységi Sivatagi Csoport), a SAS (Special Air Service – Különleges Légi Szolgálat) elődje,

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során a különleges műveleti képesség fejlesztése kiemelt terület. A Magyar Honvédség Polaris MRZR-4 ultrakönnyű harcászati járművei is ezt a képességet erősítik. Az amerikai eszköz beszerzése kapcsán a szerző bemutatja a korábban a Haditechnikai Intézet által fejlesztett magyar fejlesztésű, ultrakönnyű harcászati járművet, a „Szöcskét” is.

**KULCSSZAVAK:** Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program, ultrakönnyű és könnyű harcászati jármű, Polaris, HTI, Szöcske könnyű terepjáró jármű

**ABSTRACT:** During the Defence and Military Development Program, the development of Special Operational Capabilities is a priority area. The new Polaris MRZR-4 ultralight tactical vehicles of the Hungarian Armed Forces also strengthen this capability. In this paper I will show you the Hungarian ultralight tactical vehicle, the „Szöcske”, previously developed by the Institute of Military Technology.

**KEY WORDS:** Defence and Military Development Program, ultralight and light tactical vehicle, Polaris, HTI, „Szöcske” light SUV

\* Szakújságíró, a Magyar Hadtudományi Társaság Légierő Szakosztály tagja. ORCID: 0000-0001-5563-3313



amely az afrikai sivatagi műveleteihez átalakított amerikai jeepeket használt. Az SAS az amerikai terepjárókkal szerzett tapasztalatok nyomán az 1960-as években Land Rover terepjárókat alakított át a közel-keleti hadszíntereken folytatott speciális műveletekhez. A sivatagi álcázás érdekében a terepjáró járműveket rózsaszín árnyalatúra festettek – emiatt ezeket a Land Rovereket „Pink Panther”-nek (Rózsaszín Párduc) is gúnyolták –, és többek között az ománi válságban is bevetették. [1]

A második világháború után a legtöbb hadseregben a könnyű terepjárók hadrendbe kerültek. Ezeknél a terepjáró járműveknél is problémát jelentett a kellő mozgékonyság elérése a sivatagi köves-sziklás, illetve az északi, havas terepeken. A franciák elsősorban az Algéria önállóságáért folytatott gerillaháborúban érezték, hogy járműveik nem, vagy nehezen alkalmasak sziklás hegyvidéken történő alkalmazásra. Szintén hasonló gondokkal küszködtek a sivatagi körülmények között harcoló arab és izraeli alakulatok, illetve az Afganisztánban harcoló szovjet egységek.

A különféle csövekből, zártszelvényekből, rugókkal épített, motorral ellátott könnyű homokfutókat, az ún. buggykat először off road (terepjáró) versenyekre fejlesztették ki az 1970-es években. Katonai alkalmazásukra az Egyesült Államok hadseregében (U. S. Army) került sor 1991-ben, az iraki öbölháború során. A „Dune-Buggy”-k ekkor a különleges műveleti csoportok katonái számára biztosítottak gyors mozgást.

Az Egyesült Államok azóta kezdett különféle sivatagi járó járművek (DPV – Desert Patrol Vehicle), gyors támadójárművek (FAV – Fast Attack Vehicle), illetve újabban könnyű csapásmérő járművek (LSV – Light Strike Vehicle) fejlesztésébe. Az eszközöket a tengerészgyalogos hadtest különleges alakulata a SEAL (SEA, AIR and Land Teams), a hadsereg Delta Force alakulata mellett a „Ranger” egységeknél is rendszeresítették. Ilyen járműveket kapott a 82. ejtőernyős hadosztály és a 173. önálló ejtőernyős dandár. Az új típusú harcászati járműveket a haderón kívül még az amerikai határőrség erői is használják. [2]

A világ többi hadseregében is ugrásszerűen elterjedtek a homokfutók, buggyk különféle típusai. A brit haderő (British Army) különleges egységei például, a 2000-es évek elejétől nagy mozgékonyságú szállító járműként (HMT – High Mobility Transporter) definiált Supacat típusú járművekkel rendelkeznek. A francia haderőben (Forces armées françaises) Polaris gyártmányú terepfutókat alkalmaznak, az Oroszországi Föderáció Fegyveres Erői (Вооружённые Силы Российской Федерации) a 2019. évi moszkvai katonai díszszemlén mutatták be a nyilvánosságnak az AM-1 és a Chaborz M-3 típusú könnyű harcászati járműveiket.

### A MAGYAR ULTRAKÖNNYŰ HARCÁSZATI JÁRMŰ, A „SZÖCSKE”

Az 1991-es öbölháború után, a Honvédelmi Minisztérium szinte azonnal igényt támasztott az Irakban bevetett könnyű, nagy mozgékonyságú képesség magyarországi megteremtésére. A Magyar Honvédség Anyagi-technikai főcsoportfőnöksége pályázatot írt ki, amelyre a Haditechnikai Intézet mérnöki kollektívája megkezdte egy könnyű terepjáró jármű tervezését. 1991-ben a Hadiipari Hivatal támogatásával és költségvállalásával a Gépfet Kft.-nél elkezdődött a könnyű terepjáró jármű (KTJ) kialakítása. Az első prototípus 1992-ben készült el a Haditechnikai Intézet követelményei alapján. A járművet extrém időjárási körülmények és különleges talajviszonyok között tesztelték, és a próbaidőszak végén a konstrukciót kisebb-nagyobb technikai problémái ellenére megfelelőnek minősítették. 1993-



2. ábra. Az 1990-es évek elején a Haditechnikai Intézet (HTI) fejlesztésében megépült „Szöcske” fantáziánévű ultrakönnnyű terepjáró járműveket is úgy tervezték, hogy Antonov AN-26-os repülőgépekkel, illetve Mi-8T és Mi-17 közepes szállítóhelikopterekkel is szállítható legyen. A képen az AN-26-os rámpáján a KTJ egyik prototípusa látható (Fotó: HTI archív)



3. ábra. Sámán Tőr 2020 elnevezésű különleges műveleti rendszergyakorlaton éleslövészettel egybekötött hadműveleti és harcászati gyakorlatot hajtottak végre a kiképzési rendezvény idejére létrehozott MH Különleges Műveleti Erők Központ és az MH 2. vitéz Bertalan Árpád Különleges Rendeltetésű Dandár katonái Táborfalván, 2020 november 11-én. A szakmai napon az MRZR 4-eseket is bevetették (Fotó: HM Zrínyi Nonprofit Kft./honvedelem.hu / Kertész László)

94-ben a fejlesztés a felmerült problémák megoldására, a harcászati-technikai jellemzők javítására és az ipari gyártáselőkészítésre irányult. Ezek alapján további példányok – KTJ 02, 03, 04 típuszámmal – készültek el. A sorozat darabjai működési elveikben a prototípussal azonosak, de paramétereikben, kivitelükben eltérőek voltak, így például benzin- és dízelmotoros példányok is készültek. A harcászati feladatok megoldása érdekében különféle fegyverállványok, részegységek felszerelését is tervezték. A Magyar Honvédség fegyverzetébe tartozó, vagy tervezett harceszközök: 7,62 és 12,7 mm-es könnyű és nehéz géppuskák, SZPG-9 hátrasiklás nélküli löveg, 9M111 Fagot páncéltörő rendszer, 12,7 és 14,5 mm-es Gepárd és Elefánt mesterlövész- és rombolópuskák hordozására is előkészítették a járműveket. Forráshiány miatt azonban a honvédség a projekt leállítására kényszerült. [3]



4. ábra. A Polaris MRZR 4 több feladatra alkalmas moduláris felépítésű jármű. A képeken különböző felépítményű változatai láthatók, többek között a sebességszállító változat hordágytartóval és hordágyakkal [5]

### A POLARIS MRZR JÁRMŰCSALÁD

A program leállítása után a Magyar Honvédség nem rendelkezett ultrakönnnyű harcászati jármű kategóriában rendszeresített járművekkel, csupán olyan nagyobb, hagyományos könnyű terepjárókkal, mint a Mercedes-Benz 230 GE, a 290 GD, a G-250 Wolf, a G-270 CDI és G-280 CDI, az UAZ-452, az UAZ-469B, és az amerikai AM General által gyártott HMMWW (High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle) járművek.

A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során a különleges műveleti képesség fejlesztése kiemelt terület. Ennek komoly támogatója az Amerikai Egyesült Államok, amely a világ egyik legnagyobb különleges műveleti erejét tartja fenn. Hazánkban a szolnoki mélységi felderítőegységből született meg a kor követelményeinek megfelelő felszereléssel ellátott és kiképzett különleges műveleti zászlóalj, amelyet későbbiekben ezredde, majd dandárrá bővítettek. Jelenlegi hadrendi megnevezésük: MH 2. vitéz Bertalan Árpád Különleges Rendeltetésű Dandár. [4]

A légimozgékonyaságon túl, az alegységek, kötelékek mozgását és gyors reagálási képességét ultrakönnnyű terepjárók beszerzésével erősítette meg a Magyar Honvédség.

Az eszközök kiválasztását megkönnyítette, hogy az Egyesült Államok Különleges Erőinek Parancsnoksága (United States Special Operations Command – USSOCOM) alá rendelt csapatai, a 82. légi szállítású hadosztály (82nd Airborne Division) alegységei, az Amerikai Egyesült Államok Tengerészgyalogsága (United States Marine Corps) katonái, valamint több mint 20 ország, köztük Franciaország, Kazahsztán, Libanon, Szabad-Szíria haderői is a minneapoliszi (USA, Minnesota Állam) székhelyű Polaris Industries cégcsoport járműveit integrálták saját haderejükbe.

A Polaris Industries hójárókat, quadokat, könnyű és ultrakönnnyű terepjárókat, homokfutókat gyárt polgári, sport és katonai feladatokra. Katonai célra a Defence (védelmi) üzletág a Sportsman MV850 quad termékcsaládot, az MRZR 2 (D2) és 4 (D4) ultrakönnnyű harcászati, és a Dragor A1 könnyű terepjárócsaládot kínálja. [5]

A Magyar Honvédség az MRZR 4 járműcsalád beszerzése mellett döntött, ezért a továbbiakban ezt az ultrakönnnyű harcászati terepjárócsaládot mutatjuk be.

Az MRZR 4 járműcsalád két alapjárműből áll, amelyek meghajtásukban térnek el egymástól. A MRZR változat benzin üzemű, a MRZR D4 pedig dízelmotorral (5. ábra) került felszerelésre.

A jármű aktív védelemmel nem rendelkezik, passzív utasvédelmét csupán a biztonsági övek és hevederek biztosítják.

Az MRZR 4-es légi szállításra alkalmas, a nehéz és a közepes szállító repülőgépek mellett az MV-22 konverziplán és a nehéz és a közepes szállítóhelikopterek rakterében is szállítható. Az eszköz függesztési pontjainak köszönhetően helikopterrel, külső függesztéssel is szállítható. A magyar

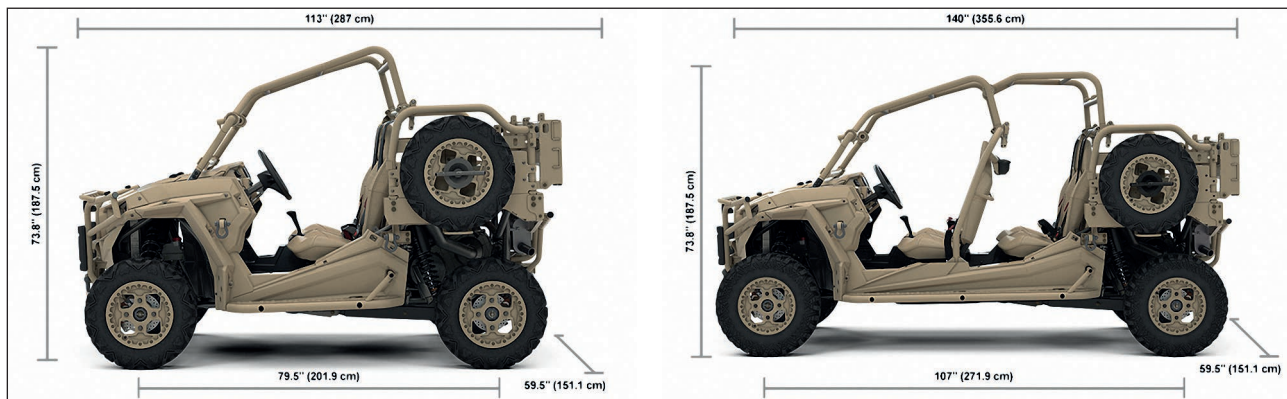
1. táblázat. A lapunk posztermellékletén látható Polaris MRZR 4 jármű harcászati-technikai adatai (A szerző szerkesztése [5] és [6] alapján)

Technikai adatok	
Hosszúság	3594 mm
Magasság	1875 mm
Szélesség	1524 mm
Hasmagasság	286 mm
Max. emelkedőleküzdő képesség	60%
Tengelytávolság	2718 mm
Maximális oldaldőlés	40%
Gázlóképesség	500 mm
Saját tömeg	867,3 kg
Szállítható személyek száma	4 fő (opcionális – hátrafelé néző ülésekkel 6 fő)
Hasznos terhelés	680,4 kg
Hatótávolság	250 km (450 km D4 változat)
<b>Erőforrás MRZR 4</b>	
Típus	Polaris PRO Star 900 négyütemű benzinüzemű DOHC-vezérlésű, folyadékhűtésű
Hengerűrtartalom	875 cm <sup>3</sup>
Teljesítmény	75 kW
Maximális sebesség	96 km/h
<b>Erőforrás MRZR D4</b>	
Típus	3 hengeres, négyütemű, SOHC-vezérlésű, turbófeltöltésű, folyadékhűtésű
Hengerűrtartalom	993 cm <sup>3</sup>

haderőben beszerzés alatt álló Embraer KC-390 Millennium közepes szállító repülőgép, a Mi-8T, Mi-17 közepes helikopterek belső rakterében és külső függesztéssel a Mi-8T, Mi-17-es közepes szállító helikopterekkel és a Mi-24P/V harci helikopterekkel is szállítható.

A járműcsaládot 2007–2008-ban konstruálta a Polaris Industries. A kisebbik (hátrafelé néző ülésekkel 4 üléses)





5. ábra. Polaris MRZR D2 és D4 dízelmotorral szerelt változatú járművek méretei (Erőmű: 4 ütemű SOHC háromhengeres turbódízel motor) [5]

MRZR 2 és a nagyobb MRZR 4 fejlesztése párhuzamosan zajlott. A két változatról először az Amerikai Egyesült Államok Különleges Műveleti Parancsnoksága rendelt meg 1500 db-ot. Ezek a dízelüzemű változatok JP-8 (Military Jet Fuel) üzemanyaggal is működnek.

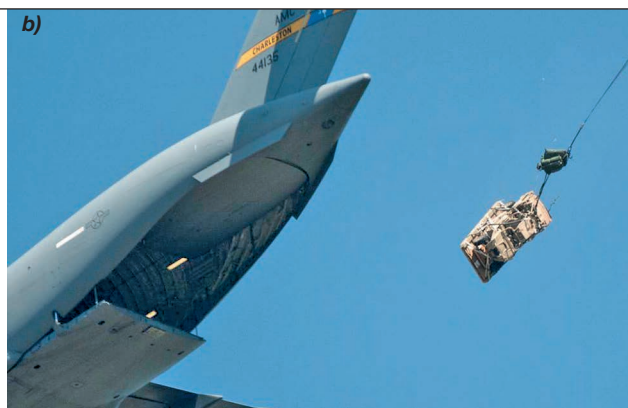
2016 novemberében az Amerikai Egyesült Államok Tengerészgyalogos Hadteste rendelt 144 db MRZR D változatot. A tengerészek Utility Task Vehicle (UTV) vagyis kiegészítő, támogató jármű elnevezéssel állították hadrendbe, elsősorban a Navy Seal (Oroszlánfókák) nevű speciális erőknél. A különböző tengerészgyalogos expedíciós egységeknél (Marine Expeditionary Unit – MEU) között szétosztott speciális erők ezredenként 18 db-ot kaptak a járművekből. A szerződés összértéke 2,5 millió dollár volt.

Az MRZR járművek a szállítási feladatokon kívül fegyver-állványként is működhetnek. Különböző csöves tüzeszközök, (könnyű és nehéz géppuskák, golyószórók), páncéltörő eszközök (például FGM-148 Javelin, Spike irányított páncéltörő rakéták), hátrasiklás nélküli fegyverrendszerek (pl. Carl-Gustaf) mellett kipróbálták már rajta a Raytheon kísérleti lézerfegyverét is. Kommunikációs és zavarókonténer ugyancsak felszerelhető a járműre. Emellett infravörös képalkotó eszközök telepítésére is alkalmas, így rossz időjárási körülmények között és éjszaka is közlekedhetnek látható fényű fényszórók nélkül.

A járművek feladatköre széleskörű. Élőerő szállításán kívül alkalmasak felderítése, sebesültszállításra, határvédelemre, de fegyverekkel felszerelve alkalmazhatók harcátmogató szerepkörben is. Az MRZR járművek nincsenek

6. ábra. Az MRZR egyik első hazai bemutatkozása 2019. május 18–19-én, a Budaörsi repülőtéren megrendezett haditechnikai és légi bemutaton (Fotó: Kelecsényi István)





7. ábra. Az MRZR 4 járművek légi szállítására is alkalmasak. A Polaris rögzítése a földi személyzet feladata a) A könnyű terepjáró beemelése a C-130 Hercules szállító repülőgépre b) [10]; [11]



8. ábra. Az MRZR-t általában sivatagi területeken alkalmaz-  
zák, de téli időjárási viszonyok között is kiválóan használható  
jármű [6]



10. ábra. Afganisztánban és Szíriában éles bevetéseket  
hajtottak végre a járművekkel. A MRZR 4 mögött a földön  
FGM-148 Javelin páncéltörő rakéta látható [12]

páncélozva, ezért harctámogató szerepkörben elsősorban rossz időjárásban, éjszaka alkalmazhatók, valamint olyan műveletek során, amelyekben a leküzdendő célok vagy nem rendelkeznek fegyverekkel, vagy azoknál előbb történik saját oldalról a felderítés és tűzkiváltás.

A MRZR járművekhez speciális utánfutókat is beszerzett a Magyar Honvédség. Ezek alkalmazásával növelhető a teherter, valamint a szállítható személyek száma is.

A járműcsaládot harcban is kipróbálták. Az amerikai erők bevetették Irakban, Afganisztánban és Szíriában egyaránt.

9. ábra. A Polaris MRZR 4 műszerfala. A jármű kialakítása lehetővé teszi a nagynyomású fecskendővel történő tisztítását (Fotó: Kelecsényi István)



Páncéltörő eszközzel – meg nem erősített hírek szerint – T-54/55-ös harckocsikat is leküzdöttek segítségével.

## ÖSSZEZÉS

A Magyar Honvédség 12 db MRZR 4 ultrakönnyű harc-  
szati járművet vásárolt utánfutókkal, amelyeket először  
2018. március 29-én mutattak be az MH 86. Szolnok Heli-  
kopter Bázison. Azóta a járművekkel megkezdődött a ki-  
képzés, és az érdeklődők több nyílt napon – például a  
Visegrad 4Sight 2018 V4-es különleges műveleti gyakorlat  
sajtónyilvános napján, 2019-ben a Ludovika Napon és a  
Budaörsi Repülőnapon, valamint 2021-ben a szolnoki bá-  
zison megrendezett csapatünnepen – is megtekinthették a  
harcjárműveket.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Taylor, James. *Land Rover: 65 Years of the 4 x 4 Workhorse*. Marlborough: Crowood Press, UK, 2013. ISBN 9781847975287;
- [2] Hegedűs Ernő. „LÉGIDESZANTOK AZ ELSŐ ÉS A MÁSODIK ÖBÖL-HÁBORÚBAN (Eszközeik megérették a generációváltásra?).” *Hadmérnök* 4. évfolyam 1. szám (2009): pp. 107–109. [http://hadmernok.hu/2009\\_1\\_hegedus.pdf](http://hadmernok.hu/2009_1_hegedus.pdf) (Letöltve: 2022.1.10.);



- [3] Hajdú Ferenc, Sárhídoi Gyula. *A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005*, Budapest, HM Technológiai Hivatal (2005): pp. 153–154. ISBN 963219666X <https://mek.oszk.hu/12900/12993>(Letöltve: 2022.1.10.);
- [4] „MH 2. vitéz Bertalan Árpád Különleges Rendeltetésű Dandár” *honvedelem.hu* Feltöltve: 2020. július 31. <https://honvedelem.hu/alakulat/mh-2-vitez-bertalan-arpad-kulonleges-rendeltetesu-dandar.html> (Letöltve: 2021.11.22.);
- [5] Polaris Government & Defense. Military World-Class Ultra-Light Tactical Vehicles. <https://military.polaris.com/en-us/applications/military/> (Letöltve: 2021.11.22.)
- [6] Polaris MRZR 4 [http://www.military-today.com/trucks/polaris\\_mrZR\\_4.htm](http://www.military-today.com/trucks/polaris_mrZR_4.htm) (Letöltve: 2021.11.22.);
- [7] Kovács Csaba. *A különleges műveleti erők helye, szerepe és tevékenysége a 21. század katonai műveleteiben*. Doktori (phD) értekezés. <https://docplayer.hu/13144168-Kovacs-csaba-alezredes-a-kulonleges-muveleti-erok-helye-szerepe-es-tevenysege-a-21-szazad-katonai-muveleteiben-doktori-phd-ertekezes.html>;
- [8] Csabai György. „Az I. és II. Öböl-háború stratégiai tanulságai.” *Katonai Logisztika* 10. sz. 4. (2003): pp. 5–36. [http://epa.oszk.hu/02700/02735/00047/pdf/EPA02735\\_katonai\\_logisztika\\_2003\\_4.pdf](http://epa.oszk.hu/02700/02735/00047/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_2003_4.pdf);
- [9] Boros Jenő, Ocskay Zoltán. *Magyar autó- és motortörténet*. Budapest: Kossuth Kiadó Zrt. 2019.;
- [10] Forrás: <https://media.defense.gov/2018/May/25/2001922992/1088/820/0/180522-M-PQ275-470.JPG> (Letöltve: 2021.11.22.);
- [11] Forrás: [https://www.armytimes.com/resizer/7qMBI4hHTIzf4RVPhAYY5pO1Ghk=/1024x0/filters:format\(jpg\):quality\(70\)/arc-anglerfish-arc2-prod-mco.s3.amazonaws.com/public/2F3BOW7T2VBANNYVKSTL3DP5DY.jpg](https://www.armytimes.com/resizer/7qMBI4hHTIzf4RVPhAYY5pO1Ghk=/1024x0/filters:format(jpg):quality(70)/arc-anglerfish-arc2-prod-mco.s3.amazonaws.com/public/2F3BOW7T2VBANNYVKSTL3DP5DY.jpg) (Letöltve: 2021.11.22.);
- [12] Forrás: <https://www.thedrive.com/content/archive-images/gettyimages-535266736a.jpg?width=1440&quality=70> (Letöltve: 2021.11.22.).

Tőrös István (szerk.)

## Tűzvarázslók – 11+1 repülőnap története

A több száz képpel illusztrált kötet egyfajta repüléstörténeti korrajz, mégpedig a repülőnapok különös, semmihez sem fogható hangulatú világának hű krónikája. A szerzők, Sebők János, Kóvári László, Sárly Zoltán, Trautmann Balázs, Galambos Sándor, Szabó Béla és Tőrös István beszámolók, típusismertető és interjúk segítségével mutatják be azt az utat, amelyen haladva a repülőnapok az ország egyik leglátogatottabb rendezvényeivé váltak, és felkerültek a világ nagy airshow-programjainak térképére is. Ahogy Pintér Zoltán nyugállományú vezérőrnagy, az MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis egykori parancsnoka a kötet előszavában írja: „*Korabeli beszámolók és riportok idézik fel a kezdeti útkeresést, a bizonytalan első lépéseket és a bennfentes kulisszatitkokat*”. A kötet szerzői erős felütéssel indítják visszaemlékezésüket, amikor is felidézik Dobos István aviatikus 1913-as, nagy nyilvánosság előtt végrehajtott kecskeméti repülését. A hosszú évtizedek repülőeseményeinek felvillantását követően, Sági János nyugállományú vezérőrnagy visszaemlékezésének tükrében ismerhetjük meg az 1990. május 1-én, kíváncsi tekintetek tömege előtt megrendezett reptéri kapunyitás (statikus repülőnap) hátterét. A légjáró katonához méltó bátor lépésre néhány nappal azelőtt került sor, hogy a Varsói Szerződés tagállamainak képviselői Moszkvában, nyilatkozatban jelentették ki a Kelet-Nyugat közötti ellenséges ideológia felszámolásának igényét. Többek között ezért bír hatalmas jelentőséggel, hogy Kecskemét betonján a fotósok megörökíthették az amerikai és a szovjet pilóták első, történelmi kézfogását. 1990. augusztus 18-án pedig 60 000 érdeklődő előtt rendezték meg az első, valódi repülőnapot.

Az olvasók a korábbi repülőnapok emlékeit megismerve meggyőződhetnek a katonák mindenkor felkészültségéről és képet kaphatnak a technikai eszközök nagyívű fejlődéséről. E lendületes fejlődés továbbvitelét illusztrálják a könyv lapjairól megismerhető, 2021-ben megrendezett kecskeméti Nemzetközi Repülőnap és Haditechnikai Bemutató izgalmas pillanatai is.

**A Tőrös István által szerkesztett, a Zrínyi Kiadónál 2021-ben megjelent, puha kötésű könyv terjedelme 296 oldal. 3600 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól helyszíni kedvezményel. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: cinti@hmzrinyi.hu), továbbá megrendelhető a [shop.hmzrinyi.hu](http://shop.hmzrinyi.hu) weboldalon is. (DRU.)**



# A terepi járműmozgást befolyásoló tényezők

III. rész

## A jároszerkezet-terep kapcsolatában létrejövő gördülési ellenállás és kerületi erő

A terepen mozgó járművek jellemzően kerek futóművel, lánctalpas jároszerkezettel vagy ezek kombinációjával rendelkeznek. A terepi járműmozgást számos tényező befolyásolja, amelyeket három csoportba foglalhatunk össze: (1) járműparaméterek, (2) terep- és talajparaméterek, valamint a jármű mozgását befolyásoló (3) emberi tényezők. Jelen tanulmány a jároszerkezet – terep kapcsolatban létrejövő gördülési ellenállás és kerületi erő kérdéskörével foglalkozik.

### GÖRDÜLÉSI ELLENÁLLÁS, MENETELLENÁLLÁS MEGHATÁROZÁSA

A mechanika a kerék statikai egyensúlyát külön vizsgálja a vontatott vagy tolt keréknél, és külön a forgatónyomatékkal terhelt hajtott keréknél. A gördülési ellenállást mindkét esetben forgatónyomatékként értelmezi, miszerint a  $Q$  súlyerő hatására a középvonaltól  $f$  karral eltolva fellépő  $N$  támasztóerő  $f \cdot N$  forgatónyomatéka a gördülési ellenállás. Terepjáró járműves vizsgálatoknál a gördülési ellenállás ilyen módon történő meghatározása mérés-technikai okokból nem lehetséges. Ezért vontatási vizsgálatoknál a gördülési ellenállás helyett – azt helyettesítve – a menetellenállást adják meg. A menetellenállás viszonylag egyszerű módon mérhető, a gördülési ellenállás legyőzéséhez szükséges vonóerő nagyságát jelenti állandó haladási sebességen mérve. Tehát a gördülési ellenállás nyomaték dimenziójú, míg a menetellenállás erő dimenziójú paraméter. A gördülési ellenállás problémakörével számos külföldi és hazai kutató foglalkozott. A hazai kutatók közül a legjelentősebbek: Komádi [35], Sitkei [42] és Janik [31].

A gumi- és talajdeformációból származó menetellenállás beható vizsgálatával Omeljanov [39] foglalkozott, képletében az  $F_m$  menetellenállást két komponensre bontva adta meg:

$$F_m = C_1 \cdot Q \cdot \sqrt[3]{\frac{p_1}{c_1 \cdot D}} + C_2 \cdot Q \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{p_1 \cdot D^2}} \quad (1)$$

ahol:  $Q$  – az abroncsterhelés [N],  
 $D$  – a kerékátmérő [m],  
 $p_1$  – az abroncslégnyomás [Pa],  
 $c_1$  – a talaj fajlagos tömörítési tényezője [N/m<sup>3</sup>],  
 $C_1$  – a talajdeformációt jellemző tényező,  
 $C_2$  – az abroncsdeformációt jellemző tényező.

Ez az összefüggés teoretikus megfontolásokra, és nem talajmechanikai vizsgálatokra épült. A képlet két tagból áll, az első a talajdeformáció, míg a második a gumideformáció menetellenállás-komponenseit adja meg. Omeljanovhoz [39] hasonlóan Bekker [29] is két tagból építette fel a menetellenállás képletét, ő azonban talajmechanikai alapokon számolt:

$$F_m = b \cdot \left[ \frac{k_c}{b} + k_\varphi \right]^{-\frac{1}{n}} \cdot \frac{(p_1 + p_k)^{\frac{n+1}{n}}}{n+1} + F_{\text{abroncs}} \cdot Q \quad (2)$$

ahol:  $f_{\text{abroncs}} = \frac{u}{p_1^a}$  (az  $u$  és a tényezőket kísérleti úton határozzák meg),

$p_k$  – az ún. köpenynyomás érték [Pa].

A két menetellenállás-képlet szerint a gumiabroncs menetellenállásának talajdeformációból adódó része a kerékterhelés, a kerékszélesség és a talajjellemzők mellett az abroncs belső légnyomásától függ. Ez szabja meg elsősorban a gumiabroncs talajba süllyedésének mértékét is. Az egyenlet szerint a talajdeformációból adódó tömörítési ellenállás egyenesen arányos, míg a gumi deformációjából származó ellenállás fordítottan arányos az abroncs belső légnyomásával. Mindkét Omeljanov- [39] és Bekker-féle [29] meghatározás hibája, hogy csak teljesen homogén, sima talajfelszín esetén igazak. Ugyanis, ha a talajfelszín nem homogén és/vagy teljesen sima, a gördülő keréknek követnie kell a talajegyenetlenség változásait, amely függőleges lengéseket gerjeszt. Ezek a lengések átadódnak az egész járműtestre, megváltoztatva annak helyzeti és mozgási energiáját. A lengések sok esetben jelentős veszteségeket okoznak, amelyek részét képezik a menetellenállásnak, más néven a terepen mozgó kerék gördülési ellenállásának.

### A TOLÓERŐ KIALAKULÁSA

A jároszerkezet kapaszkodási képességét a talaj belső ellenállásai szabják meg, tehát azok az ellenállások, amelyeket a talaj az elmozdulás, a csúszás, az alak- és térfogatváltozás ellenében kifejt. A különböző talajok belső ellenállását nyírószilárdságuk jellemzi, amelyet a klasszikus talajmechanikai módszerek alkalmazásával vizsgálnak. A leg-

\* Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék. Egyetemi tanár, tanszékvezető. ORCID: 0000-0002-5265-8133

\*\* Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék, MSc hallgató. ORCID: 0000-0002-7003-1289

\*\*\* Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék, MSc hallgató. ORCID: 0000-0003-4897-9601



gyakrabban alkalmazott vizsgálókészülék a talajnyíró- és triaxiális mérőberendezés.

Különböző talajok nyírási diagramjával és a tolóerő meghatározásával Söhne [41], Mickelthwait [38], Bekker [29], Jánosi [32] és Poncyliusz [40] foglalkozott. Hazánkban Sitkei [42], és Kománcsi [35] a talaj mechanikai tulajdonságait vizsgálta, és módszert dolgoztak ki a tolóerő meghatározására.

Jánosi [32] és Bekker [29] a lánctalpas járószerkezetű járművekre dolgozták ki módszerüket. A Jánosi-képlet [32] a gyakorlatban jól használható, a Bekker-féle összefüggés [29] – bonyolultsága miatt – inkább csak elméleti jelentőségű.

Kománcsi bevezette az ún. redukált nyírási diagram fogalmát, és ő javasolt először összefüggést a fúvott gumiabroncs által kifejtendő tolóerő meghatározására [35]. A gyakorlat számára igen bonyolult képletekkel leírható, csúcsos jellegű nyírási diagramokat az egyszerűbb, aszimptotikus nyírási diagramokká redukálta. Vizsgálatainál a laboratóriumi talajnyírási diagramok helyett szabadföldi méréseket alkalmazott, ezzel a számítás menete egyszerűsödött, pontossága pedig javult.

Sitkei a tolóerő meghatározásának képletében bevezette a karakterisztikus szlip fogalmát [42]. A karakterisztikus szlip a nedvességtartalom, a sűrűség, az abroncsátmérő, az abroncslégnyomás és a kerékterhelés függvénye. Munkájában elméleti alapokon vizsgálta a gumiabroncs–talaj kapcsolatot. Az egy-kerék modellen felvett vonóerő–szlip görbék által a karakterisztikus szlip változását követte, a talaj nedvességtartalmának, az abroncs légnyomásának és terhelésének függvényében.

Később Kománcsi a gumiabroncs–talaj kapcsolatban kifejett tolóerő képletét módosította [34]. A korábban alkalmazott képlettel ellentétben – ahol a nyírófeszültséget integráljuk a felfekvési hosszúság mentén –, az új összefüggésben a nyírt felület mentén végzi el az integrálást, kiindulva Söhne felismeréséből [41], amely szerint a csúszási zóna a szlip és a geometriai méretek függvénye.

Rendszerezve az alkalmazott tolóerő [N] képleteket: Jánosi-képlet:

$$F_t = \tau_m \cdot A \cdot \left\{ 1 - \frac{K}{s \cdot l} \cdot \left[ 1 - e^{\left( -\frac{s \cdot l}{K} \right)} \right] \right\} \quad (3)$$

Sitkei-képlet:

$$F_t = \tau_m \cdot A \cdot \left[ 1 - e^{\left( -\frac{s}{S^*} \right)} \right] \quad (4)$$

Kománcsi- (redukált) képlet:

$$F_t = \tau_m \cdot A \cdot \left\{ 1 - \frac{K_{red}}{s \cdot l} \cdot \left[ 1 - e^{\left( -\frac{s \cdot l}{K_{red}} \right)} \right] \right\} \quad (5)$$

Kománcsi- (módosított I.) képlet:

$$F_t = \tau \cdot A \cdot \left[ 1 - (1 - s) \cdot e^{-D} \right] \quad (6)$$

Kománcsi- (módosított II.) képlet:

$$F_t = \tau^* \cdot A \cdot \frac{s}{s_D - s} \quad (7)$$

ahol:  $F_t$  – tolóerő [N],  
 $\tau$  – a nyírófeszültség [Pa],  
 $A$  – a felfekvési felület [m<sup>2</sup>],  
 $s$  – a szlip,  
 $l$  – a felfekvési felület hosszúsága [m],  
 $S^*$  – a karakterisztikus szlip,  
 $K$  – a nyírási diagram alakváltozási tényezője [m],  
 $K_{red}$  – az empirikus állandó [m],  
 $D$  – a nyírt felület alakváltozási tényezője,  
 $D = C_1 \cdot L^n \cdot s^m$ ,

$L$  – a felfekvési felület egyenértékű hosszúsága [m],  
 $\tau^*$  – az adhéziós feszültség [Pa],  
 $s_D$  – a deformációs szlip.

Kománcsi a nyírt felület alakváltozási tényezőjének meghatározásához – vizsgálatok alapján – táblázatban foglalta össze a paraméterek nagyságát (1. táblázat).

1. táblázat. A nyírt felület alakváltozási tényezőjének paraméterei [7]

	$C_1$	$n$	$m$
Betonút	30	0,8	1,2
Gabonatarló, vályog	7	0,6	1,0
Gabonatarló, homok	5	0,5	1,0
Laza homoktalaj	20	0,8	1,0

### A TALAJ NYÍRÓSZILÁRDSÁGA

A talaj nyírószilárdságát keretes nyírószilárdság mérővel (11. ábra) és torziós nyírókészlékkel (12. ábra) mérik.

A közvetlen nyírókísérlet eszköze a nyíródoboz, amely egy alsó és egy felső, egymásra helyezett keretből áll, amely egymáshoz képest vízszintesen elmozdítható. A kísérleti eszköz szemcsés és kötött talajok vizsgálatára egyaránt alkalmas. A talajminta két fogazott szűrőkö vagy fésűs fémbetét közé kerül. A talajmintát normál terheléssel ( $N$ ) terheljük. Az alsó keret fixen rögzített, a felső keret vízszintes nyíróerő ( $P$ ) terheli, amit a talaj elnyírásáig fokoznak. A nyírást – a csúszólap – a keretek vízszintes elmozdulási síkjában alakul ki. A nyíróerőt „lépcsősen” vagy folytonosan növeljük, és mérjük a minta vízszintes ( $\Delta s$ ) és függőleges ( $\Delta h$ ) deformációját.

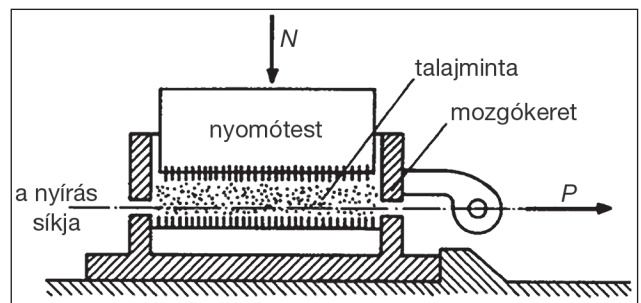
Vízszintes deformáció nemcsak a nyírást síkjában keletkezik, hanem alatta is csökkenő értékkel, egészen  $l$  mélységig. Az  $l$  nagysága függ: a talaj tömörödöttségétől, kohéziójától, a terhelő felület nagyságától, a függőleges nyomás nagyságától. A kerék kapaszkodó képességét a talaj (elmozdulás, csúszás, alak- és térfogatváltozás ellenében kifejtett) ellenállása szabja meg.

A különféle talajokon felvett nyírási diagramok (13. ábra.) alapján a talajok két csoportba sorolhatók:

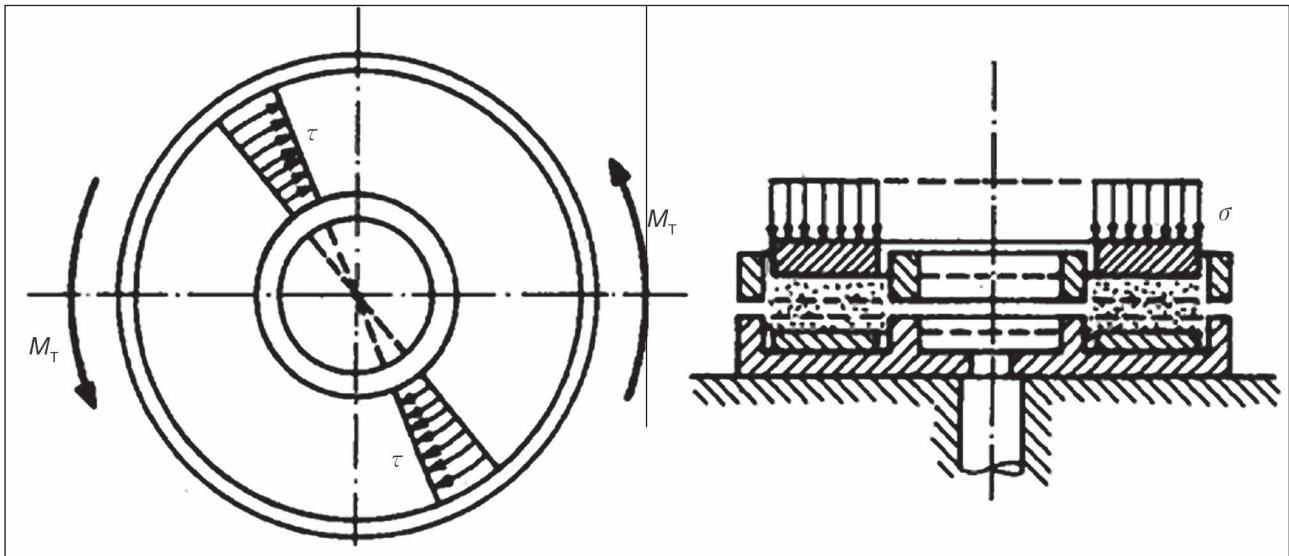
- *Kohézióval rendelkező talajok.* Ezekben a súrlódás mellett belső összetartó erők is hatnak.
  - *Kohézió nélküli talajok.* Ezekben csak a szemcsék egymáson történő súrlódásából adódó erők hatnak.
- Kohéziós talajoknál a nyírófeszültséget a:

$$\tau = c + \mu \cdot \sigma \quad (8)$$

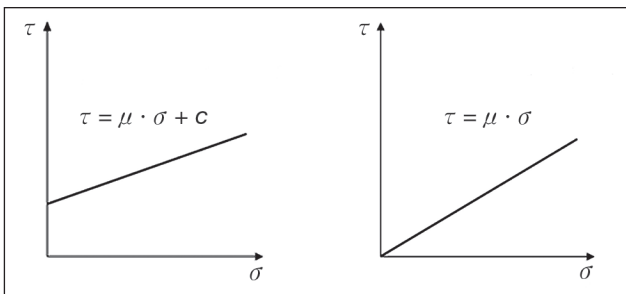
11. ábra. Keretes nyírókészlék (A szerzők szerkesztése)



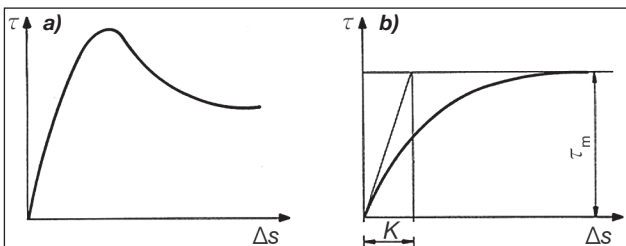




12. ábra. Torziós nyírókészülék (A szerzők szerkesztése)



13. ábra. Kohéziós és kohézió nélküli talaj nyírási diagramja és Coulomb egyenese (A szerzők szerkesztése)



14. ábra. A nyírófeszültség és a vízszintes nyírási elmozdulások közötti kapcsolatot a kohéziós talajoknál a) és a kohézió nélküli talajoknál b) (A szerzők szerkesztése)

kohézió nélküli talajoknál a:

$$\tau = \mu \cdot \sigma \quad (9)$$

képlettel számolhatjuk ki, ahol

$c$  – a kohézió [Pa],

$\mu$  – a talajszemcsék közötti súrlódási tényező,

$\sigma$  – a talajt terhelő nyomófeszültség [Pa].

A kohézió nélküli talajoknál a nyírófeszültség egy bizonyos értékig nő, majd, aszimptotikusan közelíti a maximális értékét. Az aszimptota párhuzamos a nyírási utat megadó vízszintes tengellyel.

Kohéziós talajoknál általános esetekben a nyírófeszültség fokozatosan növekedve éri el a maximumot, majd egyenletesen csökkenve megközelíti az állandó értéket jelentő, a vízszintes tengellyel párhuzamos aszimptotát (14. ábra).

Ez utóbbi jellegű görbét csúcsos, az előbbi, pedig aszimptotikus nyírási diagramnak nevezzük.

A nyírási diagram egyenletének ismeretében a nyíróerő, illetve a kifejtett tolóerő meghatározható.

### GUMIDEFORMÁCIÓ VIZSGÁLATA

Csúszásmentesen gördülő gumiabroncsos kereket feltételezve, az abroncs mind radiális, mind tangenciális irányban deformálódik. Az abroncs rugalmassága révén a talajjal érintkező deformált felület egyes részei a talajhoz tapadnak, míg mások a talajhoz képest elmozdulnak, elcsúsznak. A gumiabroncs gördülési viszonyait lényegesen befolyásolja a gumi belső súrlódása, az abroncsdeformációból adódó relatív elmozdulása a felfekvő felület mentén, és a gumiabroncs tangenciális deformációja. A gumiabroncs tehát nemcsak gördül, hanem kerülete mentén kissé megcsavarodik, és a felfekvő felület deformálódik. A gumi összenyomódása, illetve kirugózása periodikus mechanikai deformáció, amely hiszterézisvesztést, hőképződést okoz. Hőképződést jelent a talajjal érintkező részek súrlódása is. A hiszterézisvesztés következtében pedig növekszik a kerék gördülési ellenállása.

A gumiabroncs futófelülete egy körgyűrű része, amely nem fejthető síkba, és így az abroncs legördülése során állandóan deformálódik, torzul. Ez a deformáció természetesen rugalmas és csúszásokkal jár együtt. A gumiabroncs tehát nem ideálisan gördül le, hanem gördülése közben az érintkezési felület egyes részecskéi a talajhoz képest elmozdulnak. Tölt kerekeknél a talajjal történő érintkezés előtt az abroncsfelület egy kissé megnyúlik, utána pedig zsugorodik. Hajtókerekek esetében a forgatónyomaték hatására a gumiabroncs a felfekvő felület előtt egy kissé torlódik, összenyomódik, továbbgördülve az abroncs viszszaugrik az eredeti alakjára. Ez az ún. alakváltozási szlip, amely nem jelent a talajon tényleges abronccsúszást. Lazább talajon az abroncsdeformáció kisebb, a talajba kapaszkodó bordák azonban a talajt jobban deformálják.

A talajdeformációhoz viszonyítva, lényegesen kevesebben foglalkoztak a gumideformáció vizsgálatával. A mérésekre alapozott vizsgálatokat nehezíti, hogy a kerék gördülése közben kell az abroncsdeformációt vizsgálni. Li [37], Krick [36] és Knight [33] lineáris potenciométer alkalmazásával vizsgálta a gördülő gumiabroncs deformációját. Freitag és Smith [30] a gumiabroncs belsejébe épített line-



áris potenciométer használatával mérte a gumi középpontjához képest a sugárirányú és az érintő irányú deformációkat. Azt vizsgálták, hogy miként változik a deformáció az abroncslégnyomás, a szlip és a talajhordképesség függvényében. A gumideformáció függ az abroncslégnyomástól és terheléstől, a talaj típusától, keménységétől és a haladási sebességtől. A gumideformáció formája és mértéke alapvetően a gumi és a talaj relatív merevségétől függ. Abeels [28] elektromechanikus mérőeszközzel vizsgálta a gumi oldalfalán fellépő deformációt merev pályán és puha talajon.

A gumiabroncs terepen történő gördülésekor bonyolult erő- és mozgástani folyamatok zajlanak, miközben a deformálódó abroncs, a besüppedő talaj következtében a gumiabroncs-talaj kapcsolatot jellemző fizikai paraméterek időpillanatról időpillanatra változnak. A terepen történő gördülés, és annak következtében a járműmozgás is alapvetően instacionárius (dinamikus) folyamat. A dinamikus hatást elsősorban a terepprofil egyenletlensége, a talaj inhomogenitása, továbbá – ha hasznos vonóerőt fejt ki a jármű, akkor – a vonóerő dinamikus változása és a szlip okozza. Mivel az említett hatások sztohasztikus jellegűek, a létrejött lengések is véletlenszerűek.

A gumiabroncs-talaj kapcsolatában, a kerék középpontjában 3 irányban vizsgálhatók a lengések. Egyenes vonalú haladáskor a függőleges irányú lengéseket alapvetően a terepprofil gerjesztése hozza létre, míg a vízszinteset elsősorban a vonóerő és a jármű sebességének változása. A keresztirányú lengések a terepprofil és a talaj eltérő teherbíró képessége miatt adódnak. A lengések egymást befolyásolják.

Ezen lengések energiavesztéssel járnak, és egyúttal hatással vannak a gumiabroncs-talaj kapcsolatra is. A statikus kerékterhelés okozta gumi- és talajdeformációhoz, a gördülési ellenállás és vonóerő által kifejtett terhelésváltozáson túl, folyamatosan változó, járulékos terhelésnövekedés, és ezáltal járulékos gumi- és talajdeformáció adódik hozzá. Változik a felfekvési felület nagysága, alakja, a talaj- és gumideformáció mértéke, és változik a kerékközéppont helyzete is. A keletkezett lengésgyorsulás tehát befolyásolja a gördülés közben kialakuló sugárértéket is. A lengések következtében kialakuló kerékterhelés változása miatt a sugár is időben változó lesz. A terhelésváltozás befolyásolja a gumi és a talaj között fellépő adhéziót, ennek következtében a szlip is folyamatosan változik.

A gördülés közben megváltozott sugárértéket leggyakrabban (dinamikus) gördülési sugárnak nevezik. Egy elnevezéssel azonban csak egy sugárérték jellemezhető. A (dinamikus) gördülési sugár elnevezést használják a gördülés közben benyomódott abroncsfelület és a kerékközéppont távolság jelölésére, a szlip által befolyásolt gördülőkör sugarának leírására (szlipsugár) éppúgy, mint egyfajta katalógusbeli értéket, amelyet a gumiabroncsgyártók adnak meg a gördülőkör sugarára.

(Folytatjuk)

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [28] Abeels, P. F. „Tyre testing: Automatic recording of the tyre deformability.” (1989) ASAE Paper No: 89-1051. Saint Joseph, Michigan: American Society of Association Executives;
- [29] Bekker, Mieczyslaw G. „Theory of land locomotion: The mechanics of vehicle mobility” Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1956.;
- [30] Freitag, D. R., Smith, M. E. „Center-line deflection of pneumatic tyres moving in dry sand.” *Journal of Terramechanics* 3., no.1 (1966): 31–46. [https://doi.org/10.1016/0022-4898\(66\)90153-4](https://doi.org/10.1016/0022-4898(66)90153-4);
- [31] Janik, J. *Gördülési ellenállás gumi- és vasabroncsú keréknél.* Járművek, Mezőgazdasági gépek 9. kiadás, 1956;
- [32] Jánosi Z., Hanamoto B. „The analytical determination of drawbar pull as a function of slip for tracked vehicles in deformable soil.” *Mechanics of Soil-Vehicle System*, (Torino-Saint Vincent: 1961);
- [33] Knight, S. J., Green, A. J. „Deflection of a moving tyre on firm to soft surface.” (1962) ASABE, 116–120. <http://doi.org/10.13031/2013.40953>;
- [34] Komándi, Gy. *A talaj fizikai tényezőinek meghatározása a nyírási diagram és a vontatási jelleggörbe összefüggései alapján.* Gödöllő: Gödöllői Agrártudományi Egyetem Tudományos Értesítője, 1969.;
- [35] Komándi Gy. „An evaluation of the concept of rolling resistance.” *Journal of Terramechanics* 36, no.3 (1999): 159–166. [https://doi.org/10.1016/S0022-4898\(99\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0022-4898(99)00005-1);
- [36] Krick, G. „Radial and shear stress distribution under rigid wheels and pneumatic tyres operating on yielding soils with consideration of tyre deformation.” *Journal of Terramechanics* 6/3, (1969): 73–98. [https://doi.org/10.1016/0022-4898\(69\)90129-3](https://doi.org/10.1016/0022-4898(69)90129-3);
- [37] Li, Y. et al. „Distribution of stresses beneath a drive pneumatic tyre and prediction of its tractive performance on sand.” *Proc. Int. Conf. Soil Dynamics*. Vol. 4., 1985.: 738–755.;
- [38] Micklethwait, E. W. E. *Soil mechanics in relations to fighting.* Chercetsey, 1944.;
- [39] Omeljanov, A. E. *Légtömölős kerekek mezőgazdasági gépeken való alkalmazásáról.* Mezőgazd. Gép, 1948.;
- [40] Poncyliusz, M. „Applicability of asymptotic curves to describe test results from direct shearing of soil.” (3rd. Eur. ISTVS Conf. Warsaw: 1986.);
- [41] Shöne, W. H. „Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tyres.” *Agricultural Engineering* 39, no.5. (1958): 276–281.;
- [42] Sitkei, György. *A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái.* Budapest: Akadémiai Kiadó, 1967.

## HADITECHNIKA FOLYÓIRAT

A *Haditechnika* folyóirat korábbi számai megvásárolhatók:

Líra Könyváruház, 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 Nonprofit Kft. Ügyfélszolgálat (Budapest II., Fillér u. 14.)  
 Nyitvatartás: H.–P. 9–15 óra [ugyfelszolgalat@hmrzinyi.hu](mailto:ugyfelszolgalat@hmrzinyi.hu).

14. ábra. A CN 20 Hybrid konténer egy napelemmel és aggregátorral kombinált, tábori energiatermelő rendszer. Az eszköz a Magyar Honvédség Modernizációs Intézetével közösen kerül kifejlesztésre, a Brave Warrior 2020 Hungary hadgyakorlat során is sikerrel tesztelték (Forrás: Contineest Technologies Zrt.)



Ott István Dániel\*

## Konténerek katonai alkalmazásának új lehetőségei **II. rész**

### Hazai gyártású összecusukható konténerrendszerek a haderőben

**A** Haditechnika folyóirat 2022/1. számában a szerző részletesen ismertette a konténerek katonai alkalmazásának lehetőségeit, különös tekintettel lakó- és irodatermek kialakítására. A tanulmány bemutatta a magyar Contineest Technologies Zrt. újítását, amelynek nyomán a lakó- és irodakonténereket összecusukott állapotban szállítva a szállítójárműveken helymegtakarítás érhető el, jelentősen csökkentve a fuvar költséget és a károsanyag-kibocsátást. Szóba került az összehajtható konténerek egyik jelentős előnye, a légi szállítás lehetősége is. A sorozat második részében a szerző a katonai tábori infrastruktúra-fejlesztés szempontjából vizsgálja a hagyományos és az összecusukható konténerek alkalmazási lehetőségeit, illetve kitér a Contineest által fejlesztett napelemes és hibrid energiaforrással ellátott konténerek alkalmazásának lehetőségére is.

#### KONTÉNEREK ALKALMAZÁSA A KATONAI TÁBOROK INFRASTRUKTÚRÁJÁBAN

A katonai táborok, erődítések építése szinte egyidős a hadviselés történetével, azzal együtt folyamatosan fejlődött napjainkig [16]. Mielőtt elemeznénk, hogy a modern tábori

infrastruktúráknál milyen előnyt jelenthet a lakókonténerek alkalmazása, idézzük fel a Magyar Honvédség táborépítéssel kapcsolatos doktrínáját: „A...táborépítés célja a személyi állomány és technikai eszközök elhelyezésének megoldása, a személyi állomány tábori munkavégzésének, és munkavégzésen túli regenerálódásának, valamint, a technikai eszközök biztonságos őrzése, szakszerű kiszolgálási feltételeinek biztosítása... A tábor működése során biztosítani kell a szükséges kapacitású tábori közműhálózatot is.” [17]

Egészen napjainkig, még a nagyobb haderőkben is, a katonák tábori elhelyezésére elsősorban katonai sátrakat alkalmaztak. [18] A régebbi fémváz szerkezetű sátrakat többnyire már felváltották a különböző tartószerkezetű, pneumatikus, moduláris sátorrendszerek. A Magyar Honvédségnél a mára teljesen elavult, 63M és kisebb számban rendszeresített 70/2000M mintájú sátrak lecserélése már a 2000-es évek eleje óta zajlik. (15. ábra) A rövid időtartamra épített táborok esetén, várhatóan továbbra is a korszerű sátrakban történő elhelyezés lesz a domináns. A hosszabb időtartamú tábori elhelyezéseknél (például katonai missziók, menekültellátás, katasztrófavédelmi műveletek) a sátrakkal szemben célszerűbb a merevváz lakó- és irodakonténerek alkalmazása. [19]

\* Járműmérnök, gépipari szakoktató. ORCID: 0000-0001-5524-6735



**15. ábra.** A maga korában korszerű 63M sátor, ma már nem számít versenytársnak a korszerű tábori elhelyezés eszközeivel szemben. A képen látható alkalmazások több sátor összetoldásával növelték meg az alapterületet (Forrás: www.katonaisator.hu)

A konténerek katonai alkalmazásának indokai:

- A modern haderőkben alapvető szempont a katona szolgálatképességének megőrzése, így a tartós építmények – konténerek nyújtotta jobb munka- és elhelyezési körülmények nemcsak kényelmi, hanem alapvető honvédelmi érdeket is szolgálnak.
- A merevvázis építmények szélsőséges éghajlati viszonyok között is nagyobb komfortot és biztonságot nyújtanak, jobban ellenállnak a környezeti (viharok, csapadék, napsugárzás, UV-sugárzás, por) hatásoknak. Jobban elviselnek kisebb mértékű, de rendszeres terhelést, sérüléseket. A sátrakkal ellentétben, a konténerek teljes belmagassága hasznos térként kihasználható.
- A zárt konténerekben elhelyezett elektronikus berendezések, speciális anyagok, laboratóriumok, egészségügyi felszerelések – orvosi rendelő, tábori műtő – számára nagyobb védelem biztosítható, mint egy sátorban. A Continecst konténerekben előre kiépített elektromos hálózat található, így akár külső forrásról, akár a kínálatukban szereplő napelemmel működtetett berendezésekkel, az éghajlati viszonyoknak megfelelően temperálhatók, illetve az elektromos berendezések további hálózatépítés nélkül üzemeltethetők.

**16. ábra.** A konténerek a sátrakkal szemben függőlegesen bővíthetők, így kisebb alapterületen nagyobb élet- és munkatér biztosítható (Forrás: Continecst Technologies Zrt.)



- A konténerek kialakítása a belső funkció szerint választható, modularitásukból adódóan vízszintes és függőleges irányban is bővíthetők, összeépíthetők, összekapcsolhatók, illetve összenyithatók. Több konténerből – bizonyos határok között – szintek hozhatók létre, így kisebb alapterületen nagyobb élet- és munkatér biztosítható. (16. ábra)

A Hadtudományi Lexikon szerint az „erődítés: a műszaki támogatás egyik szakterülete. Rendeltetése a csapatok harcképességének, harci hatékonyságának biztosítása, a csapatok, az objektumok és a lakosság védelme az ellenség pusztítóeszközeivel, valamint az időjárás viszontagságaival szemben”. [16] A konténerek szerepe elsősorban nem a békeidőben épített ún. állandó erődítéseknél, hanem a szétszedhető, tartós, illetve a csapaterődítés építéskor jelentős. Modularitásukból fakadóan alkalmasak az erődítési építmények gyors létesítésére, szétszedhetőségük pedig biztosítja az újrahasznosíthatóságot. A katonai szállításokból felszabadult üres konténerek gyakran rendelkezésre állnak a műveleti területen, ahol a korlátozott erőforrások és az időtényező együttes hatása miatt rögtönözni kell. [20] A merev vázra könnyebben telepíthetők passzív védelmi eszközök, hálók, ballisztikai védelmi modulok, de a tetejükön akár géppuskaállás is kialakítható.

Szabványos méretű lakó- és irodakonténerekkel könnyebben megoldható a nemzetközi civil és katonai közötti, vasúti vagy akár vízi úton történő szállítás is.

- Tartósak, minimális karbantartás igényűek, az üzemben tartás és raktározás nem igényel speciális képességeket, javítóháttérrel, eszközöket. A hazai gyártó konténereinek szabványos elemei csereszabatosak, ezzel is könnyítve a javítást.

A konténerek és a sátrak nyújtotta lehetőségeket a 2. táblázatba foglalt szempontok alapján hasonlítjuk össze. Fő szempontnak tekintjük, hogy mekkora a telepített eszköz egy-egységének hasznos alapterülete, milyen eszközökkel szállítható, mennyi a telepítési idő, mekkora a telepítési eszköz-, és élőerő-igénye, milyen fokú modularitás, mekkora az ellenálló képesség a külső természeti, és mesterséges behatásokkal szemben, milyen energiaellátási lehetőségeket nyújt a telepített eszköz.

A modern tábori infrastruktúra merevvázis és sátras rendszerei egyaránt megfelelnek a szállítás és telepítés során jelentkező új elvárásoknak, úgymint kompakt kivitel, gyors telepíthetőség és bonthatóság, illetve gazdaságosság. Ennek a követelménynek még a napjainkra már elavultnak tekintett M63-as sátor is megfelel. Bár utóbbiból egy Mercedes Unimog méretű terepjáró tehergépkocsira közel két tucat is málházható, így elvileg, nehezebb terepen fekvő telepítési helyre is eljuttatható. Azonban az M63-as sátorból épített tábor már semmilyen más téren nem veszi fel a versenyt a modern eszközökből épített átmeneti telepekkel. A sátorponyva folyamatos szabászati karbantartást, illetve a vízállóság megőrzése érdekében impregnálást igényel. Az átnedvesedett sátorponyva a fémvázon megfelelő, szakszerű előkészítés nélkül, érintésvédelmi szempontból, illetve villámcsapás okozta sérülések tekintetében komoly veszélyforrás lehet. [21]

Mivel az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvény az épületet a funkciója alapján definiálja, a konténer jogilag épületnek minősül, amelyre sok egyéb mellett, a villámvédelmi előírások is vonatkoznak. A konténerek azonban általában nem érik el azt a magasságot, ahol szükséges lenne villámhárítót telepíteni, érintésvédelmi bevizsgálással azonban, mindenképpen rendelkezniük kell. Az újabb típusú pneumatikus sátrak, mint például a táblázatban is hivatkozott amerikai DHS



17. ábra. Az amerikai TMSS sátorrendszer több különböző típusú és méretű egysége aránylag gyorsan, pneumatikus tömlőkkel felfújva telepíthető [29]

Systems LLC DRASH (Deployable Rapid Assembly Shelter – telepíthető, gyorsan összeszerelhető menedék) Trailer Mounted Support System TMSS MXA 2000G típusú sátorrendszer kompresszorral felfúj, melevítő tömlőkkel körülbelül 15 perc alatt felállítható, de a telepítéséhez négy vagy hat képzett kezelő szükséges. Mivel a sátorponyvát tartó tömlők ereszhetnek, ezért a nyomás ellenőrzése folyamatos kiszolgáló személyzet jelenlétét igényli, és időnként pótolni szükséges a lecsökkent levegőnyomást is. (17. ábra) [22] A TMSS-rendszer könnyű pótkocsira máházott. A közel 3,5 t-ás teljes tömegből fakadóan már csak terepjáró tehergépkocsival lehet szilárd útburkolatú megközelítést lehetővé nem tevő telepítési helyre eljuttatni, ráadásul egy vontatójármű csak egy sátras utánfutót vontathat. Így ezek a rendszerek a mozgékonyaság szempontjából nem kerülnek előnybe a szintén tehergépkocsikkal szállítható konténerrendszerekkel szemben. Igaz, a konténernek szállítóeszköztől történő leemeléshez azonban szabvány rakodógép, vagy saját rakodó szerkezet szükséges. A nagykonténeres áruszállítás szoros együttműködést igényel a szállítási láncban résztvevő felektől. Ennek fontos feltétele, hogy az együttműködő felek egységesített eszközökkel rendelkezzenek. A konténerizációval összefüggő egységesítési kérdésekkel számos nemzetközi szervezet foglalkozik, így például: a Nemzetközi Szabványosítási Szervezet (ISO) és a Nemzetközi Vasútegylet (UIC). Az ISO és az UIC ajánlásai alapján alakítják ki a konténernek méreteit. [23] Ilyen rakodóeszközökkel a Magyar Honvédség katonai szervezetei is rendelkeznek, ám csak korlátozott számban és funkcionalitással, így azok elérhetősége nem feltétlenül biztosított. [24] A sátrak további hátránya, hogy a telepítés helyén a sátor által elfoglalt terület kiszámításakor a rögzítés helyigényét is figyelembe kell venni, amely oldalanként további 0,7–1 métert jelent. A melevítő kötelek, vázak akadályozhatják a szabad mozgást, és balesetveszélyt okoznak.

A melev falakkal ellátott konténernek passzív védelme moduláris, ballisztikai panelekkel, energiaellátásuk a paneljeikbe integrált elektromos hálózattal biztosítható. A konté-

18. ábra. A Continecst cég mobil konténerében kialakított Covid-tesztlabor [30]



19. ábra. A Continecst Technologies Zrt. CN 10 Solar napelemmel felszerelt lakó- és irodakonténer. A konténer szállításra kész, összehajtott állapotában jól láthatók a tetőre integrált napelempanelek. A bal oldalon lévő piros alkatrészek az hálózati csatlakozók (Forrás: Continecst Technologies Zrt.)

nerek paneljeire kamerák, lámpák könnyen felszerelhetők, a tetőpanelre elhelyezett napelemekkel pedig saját, vagy más fogyasztók ellátása is biztosítható. (19. ábra) A konténernek belső felszerelése előregyártható, rögzítők pontok kialakításával gyorsan átrendezhető, variálható, amelynek csak a megrendelő fantáziája szab határt. A konténernek paneljei, az éghajlati és környezeti viszonyokhoz alkalmazkodva igény szerint átfesthetők, ezzel segítve az álcázás feladatát.

### A KATONAI TÁBORI INFRASTRUKTÚRA ENERGIAELLÁTÁSÁNAK KÉRDÉSEI

A katonai táborok, erődítések építésével kapcsolatos kihívás, hogy a terepen létesített ideiglenes objektumok számára milyen módon biztosítják az energiaellátást. A katonai táborokban évszázadokon át egyedül a fosszilis tüzelőanyagok – fa, szén, petróleum stb. – elületésével volt biztosítható a fűtés, főzés, világítás. (20. ábra) A távközlés fejlődésével az I., majd II. világháború idején általánosan elterjedt rádióberendezéseket azonban egy haderő sem nélkülözhetette, ugyanakkor ezek üzemeltetése nem volt biztosítható elektromos áram nélkül. Még a rádióberendezések saját akkumulátorainak többszörös készletezése sem jelentett megoldást hosszú távon, ráadásul a hidegháború, majd napjaink hadviselése, a rádió túl újabb elektronikai eszközök tábori alkalmazásának igényét hívta életre. Ezek közé tartoznak többek között a műholdas kommunikációt biztosító rendszerek, a tűzvezetési és tűzvédelmi, a



2. táblázat. A katonai táborok infrastruktúrájának összehasonlítása, eszközei, főbb szempontok és adatok alapján (A szerző szerkesztése)

Paraméterek	M63-as sátor	TMSS MXA 2000G sátorrendszer	Merevvázás lakókonténer	Continest összecsucskható konténer
Méret <sup>5</sup>	L 3340 W 5000 H ~ 2680 <sup>6</sup>	L 9400 W 6000 H 3400	L 6058 W 2438 H 2591	L 6060 W 2440 H 2750
Szállításra kész méret	sátorváz: L 2200 W 400 H 350 ponyva málna: L 700 W 300 H 1000	L 1300 W 580 H 580	L 6058 W 2438 H 2591	L 6060 W 2440 H 540
Tömeg	sátorváz: 55,4 [kg] ponyvamálna: 30,95 [kg]	~ 536 [kg]	1980 [kg]	1650 [kg]
Hasznos alapterület	16,7 m <sup>2</sup>	~ 38,4 m <sup>2</sup>	~ 13,55 m <sup>2</sup>	~ 13,55 m <sup>2</sup>
Szállítás módjai	Terepjáró gépkocsin málnázva.	A rendszerhez tartozó szállító, telepítő utánfutóra málnázva.	Konténerszállító tehergépkocsin, bármilyen nemzetközi szabvány szerinti konténerszállító járművön.	Konténerszállító tehergépkocsin, összehajtván egy egység helyén ~ 5 db összecsucskott konténer, bármilyen nemzetközi szabvány szerinti konténerszállító járművön.
A telepítési idő, telepítés eszköz-és élőerő-igénye	Norma idő szerint 15 min, 3 fő, kalapács, kézi szerszámok.	15 min, 4–6 fő. Az utánfutóról leemelés után a rendszert szétbontva, kompresszorral felállítva.	~ 2–3 min tehergépkocsiról leemelve önrakodó daruval, vagy rakodógéppel, 2 fő.	~ 5–10 min tehergépkocsiról leemelés után kézi emelővel, vagy targoncával szétnyitva. 2 fő, csavarhúzó, kalapács.
Modularitás	Egymás mögött több sátor is összetoldható.	Egymás mellett több rendszer összeépíthető.	Egymás mellé, egymás fölé telepíthető, belső felszerelés és funkció a megrendelő igénye szerint.	Egymás mellé, egymás fölé –egy emelet építhető –, belső-külső felszerelés és funkció a megrendelő igénye szerint.
Ellenálló képesség külső, természetes behatással szemben	Impregnálva esőnek, megfelelően rögzített állapotban kisebb viharoknak ellenáll, fűthető, UV-sugárzásnak kevésbé áll ellen.	Elméletben mindenfajta éghajlati viszonyok között alkalmazható, klimatizálható, viharoknak, megfelelően rögzítve ellenáll.	Időjárásálló, mindenfajta éghajlati viszonyok között alkalmazható, klimatizálható, a sátraknál tartósabb UV-állóság jellemzi.	Időjárásálló, mindenfajta éghajlati viszonyok között alkalmazható, klimatizálható, a sátraknál tartósabb UV-állóság jellemzi.
Ellenálló képesség külső mesterséges behatással szemben	Önálló passzív védelem nincs, maximum mellvéd vagy homokzsák.	Önálló passzív védelem nincs, maximum mellvéd vagy homokzsák.	Georácsos védőfal földdel, kompozittal erősítve, előre gyártott védőelemek.	Lövés- és repeszálló, az oldalfalakra szerelhető kompozit antiballisztikus védőelemek, robbanásnyomáshatását csökkentő energiaelnyelő elemek.
Energiaforrások, energiaellátás	Nincs.	Saját elektromos hálózat, a szállító utánfutó aggregátorként működve energiaforrás.	A külső vázba integrálható elektromos hálózat és csatlakozók, külső energiaforrás.	A külső vázba integrált elektromos hálózat és csatlakozók, külső energiaforrás, vagy CN 10 Solar, CN SU 20, napelemmel önellátás, hibrid típusnál nagyobb teljesítménnyel külső fogyasztók ellátása.

légvédelmi és a felderítő rendszerek, az informatikai és biztonsági eszközök – a táborot biztosító hagyományos vagy infravörös kamerák, a kényelmi berendezések (fűtés, klíma, tábori konyha, mosoda stb.).

Ezeknek az eszközöknek, berendezéseknek a működtetéséhez egyre növekvő mennyiségben szükséges a villamos energia folyamatos és megbízható biztosítása. A mű-

veleti területeken a civil infrastruktúra gyakorta sérült, vagy nem elégséges kapacitású, a civil elektromos hálózatok felhasználását tovább nehezíti, hogy a szövetségi rendszeren belül, a különböző nemzetek az adott területen alkalmazottól eltérő szabványú csatlakozót és hálózati feszültséget is használhatnak. Napjainkra ezért az utóbb említett eszköz, a hőerőgéppel meghajtott generátor, az aggreg-



**20. ábra. A katonai táborokban, egészen a XX. századig az egyetlen „energiaforrás” a nyílt láng volt. A képen a Magyar Királyi Honvédség katonái fa- és széntüzelésű „gulyáságyú” a második világháború idején akár szalmával is fűthetők voltak (Forrás: Fortepan / 203333)**

gátor vált a katonai táborok általános elektromosenergiaforrásává. Az aggregátorok, bár mobilisak – a nagyobb teljesítményű típusok is általában egy- vagy kéttengelyes utánfutón, esetleg kisebb teherautón szállíthatók, tehát megfelelnek a tábori katonai infrastruktúra követelményeinek – de kizárólagos alkalmazásuk napjainkra több szempontból is túlhaladottá vált. [25] (21. ábra)

Az okok összetettek, de ott találjuk köztük a civil életből átvett megújuló energiaforrások igényét is. A haderőkben a „zöld energia” felhasználása azonban túlmutat a környezet védelmén – bár mint az előző fejezetben említettük, békeidőben ez a haderők tevékenysége során is szempont – és a fogyasztó fosszilis energiahordozó készletek kímélésénél. A tüzelőanyag<sup>7</sup> kímélése nem globális, hanem hadműveleti szinten egyik nagyon fontos indoka volt annak, hogy a haderők a megújuló energiaforrások felé forduljanak. Felmérve ugyanis a modern katonai táborok energiaigényét, megállapítható, hogy: „300 fő elhelyezésére szolgáló katonai tábor üzemanyag-szükségletének már legalább 60–70%-a fordítódik elektromos áram fejlesztésére, légkondicionálásra, illetve vízmelegítésre, hűtésre”. [25, p. 107.] Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a műveleti területen mozgó járművek, illetve haditechnikai eszközök ellátására ennyivel kevesebb gázolaj jut a készletekből – mivel az áramtermelő aggregátorok is jellemzően ezzel üzemelnek. Ennél is nagyobb probléma, hogy a megnövekedett tüzelőanyag-igény az utánpótlás biztosításának a kockázatait is növeli. Ezt statisztikai adatok is igazolják. A Deloitte gazdasági

**21. ábra. Részlet (bal oldal) és a teljes fotón a Magyar Honvédség egy PRAMAC GCW15 DÜ.ÁF.BKN. 10kW-os, teherautón szállítható, targoncával, daruval emelhető aggregátora (Fotó: Ott István Dániel)**



elemző cég jelentésére hivatkozva Nyitrai Mihály az USA és szövetségei afganisztáni műveletét vizsgálta meg, és arra a következtetésre jutott, hogy minél nagyobb a műveletben bevetett élőerőre eső fajlagos üzemanyag-felhasználás igénye, annál inkább ki van téve az üzemanyag-ellátást biztosító lánc az ellenség támadásainak, amely az élőerőben és az eszközökben bekövetkező veszteségekben mutatkozik meg. [26] A megnövekedő üzemanyag-ellátással nem csak az a baj, hogy az ezt biztosító tartályautók könnyű célpontok, hanem az is, hogy az ellátó hálózat olyan sérülékeny pontokkal rendelkezik, amelyek rombolásával, vagy megszakításával a hálózat nagymértékben fragmentálódik, darabokra hullik szét. További probléma, hogy a dízelmotorral hajtott aggregátor állandó zajforrás is, ezért terhet jelent a táborban elszállásoltak számára, a kipufogógáz környezetszennyező, az eszköz pedig jelentős hőt emittál. Ezek a fizikai-környezeti jelenségek megkönnyítik az ellenséges felderítés dolgát, és a hő-, az akusztikai-, a vizuális-, és az infravörös felderítő módszerek alkalmazását. Ez lehetőséget biztosít a tábor energiaellátása szempontjából kulcsfontosságú aggregátorok célként történő azonosítására, illetve pusztítására. [27]

Mindezen szempontokat, és a technikai fejlődés adta lehetőségeket figyelembe véve a NATO meghirdette a Smart Energy<sup>8</sup> programját, amely a katonai táborokban a megújuló energiaforrások elterjesztését, a napelemek, az üzemanyagcellák, illetve az ilyen eszközök aggregátorokkal párosított hibrid rendszerének alkalmazását tűzte ki célul. (22. ábra)

### A CONTINEST 10 SOLAR, A 20 SOLAR ÉS A CN 20 HYBRID RENDSZER

A Continecst mérnökei az energiaellátás kérdését innovatív megoldással oldották meg. Egy CN 10-es és a nagyobb, CN 20-as konténerük tetejére integráltak napelemeket. Ezzel a Continecst Solar egységek saját felhasználásra állíthatnak elő elektromos energiát. A szerkezet tömege csak néhány kg-mal nőtt –, de ennek hátrányai elenyésznek a napelem nyújtotta lehetőségek mellett. A konténer külső és belső méretei nem változtak.

A tetőre szerelt napelempanelok mono- és polikristályos kivitelben is elérhetők. Elsősorban a felhasználási terület, az éghajlat és a költségek függvénye, hogy melyik típust érdemes felszerelni egy adott konténerre.

A polikristályos szerkezetű napelem gyártása egyszerűbb, olcsóbb, és hatásfoka a mérsékelt égöv szórta napsütésében érvényesül. A monokristályos szerkezetű napelemek előállítására nagyobb energiaigényű, bonyolultabb, ezáltal az árak is magasabb, cserébe azonban a forró égövön jellemző direkt napfénynél jobb teljesítményt nyújtanak. [28] A panelek különösen masszívak, lépésállóak, robusztusak, az összecsukás-kinyitás folyamataival szemben, és a szállításkor az egymásra halmozás során fellépő behatásoknak ellenállnak. (23. ábra)

Ahhoz, hogy egy napelemes rendszer működni tudjon, a paneleken kívül még szükség van ún. inverterre – amely a napelem által termelt egyenáramot megfelelő feszültségű váltóárammá alakítja át –, illetve a folyamatos működés érdekében energiátároló kapacitást biztosító akkumulátorok is szükségesek. Utóbbit a konténerben nagy energiásűrűségű lítium cellák biztosítják, amelyek a biztonságos LiFePO<sub>4</sub> (lítium-vasfoszfát) technológiával készültek. A lítium-vasfoszfát akkumulátorok sokkal stabilabb kémiai állapotúak, ezért lényegesen biztonságosabbak, mint a régebbi lítiumtelepek, amelyek túltöltés vagy más külső behatásra, tűz-, és robbanásveszélyessé válhattak. Ezzel szem-





22. ábra. A NATO Smart Energy projektje a hagyományos és a megújuló energiaforrások kombinálásával létrehozott tábori energiatermelő eszközök fejlesztését szorgalmazza (A szerző montázsa a [31] alapján)

23. ábra. A Continecst konténerek napelempaneljai masszívak, ellenállnak a fizikai behatásoknak, különös tekintettel az összecsuks, kinyitás folyamataira és szállításkor egymásra halmozásra (Forrás: Continecst Technologies Zrt.)







24. ábra. A CN SU 10 napelemmel ellátott konténer a Litván Fegyveres Erők logisztikai alakulata csapatpróba keretében használja (Forrás: Contineest Technologies Zrt.)

ben a lítium-vasfoszfát összetevőkkel kisebb a spontán tűzveszély, nehezebben lépnek reakcióba nedvességgel vagy oxigénnel. További előnye az ilyen típusú akkumulátoroknak a nagyobb teljesítmény és élettartam, bármilyen külső állapotban feltölthetők, továbbá nem jelentkezik velük kapcsolatban a memóriahatásként ismert káros jelenség. [29]

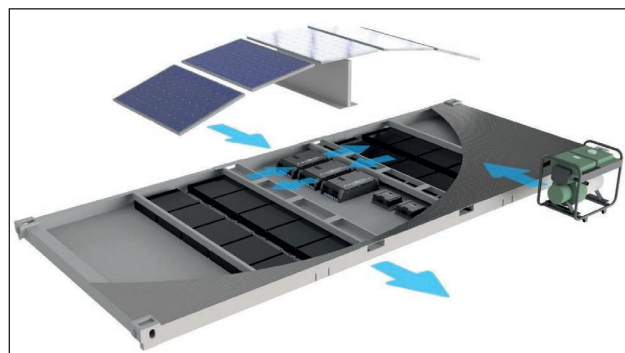
A Contineest 10 Solar konténer összecsucokott állapotban történő szállítása – a helymegtakarításon túl – logisztikai szempontból további előnyökkel is rendelkezik. Nem függ külső hálózattól, vagy áramfejlesztőtől, tehát nincs szükség fosszilis tüzelőanyagra a működésükhöz, és annak kockázatos tárolására sem. További működési előny a zéró emisszió, nincs káros zajhatás, amely a katonai alkalmazás esetén a környezet kímélésén túl segíti az álcázást, megnehezíti a felderítést. A konténer biztosította moduláris felépítésnek köszönhetően a Contineest 10 Solar önállóan kerül telepítésre, vagy a beépített csatlakozóknak köszönhetően, hálózatba kötve is működhet. A beépített akkumulátor kapacitása mellett további tápegységek is elhelyezhetők a nagyobb és/vagy hosszabb energiatermelés érdekében. Az egész rendszer működése „távfelügyelettel” is vezérlehető Bluetooth-on, vagy Interneten keresztül.

A gyártó, a rendszerrel kapcsolatban további fejlesztési lehetőségeket ígér függőlegesen, és oldal napelemek telepítésével az energiatermelés és kapacitás növelése érdekében, az energiatároló képesség bővítését pedig újabb akkumulátor padlóba történő telepítésével oldja meg.

A Contineest 10 Solar és 20 Solar rendszer a gyakorlatban is bizonyított. A CN SU 10 konténereket a Litván Fegyveres Erők (Lietuvos ginkluotiosios pajėgos) logisztikai alakulata csapatpróban teszteli (24. ábra), a nagyobb méretű CN SU 20 konténerekből pedig az Izraeli Védelmi Erők (Cv4 HaHagáná LeJiszráel) vásárolt több egységet, amelyeket ellenőrző-áteresztő pontoknál alkalmaz. A közel-keleti ország fegyveres erői a beszállítókkal szemben magas minőségi elvárásokat támasztanak, és konténerek tervezése és építése során pedig természetesen meg kellett felelni az izraeli elektromos rendszerek szabványainak. A gyártás során szigorú előírásokat kellett betartani, többek között a biztosítéktábláknak létra nélkül is elérhetőnek kell lenniük. Ennek kivitelezése egy merevvasas konténer esetében nem lett volna gond, csakhogy az ilyen biztosítéktábla nem fért volna el szállításkor az összehajtogatott konténer falai között, ezért egy mágneses szerkezettel a mennyezetről nyitható, a szállítás és összehajtás előtt oda visszazárható.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A napelem ígéretes lehetőség, de napjaink katonai tábori infrastruktúrájának villamos energiaellátására önmagában nem elegendő. A napelemek teljesítménye erősen függ a



25. ábra. A CN 20 Hybrid egység elektromos, és energiatároló rendszerei számítógépes grafikán. Bal oldalon az aggregátor, amely külső energiaforrásként kapcsolható a rendszerbe (Forrás: Contineest Technologies Zrt.)

napsugárzás intenzitásától és a fény beesési szögétől is, az pedig evidens, hogy az eszközök éjszaka zéró energiát szolgáltatnak.<sup>9</sup>

További kérdéseket vett fel a napelem tábori alkalmazásával kapcsolatban, a megtermelt többlet energia kérdése, amely a civil felhasználók esetén, általában a hálózatba kerül visszatáplálásra. Mindezek miatt a tábori napelemes rendszerek csak energiatároló egységekkel – akkumulátorokkal és „kiegészítő” energiaforrással – aggregátorral kombinálva képesek megbízhatóan működni. A Contineest CN 20 Hybrid terméke, a fent vázolt kihívásokra adott válasz. Ahogy a gyártó szimpla napelemes rendszereinek esetében, itt is az alap összehajtható konténerek jelentik a platformot – jelen esetben egy 20 lábás méretű.

A hibrid konténerbe integrált intelligens energiagazdálkodási rendszer miatt a beépített akkumulátorok, a napelemes tömb és az aggregátor állandó és biztonságos áramtermelést biztosítanak, miközben az aggregátor tüzelőanyagfogyasztása 50%–70%-kal és karbantartási ciklusai 80%-kal csökkennek. A tüzelőanyag- és a karbantartási megtakarítások, az autóműködés és az összecsucokott állapotban történő szállítás egyedülálló megoldást kínál bármilyen terepen.

A CN 20 Hybrid egység elektromos és energiatároló rendszereit a szektor egyik piacvezető cége, a német Axsol közreműködésével alakították ki. [30] (25. ábra) Maga az aggregátor nincs a konténerbe integrálva, hanem külső energiaforrásként kapcsolható a rendszerbe, ugyanakkor a konténer több típus fogadására is alkalmassá tehető. Az eszközt a Magyar Honvédség Modernizációs Intézete, terepen is sikerrel tesztelte a Brave Warrior 2020 Hungary hadgyakorlat során.

Ahogy a Contineest „szimpla” napelemes konténereinél, úgy a CN 20 Hybrid esetében is, függőlegesen és oldalra szerelt plusz napelemekkel növelhető az energiatermelő kapacitás.

A szerző köszönetet mond Kirchkeszner Ágnesnek, a Contineest Zrt. kommunikációs igazgatójának és Horváth Csaba projektmenedzsernek a cikk megírásához nyújtott szakmai segítségükért.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [16] Krajnc Zoltán et al. (szerk.) *Hadtudományi Lexikon* Új kötet. Budapest: Dialóg Campus, 2019. pp. 222–223.;
- [17] *JP 4-04 Az építő műszaki biztosítás összhaderőnemi doktrínája*. Budapest, Magyar Honvédség, 1997. pp. 25–26.;



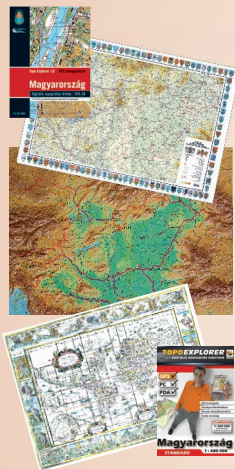
- [18] Patonai Zoltán. „Tábori elhelyezésnél alkalmazott fűtési rendszerek.” *Haditechnika*, 52. 3. sz. (2018): pp. 40–42. <https://doi.org/10.23713/HT.52.3.09>;
- [19] Erdődi Zsolt Béla. „Az MH telepíthető katonai tábor rendszerének kialakítása és fejlesztésének lehetőségei.” *Katonai Logisztika*, 24. Különszám (2016): pp. 104–105.;
- [20] Gulyás András: Új építési technológiák alkalmazása a Magyar Honvédség béketámogató műveletei katonai építési gyakorlatában. Doktori (PhD) értekezés, Bp., 2009. p. 33.;
- [21] Szegedi Zoltán, Prezenszki József. *Logisztika-menedzsment*. Ötödik e-book kiadás. Budapest: Kossuth Kiadó, 2017. p. 143. ISBN 97896309-8877-3
- [22] Erdődi, Zsolt Béla. „A tábori elhelyezési eszközrendszer modernizálásának lehetőségei.” *Honvédségi Szemle*, 3. szám (2017): p. 107.;
- [23] Végvári, Zsolt. „A hibrid villamos energiaellátó rendszerek vezérlésének terepi megvalósítása.” *Hadmérnök*, XI. évf. 4. sz. (2016): pp. 192–209. 193. o.;
- [24] Zsolt, Végvári. „A Smart Energy koncepció és eszközei a CL15 logisztikai gyakorlaton I. rész” *Haditechnika* 49, sz.6 (2015): pp. 30–34.;
- [25] Csaba, Zágón. „A tengeri konténeres szállítás biztonsága.” In: *Horváth, Attila (szerk.) Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből. Tanulmánykötet*. Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 2013. pp. 133–166. <http://real.mtak.hu/93463/> (Letöltve: 2021.2.10.);
- [26] Wagner Solar. „A poli- és monokristályos napelemek összehasonlítása.” 2017.11.22. [https://napelem.blog.hu/2017/11/22/a\\_poli-es\\_monokristalyos\\_napelemek\\_osszehasonlitas](https://napelem.blog.hu/2017/11/22/a_poli-es_monokristalyos_napelemek_osszehasonlitas) (Letöltve: 2021.2.10.);
- [27] How to operate a LiFePO<sub>4</sub> Battery. GWL a.s. Prága Brossura pp. 4–5. <https://shop.gwl.eu/LiFePO4-cells-3-2-V/ELERIX-Lithium-Cell-LiFePO4-3-2V-50Ah-1.html> (Letöltve: 2021.2.10.);
- [28] Axsol: Energy Container Solution. <https://www.axsol.de/en/energy-container-solutions/> (Letöltve: 2021.2.11.);
- [29] Forrás: [http://www.hdtglobal.com/wp-content/uploads/2016/04/Products\\_programs\\_tmss\\_04.jpg](http://www.hdtglobal.com/wp-content/uploads/2016/04/Products_programs_tmss_04.jpg); <http://www.hdtglobal.com/wp-content/uploads/2016/04/Division-Main-CP.png> (Letöltve: 2022.1.20.);
- [30] Forrás: [https://contimed.eu/wp-content/uploads/2020/03/Mintavetelipont\\_belső1-1030x401.jpeg](https://contimed.eu/wp-content/uploads/2020/03/Mintavetelipont_belső1-1030x401.jpeg) (Letöltve: 2022.1.20.);
- [31] Forrás: [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/pdf\\_2017\\_08/20170808\\_Smart-Energy-Ex-Capable-Logisti.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2017_08/20170808_Smart-Energy-Ex-Capable-Logisti.pdf) (Letöltve: 2022.1.20.);

### JEGYZETEK

- 5 A méret megadásánál az L x W x H, hosszúság L, szélesség W, magasság H szerint, [mm]-ben, a konténereknél a 20 lábás nemzetközi szabványt vettük alapul.
- 6 A sátor gerincmagassága, tehát nem egységesen ekkora a belmagasság, hiszen az a tető lejtésének arányában, a szélek felé csökken.
- 7 Az „üzemanyag” szó gyűjtőfogalom, idetartozik a *tüzelőanyag*, amit a hőerőgépek – például a belső égésű motor – elégetve mozgási energiává alakít pl.: benzín, gázolaj, alkohol stb.; a *kenőanyag*, a mozgó mechanikus alkatrészek kopását csökkentő anyagok pl.: motorolaj, csapágyzsír; a *hajtóanyag* a mozgási energiát közvetítő közeg pl.: hidrodinamikus hajtásban, automata nyomatékvtáóban – a váltóolaj.
- 8 Nyersfordításban megújuló energiaforrást jelent.
- 9 Napjainkban már folynak kísérletek az éjszaka is működő – de a nappalainál jóval kisebb hatásfokkal – jelenleg kb. 4%-os hatásfokú – napelemekkel. Ennek elmélete, hogy a napközben felmelegedett panelek éjszaka kihűlve, a hőcsere során generálnak elektromos töltéseket. (<https://www.extremetech.com/extreme/305724-researchers-say-anti-solar-panels-could-generate-power-at-night>)

## HM ZRÍNYI TÉRKÉPÉSZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

Telephely: 1024 Budapest II., Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • 1276 Budapest 22, Pf. 85 • +36 (1) 336-2030 • [www.topomap.hu](http://www.topomap.hu) • [hm.terkepzeset@topomap.hu](mailto:hm.terkepzeset@topomap.hu)



- Topográfiai térképek
- Faksimile térképek
- Atlaszok, város- és autótérképek
- Falitérképek
- Szabadidőtérképek
- Légiforgalmi térképek
- Munkatérképek
- Dombortérképek
- Digitális térképészeti adatbázisok
- Egyéb digitális termékek
- Légifilmtári szolgáltatások

### • PrePress – Nyomdai előkészítés

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

### • Gyorsokszorosítás

- színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 350 x 487 mm méretig

### • Press – Nyomtatás

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

### • PostPress – Kötészeti feldolgozás

- felületnemesítés fóliázással, laminálással 167 cm szélességig
- hajtogatás, spiralizás, sorszámozás
- összehordás, irkakészítés, ragasztókötés
- kasírozás, tablakészítés, aranyozás
- szortiment könyvkötészet

### • Vákuumformázás

- vákuumformázó szerszámok, terepszaltek előállítása CNC-technológiával
- vákuumformázás

### ÜGYFÉLSZOLGÁLAT ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Filler u. 14.

+36 (1) 212-4540 • [ugyfelszolgalat@topomap.hu](mailto:ugyfelszolgalat@topomap.hu)

Nyitva tartás: hétfő–péntek 9.00–16.30

NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336-2035

Lányi Aladár\*

# A V2 harckocsimotor-család fejlesztésének története

I. rész

## ELŐZMÉNYEK

Az angolok az I. világháború elején kialakult állóháborúk frontvonalának áttörésére készítették el a mai értelemben vett első harckocsikat (az új fegyver a „TANK” fedőnevet kapta). Az első világháború végére a harckocsik nagyarányú fejlődésen mentek keresztül és kialakult az új, harckocsizó fegyvernem, amelynek eszközeivel a háborús felek mindegyike igyekezett felfegyverezni a saját csapatait. Az I. világháborúban a cári orosz hadsereg nem rendelkezett a mai értelemben vett harckocsizó fegyvernemmel.

1917 novemberében, a Lenin vezette forradalom győzelme után megalakuló szovjet állam első intézkedései között szerepelt a világháborúból történő kilépés, amely a Breszt-litovszki békekötéssel valósult meg. Az orosz kilépés azonban nem jelentette a harcok befejezését, mert a fiatal szovjet államot több irányból is a forradalmat leverni szándékozó intervenciós csapatok fenyegették. A kialakult polgárháborúban a Vörös Hadseregnek minden eszközét be kellett vetnie a védelmi feladatok sikeres végrehajtása érdekében [2]. A szovjet hadsereg a cári hadseregtől 23 db páncélvonatot, és mintegy 150 különböző páncélgépkocsit örökölt. Ezeket az eszközöket minden lehetséges módon alkalmazták a polgárháború harcaiban. Az eredményesen védekező Vörös Hadsereg a polgárháború 3 éve során 100-nál több, viszonylag korszerűnek tekinthető harckocsit is zsákmányolt az intervenciós csapatokkal vívott harcokban.

Meg kell említeni az oroszországi harcok sajátos eszközét, a fegyveres „Trojka” alkalmazását is, amely abban az időben jellemző volt, és a lovas csapatok támadásának részeként, azok megerősítésére szolgált. A „Trojka” géppuskával felszerelt háromlovas szekér. A géppuska és a szekéren ülők kézifegyverei, kellő taktikai felkészültséggel alkalmazva, nagyon hatásos eszköznek bizonyult az élőerő elleni harcokban. A „Trojka” rendelkezett a korszerű harckocsit jellemző három fontos paraméter közül kettővel, a nagy tűzerővel és a nagy mozgékonyssággal. Hiányzott

azonban a kellő páncélvédelem, amelyet a meglepetés, illetve a váratlanság csak kismértékben kompenzált. A páncélvonatok, illetve a kerek páncélozott gépkocsik sem tudták a harckocsik hármaskövetségét kielégíteni. A páncélvonatok hatalmas tűzerővel rendelkező, mozgó erődítményekként, kellő páncélvédelmet is képesek voltak hordozni. Mozgékonyosságuk azonban korlátozott volt. A kötőpálya miatt nem lehetett azokat a harcok szükséges helyszínére eljuttatni, illetve az ellenség, a sínek felrobantásával nagyban akadályozta a páncélvonatok mozgását. A páncélgépkocsik pedig kis teherbírásuk és gyenge hajtóművük miatt a kellően hatásos fegyverzetet nem tudták hordozni, a páncélvédelmük korlátozott volt, illetve a terepjáró képességük sem volt megfelelő. A páncélgépkocsik főleg városi harcokban, a gyalogos csapatok megerősítésére szolgáltak.

A Szovjetunió katonai vezetése és katonai szakértői az I. világháború és a polgárháború tapasztalataiból hamarosan arra a következtetésre jutottak, hogy meg kell teremteni a hadsereg páncélos (harckocsizó) alakulatait, és azokat korszerű követelményeket kielégítő, főként hazai gyártású harckocsikkal kell felszerelni. 1919-ben határozatot hoztak a harckocsik hazai gyártására és 1920 májusában meghirdettek egy pályázatot új, korszerű harckocsi tervezésére. 1920. augusztus 31-én elkészült az első szovjet-orosz gyártású harckocsi, amelyik még a világháborús könnyű harckocsik konstrukciós elveit tükrözte. [13] Ezt követően, a '20-as évek elején elindult jelentős fejlesztés a korszerű páncélos eszközök kialakítását eredményezte. A harckocsi fejlesztése során hamarosan egyértelművé vált, hogy a hármaskövetség – nagy tűzerő, mozgékonyosság, valamint nehézfegyverek ellen is védelmet adó páncélvédelem – kielégítéséhez nagy űrméretű fegyverek, nagy mennyiségű lőszerjavadalmasítás, vastag páncélzat és erős motor szükséges.

Az elképzeléseket közelítő konstrukcióval (már a kezdetekben 76 mm-es ágyú beépítését, 40 mm vastag acélpáncélzatot terveztek) a harckocsi becsült tömege 20–28 ton-

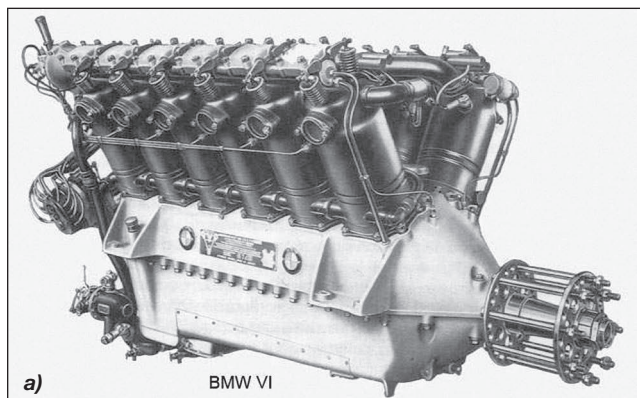
**ÖSSZEFOGLALÁS:** A II. világháború egyik legjobb harckocsijának tartott T-34 típusú „Győztes” harckocsi V2 elnevezésű motorja méltán kapott a háború utáni években is nagy figyelmet a harcjárművek fejlesztőitől. A V2 típusú harckocsimotor már a háborúban is a megbízhatóságával és jól üzemeltethetőségével tűnt ki a többi változat közül. A folyamatos fejlesztések eredményeként kialakult egy nagyon megbízható motorcsalád. Ezek a motorok egészen a 2000-es évekig sok élvonalbeli új harcjárműben, és a polgári alkalmazásokban is megjelentek. A V2-esek ma is megbízhatóan üzemelnek több, még rendszerben lévő katonai járműtípusban.

**KULCSSZAVAK:** T-34 harckocsi; T-72 harckocsi; Hispano-Suiza V12Y repülőmotor; BMW VI repülőmotor; Daimler-Benz DB601 repülőmotor

**ABSTRACT:** The engine of the T-34 “Winner” tank, considered the best tank in World War II, also deservedly received a lot of attention from the developers of combat vehicles in the post-war years. Already in the war, the V2 tank engine stood out from its peers for its reliability and good operation. As a result of continuous improvements, a very reliable engine family has developed. These engines then appeared in many cutting-edge new combat vehicles and civilian applications until the 2000s. They still operate reliably in several types of military vehicles still in the system.

**KEY WORDS:** T-34 tank; T-72 tank; Hispano-Suiza V12Y aircraft engine; BMW VI aircraft engine; Daimler-Benz DB601 aircraft engine

\* Nyugállományú őrnagy, gépészmérnök, járműjavító szakmérnök, a MH Gödöllői Gépgyár és a Currus ZRt. egykori mérnöke. ORCID: 0000-0003-3701-3736X



**1. ábra. BMW VI. V12 repülőgépmotor a) és Mikulin M17 motor b). A két motor konstrukciós hasonlósága egyértelmű [16]**

nára adódott. Egy ilyen tömegű jármű terepi mozgatása 300–600 LE (225–450 kW) közötti teljesítményű motor beépítését követeli meg. A páncélgépkocsik és korai könnyű harckocsik 60–100 LE (45–75 kW) teljesítményű motorjához a korabeli tehergépkocsik motorjait tudták felhasználni. A harckocsi meghajtásához szükséges méretű motorok a szárazföldi járműtechnikánál akkoriban még nem álltak rendelkezésre. A megfelelő teljesítményű motorok a vasúti vontatásban alkalmazott gőzgépek, illetve a hajók főgépei túl nagy méretük miatt nem feleltek meg a feladatra. A fejlesztési feladattal megbízott mérnökcsoport ezért a hasonlóan fiatal fegyvernem, a légi erő eszközeit kezdte tanulmányozni. Az első világháború időszakában már a cári orosz hadsereg is nagy mennyiségű repülőgéppel rendelkezett. Az orosz konstrukciók (pl. Ilja Muromec) mellett jelentős számban importból is beszerettek gépeket, és e típusok egy részét licencvásárlással, hazai gyártásban is készítették. 1914 végére már havi 37 db repülőgép gyártására volt képes az orosz ipar. Ezek Morane, Nieuport, valamint Sopwith típusú gépek voltak, és legtöbbjük léghűtéses, 9 hengeres, Wright vagy Hispano-Suiza típusú csillagmotorokkal épült. A világháború végén teljesítményük elérte a 250 LE-t (186 kW). 1917-ben megjelent a Hispano-Suiza V8 típusú, 8 hengeres, 235 LE-s (175 kW) motor a SPAD XIII típusú vadászgépeken. A Hispano-Suiza repülőmotorok nagyon megbízhatónak és jól üzemeltethetőnek bizonyultak a harci igénybevételek során. Az I. világháború végére az amerikai vadászrepülőgépekhez fejlesztett Liberty V12 típusú, vízhűtéses, 12 hengeres, V45°-os motorja már 450 LE (336 kW) teljesítmény leadására volt képes. Ezt a motort a repülőgépek számára több amerikai gyár is gyártotta, így a például a a Ford, a Lincoln, a Packard és a Buick is. A német repülőgépekhez 1920-ban elkészült az első BMW VI. típusú repülőmotor V12 hengeres elrendezéssel, 650–750 LE felszálló teljesítménnyel. Ennek a BMW VI. motornak a licencét vásárolta meg a Szovjetunió, és fejlesztette tovább a Mikulin tervezőiroda M17 típusnéven. [13] A. A. Mikulin főkonstruktor<sup>1</sup> a BMW VI. bázisán, V. J. Klimov<sup>2</sup> főkonstruktor a Hispano-Suiza motorok bázisán repülőgépek számára további motorfejlesztéseket végeztek. A V12-es repülőmotorok (AM35, illetve VK105 típusok) teljesítménye az 1930-as évek végére megközelítette az 1500 LE-t. [13]

**A FEJLESZTÉS ÁLLOMÁSAI**

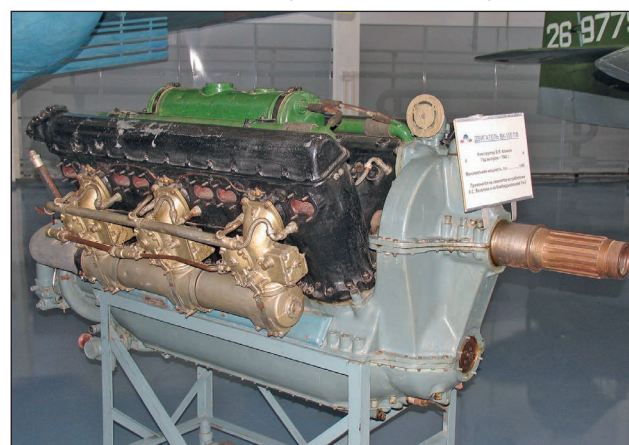
Az orosz harckocsimotor-fejlesztők a BMW VI. motor (1. a ábra) bázisán fejlesztették ki az első korszerű, nagy teljesítményű harckocsimotorjukat. Az M17 típusjelű (1. b ábra),

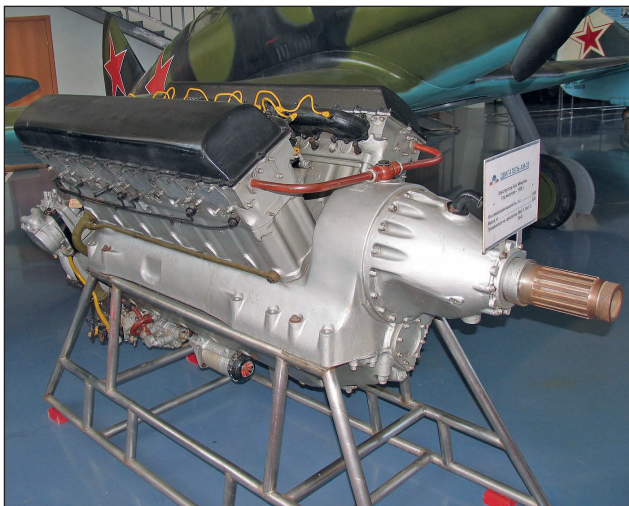
12 hengeres, V elrendezésű, vízhűtéses, benzinüzemű (karburátoros) motor volt, 400 LE (298 kW) leadott teljesítménnyel [13]. Az 1930-as évek elején megjelenő új harckocsigeneráció (BT-2; T-28; T-35; BT-5 típusok [3]) meghajtó motorjaként az M17 típust alkalmazták. A jelentős darabszámban gyártott eszközök (a BT-2-es típusból az első 5 éves terv során 5000 db-ot gyártottak) harci alkalmazása során kiderült, hogy a nagy teljesítményű motorok kellő mozgékonytágot biztosítottak (a BT-2 harckocsik 50–70 km/h sebesség elérésére is képesek voltak), de a benzinmotoros kivitelű harcjármű fogyasztása nagyon magas volt, amely csökkentette a hatótávolságot, illetve nehezítette az eszköz logisztikai ellátását. [3]



**2. ábra. Fairey Fox repülőgép Hispano Suiza V12Y motorral (1929) [14; 92. o.]**

**3. ábra. Klimov VK105 típusú repülőmotor (1939) a VK100 továbbfejlesztett változata (Fotó: Pásztor Miklós)**





4. ábra. Mikulin AM35 típusú repülőmotor (1939)  
(Fotó: Pásztor Miklós)



5. ábra. V2 típusú harckocsimotor (1936) (Fotó: Lányi Aladár)

Közben a Hispano-Suiza 1924-ben kihozta a Hispano-Suiza V12Y típusú (2. ábra), vízhűtéses, V60°-os repülőgépmotorját 650 LE (485 kW) teljesítménnyel. [13] Ez a motor a repülőgépekben nagyon megbízhatónak bizonyult, gyártása, karbantartása és javítása is egyszerű eszközökkel biztosítható volt.

### A V2 MOTOR FEJLESZTÉSE

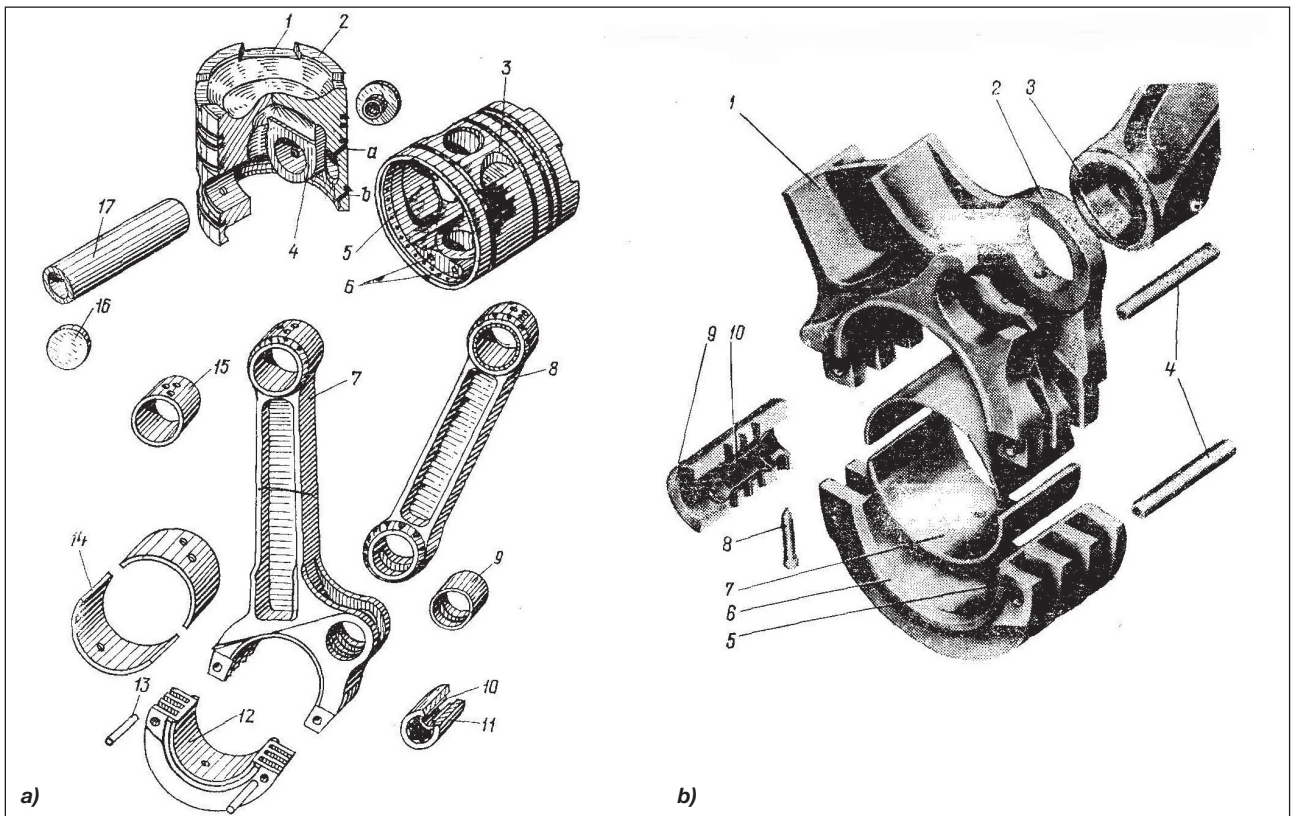
A szovjet vezetés a dízelüzemű harckocsi motorfejlesztésével a szovjet Ukrajna területén található Harkovi Mozdonygyárat (ХПЗ – Харьковський паровозостроительний завод) bízta meg. Az 1895-ben alapított mozdonygyár abban az időben a háborúra történő felkészülés jegyében fedőnéven, No. 183. számú gépgyár néven működött. A V2 motor (5. ábra) fejlesztését a Konstantyin F. Cselpán főmérnök által vezetett szerkesztői csoport végezte. Cselpán döntése volt, hogy a Hispano-Suiza repülőgépmotorjának sikerei alapján egy, a típus jó konstrukciós megoldásait megőrző, korszerű, gyorsjárású dízelmotor-konstrukciót alakítanak ki. A Hispano-Suiza V12Y motor (H-S), szinte minden konstrukciós szerkezeti megoldását megtartva, áttervezték dízel üzeműre. A furat az eredeti  $\varnothing 150$  mm-es

maradt. A lökethosszúságot azonban a főhajtókar oldalon 170 mm-ről 180 mm-re, a mellékajtókarnál ez 186,6 mm-re növelték. Ez utóbbi biztosította a dízeles motorműködés öngyulladásához szükséges 1:14-es kompresszió létrehozását a motor méreteinek lényeges megváltoztatása nélkül. A szovjetek megtartották a hajtókar „golyvás” segédhajtókaros megoldását. (6. ábra) [1] A hajtókarok terhelhetőségét meg kellett növelni a dízelmotorban létrejövő magasabb nyomású gázerők kialakulása miatt. A megerősítést a „H” keresztmetszetű hajtókarok megvastagításával érték el. A H-S konstrukcióból átvették az alumínium monoblokk hengertömböt, a hengerperselyek belső felületének gázcementálással készített, keményített rétegű felületkialakítását és a hengerperselyek „O” gyűrűs tömítését. A V2 motor dugattyújának szerkezete (a tömítőgyűrűk elhelyezése, ablakolása, a csapszeg rögzítése) is a H-S dugattyúéra hasonlít. A dugattyútető azonban lényegesen eltérő, mert abban alakították ki a közvetlen befecskendezéses motorok egyik jellegzetes „Hasselmann” rendszerű [1] égésterét. A kinyíló szelepek a kis kompresszióer miatt beleértek volna a dugattyú körbefutó felső szaknyaperemébe, ezért a dugattyúperemet a szelepek alatt lemarták. Ezzel kialakult a V2 motorok dugattyúinak jellegzetes, koronaszerű felsőrésze (a selejtezett dugattyúkat előszeretettel használták a harckocsizó tisztek hamutartóként). A szelepek kialakítása, a kipufogószelepek nátriumos töltése is a H-S konstrukció szerinti. A hengerfej, és benne a szívó és kipufogó csatornák kialakítása is hasonló a H-S konstrukcióhoz, ám a nagyobb légcserre biztosítása érdekében hengerként 4 szelepet (2 szívó, 2 kipufogó) helyeztek el. A hengerfejeken 2 vezérműtengelyt alkalmaztak (a belső oldali a szívó, a külső a kipufogó vezérműtengely). A szelephézag, és a szelepnívó szögének beállítása is a H-S konstrukció szerint történt. A felső vezérlés és egyéb segédmeghajtás kúpkerékes, királytengelyes kialakítása a főtengelyről a kihajtással ellentétes oldalról szintén a H-S-től származik (7. ábra) [1] [4] [5].

A H-S V12Y repülőgépmotort V elrendezésű hengerekkel és felülfekvő vezérműtengellyel építették be a repülőgépekbe. A vadászipar repülőgépek motorjainak a légi harc során sokirányú terhelés mellett is nagy teljesítményen és fordulatszámra kell üzemelnie. Ez a követelmény a kenőrendszer különleges kialakítását igényli. Ezért a repülőgépmotorok száraz karteres olajozással működnek, amely azt jelenti, hogy a kenőolajat 3 szivattyú szállítja. A nyomószivattyú a segédmeghajtás felőli oldalról a főtengelyen át nyomott kenőolajjal keni a fekvő, és a hajtókarcsapágyakat, a hajtókarokon keresztül haladó olaj keni a dugattyú-csapszeget és az onnan elfolyó olaj keni a dugattyú- és a hengerpalást felületét. A segédmeghajtás kenése a főáramkörrel párhuzamos (sönt) vezetékkel történik a segédmeghajtások oldalánál. A kenési helyekről a lecsorgó olaj a karterben gyűlik össze. A visszafolyó olajat a 2 ürítő szivattyú egyike a karter elején, a másik a karter végén szívja ki, és nyomja vissza az (olajhűtőn keresztül lehűtve) a kenőolajtartályba. A V2 típusú motor egész kenőrendszere, az olajszivattyúk, illetve a hűtővízszivattyú konstrukciós kialakítása is a H-S motorhoz hasonló [1] [4] [5].

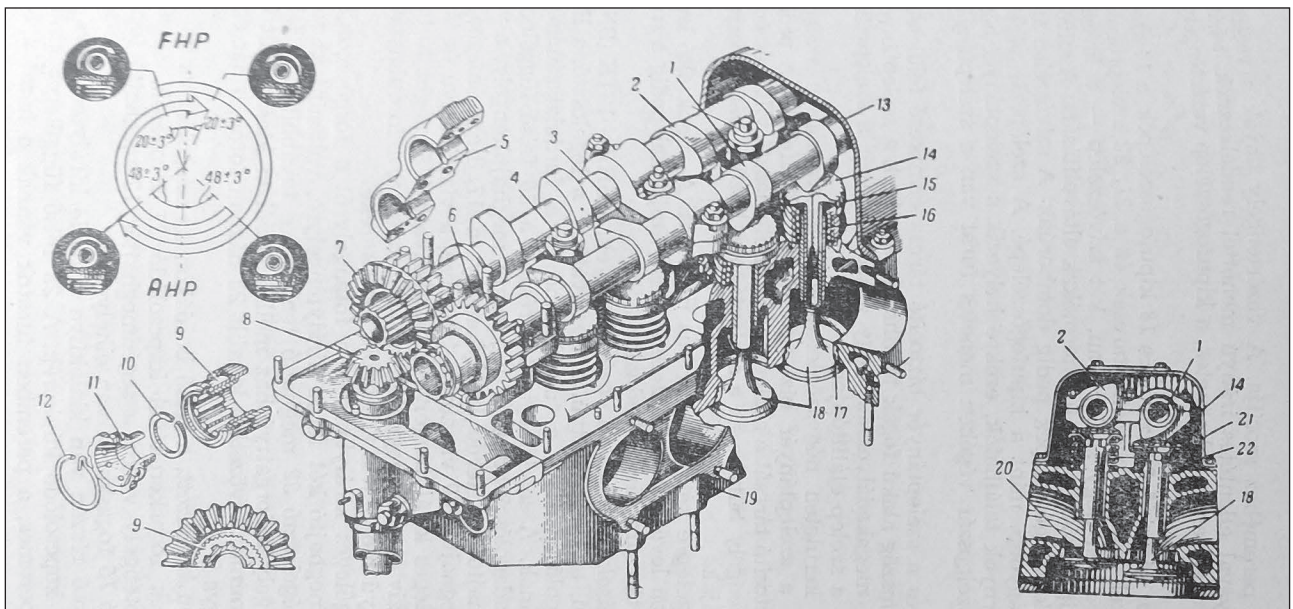
A száraz karteres olajozás is bizonyítja a motor repülőgépes eredetét, de a főtengelyvég kialakítása ezt teljesen egyértelművé teszi. A főtengely kihajtás felőli vége ugyanis nem tárcsás (lendkerékhez csatlakozó) kialakítású, hanem bordás főtengelyvég, amely légcsavargyhoz tervezett csatlakozásra utal (8. ábra). A V2-es motor bordás főtengelyvége (8. ábra) megegyezik a Klimov VK100-tól VK107-ig terjedő motorcsalád, (3. ábra) és az annál nagyobb méretű és teljesítményű Mikulin AM34 – AM37 repülőgép motorsorozata

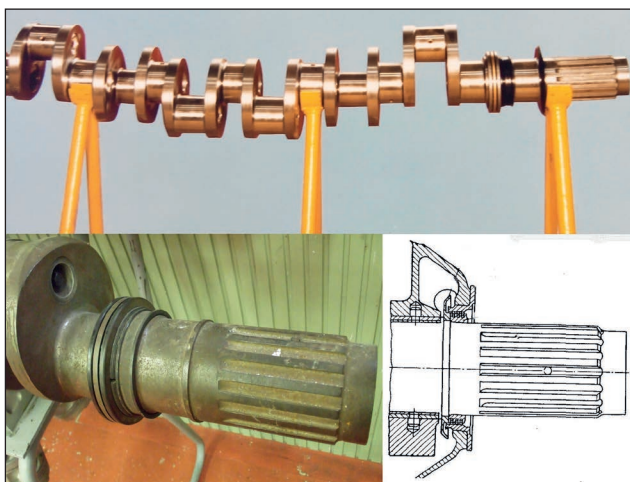




**6. ábra. A V2 motor hajtókar- és dugattyúkonstrukciója [4]** a) 1–6. a dugattyú és részei: 1. a dugattyú koronaszelepek miatti bemélyedése, 2. dugattyúkorona, 3. dugattyúablak, 4. dugattyú-csapszegfészek, 5. dugattyúpalást, 6. a, b olajátvezető furatok a dugattyún, 7. főhajtókar, 8. segédhajtókar, 9. segédhajtókar-csapágy, 10. segédhajtókar-csapszeg olajcsöve, 11. segédhajtókar-csapszeg, 12. főhajtókar alsó rész fedél, 13. főhajtókar alsó rész fedelét rögzítő csapszeg, 14. főhajtókar csapágyfelek, 15. dugattyúcsapszeg csapágypersej, 16. dugattyú-csapszegzáró dugó, 17. dugattyúcsapszeg  
 b) 1. főhajtókar, 2. segédhajtókar csapszegfészek, 3. segédhajtókar, 4. főhajtókar alsó rész fedelét rögzítő csapszeg, 5. főhajtókar alsó rész fedelét rögzítő csapszeg furata, 6. főhajtókar alsó rész fedél, 7. főhajtókarcsapágy, 8. segédhajtókar-csapszeget rögzítő tüske, 9. segédhajtókar-csapszeg, 10. segédhajtókar-csapszeg olajcsöve

**7. ábra. V2 motor hengerfeje a szelepekkel és a vezérléssel. A vezérmű alkatrészei:** 1. kipufogószelep-vezértengely, 2. szívószelep-vezértengely, 3. vezértengelytartó bakok, 4. porlasztó, 5. vezérműtengely első (támasztó) csapágyfedél, 6. a kipufogószelepek vezértengely-fogaskereke, 7. a szívószelepek vezértengely kúpkeréke, 8. ferde királytengely kúpkeréke, 9. vezértengely-szabályzó hüvelyek, 10. zárógyűrű, 11. vezértengelyanya, 12. rugós biztosítógyűrű, 13. hengerfejfedél, 14. szeleptányér, 15. szeleptányér-biztosítótárcsa, 16. szelepvezeték, 17. szelepfészek, 18. kipufogószelep, 19. hengerfej, 20. szívószelep, 21–22. szeleprugók [4]





8. ábra. A Gödöllői Gépgyárban gyártott V2 dízelmotor főtengeleyének légcsvavarbordázattal ellátott vége (Fotómontázs: Lányi Aladár)

tok (4. ábra) tengelyvégével [13]. A Klimov és Mikulin motorokat a II. világháború alatt gyártott vadász- és bombázó repülőgépek mintegy húszféle típusába is beépítették. Ezért a Jakovlev Jak-3 típusú vadászrepülőgép, vagy az Iljusin IL-2 csatarepülőgép légcsvavarját a légcsvar eredeti rögzítőelemeivel fel is lehet szerelni a V2-es motor főtengeley végére is. Ennek a háborús javítások során komoly logisztikai előnye származott. A motor repülőgépekkel való rokonságára utalnak annak indítási módjai is. A motort kétféle indítórendszerrel is ellátták. Az egyik az elektromos és kézi indítást is biztosító inerciális önindító berendezés (amelyhez hasonló „inerciaanlasser” indította a Messerschmitt Me-109 vadászrepülőgépek DB-601-es típusú motorját is) [1]. A másik indítási mód sűrített levegővel történik, ahol 70 bar nyomásnál magasabb nyomású légtartályból nyert levegő forgatja meg az álló főtengeleyt. A dugattyúkra ható nyomás nagy erővel mozdítja meg, és rövid idő alatt indítási fordulatszám fölé gyorsítja a motor fordulatszámát, amely így hideg körülmények között is beindul. Ez az az indítási változat ma is elterjedten alkalmazott módszer a közepes vagy nagy teljesítményű dugattyús repülőgépmotoroknál. A V2-es motorra ez a megoldás is a H-S V12Y motor konstrukcióból került át [1] [4] [5] [13].

(Folytatjuk)

#### HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Jurek Aurél. Belsőégésű motorok Budapest, Tankönyvkiadó Vállalat: 1961;
- [2] Bihary Gyula. „A Szovjet Légierő genezise” in: Utak és alternatívák Előadások és tanulmányok az 1917-es orosz forradalom 90 éves évfordulója alkalmából [szerk. Lengyel Gábor] PTE-BTK Történettudományi Intézet - Modernkori Oroszország és Szovjetunió Történeti Kutatócsoport, Történész-céh Egyesület Pécs, MOSZT-TCE, 2009. Sorozat: (MOSZT Könyvek, 1788-4810; 3.);
- [3] Poór István szerk. Harckocsik és páncélozott járművek típuskönyve Budapest: Zrínyi Katonai Kiadó, 1980. ISBN: 9633262836;
- [4] Pc/39 A T34 harckocsi igénybevételi és karbantartási utasítása 1963. Pcfe/38 T34-85 közepes harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása 1965.

- [5] Pc/2 T54 harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása 1960.
- [6] Pc/19 T55 harckocsi anyagismereti és igénybevételi utasítása MN Haditechnikai Intézet 1964.
- [7] Pc/25 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása II. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1981. (90/1978 MN PCGTSZF)  
Pc/57 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása I. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1979.  
Pc/64 a T72 harckocsi anyagismereti és igénybevételi szakutasítása III. kötet MN Általános és Gépesített lövész. és Harckocsizó Kiképzési Csoportfőnökség 1979.
- [8] PcFe/24 T-34-85 közepes harckocsi csapatjavítási utasítás 1963. PcFe/33 Közepes harckocsik csapatjavítási utasítása I. rész 1964.
- [9] PcFe/36 Harckocsik javítási technológiája 1965. PcFe/66 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása I. könyv I. rész MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1979.  
PcFe/239 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása II. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1980.  
PcFe/240 A T72 közepes harckocsi csapatjavítási szakutasítása I. kötet MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1980.
- [10] Pc/40 Szakutasítás a közepes harckocsik és láncfalpas járművek javításához használható szerszámok és készülékek alkalmazására MN Páncélos és Gépjárműtechnikai Szolgálatfőnökség 1984.
- [11] GJ-6/72 A V2 és V6 típusú motorok bejáratásának, átadásának technikai utasítása HTI-TU-2535 A T34; T54/M; T55; T55A; PT76; BTR50; T72; ATSz típusú láncfalpas harcjárművek nagyjavítás utáni futópróbájának és a D442; D944 típusú úszó járművek vízpróbájának Technológiai Utasítása
- [12] L-2500/6 (A/21 MNGG jelzet) T34 motor szerelése, bejáratása, átvételi vizsgálata és konzerválása L-2500/11 (A/24 MNGG jelzet) T34 motor javítási művelettervek
- [13] Дизельный двигатель В-2 – 11 Января 2014 – АвтоБлог [http://www.autoscience.ru/blog/dizelnyj\\_dvigatel\\_v\\_2/2014-01-11-47](http://www.autoscience.ru/blog/dizelnyj_dvigatel_v_2/2014-01-11-47) (Letöltve: 2021.12.30.);
- [14] Matricardi, Paolo. A harci repülőgépek nagy könyve. Budapest: Gabo Könyvkiadó, 2006.;
- [15] Merksiz, Jerzy, „Przemys silnikowy w Polsce” Engine Manufacturing Industry in Poland, Silniki Spalinowe 44. nr3 (2005): pp 12–21. <https://doi.org/10.19206/CE-117396>;
- [16] Források: <https://airpages.ru/img/mot/bmw6.jpg>; [https://military-history.fandom.com/wiki/Mikulin\\_M-17?file=Mikulin\\_M-17.jpg](https://military-history.fandom.com/wiki/Mikulin_M-17?file=Mikulin_M-17.jpg) Letöltve: 2022.1.24.).

#### JEGYZETEK

- 1 Alekszandr Alekszandrovics Mikulin (1895–1985) szovjet-orosz repülőgép- és hajtómű-tervező, akadémikus és a Mikulin OKB (Опытное Конструкторское Бюро – Kísérleti Mérnökiroda) főtervezője volt. Eredményei közé tartozik az első szovjet folyadékűtéses, dugattyús repülőgépmotor, a Mikulin AM-34, valamint a Szovjetunió első sugárhajtású repülőgépe, a Tupolov Tu-104-nek a Mikulin AM-3 hajtóműve. (A szerk.)
- 2 Vlagyimir Jakovlevics Klimov vezérőrnagy (1892–1962) szovjet mérnök, repülőgépmotor- és hajtóműtervező. (A szerk.)



1. ábra. Készülnek a löelemképzők a Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt. műhelyében (Fotó: Gamma RT. archívum)

Dr. Varga József\*

## A Gamma–Juhász légvédelmi löelemképzők

### A GAMMA–JUHÁSZ LÉGVÉDELMI LŐELEMKÉPZŐK

A Gamma–Juhász légvédelmi löelemképzők a légi célok sebességének és irányparamétereinek kiszámítására, valamint a tüzeléshez szükséges löelemek meghatározására szolgáló műszerek. A Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyár Rt. egyik tulajdonosa, Juhász István (1894–1981) által tervezett célelemmérők és löelemképzők

az elektromechanikus működésű analóg számítógépek első példányainak tekinthetők, amelyeknek megbízhatóságát és pontosságát külföldön is elismerték. A több mint 1000 példányban és a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően közel 20 változatban gyártott löelemképzők és célelemmérők 16 országba jutottak el, és az 1930-as években a magyar ipar kiemelkedő exporttermékének számítottak. A Gamma–Juhász löelemképzők a svéd Bofors-

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A légvédelmi irányzó eszközök fejlesztésének területén nemzetközileg is elismert készülékeké váltak a Gamma–Juhász féle löelemképzők és célelemmérők, amelyek technika- és ipartörténetünk büszkeségei, hiszen fejlesztésük és gyártásuk komoly szaktudást és innovatív gondolkodást igényelt. A finommechanikai és optikai ipar, a precíziós gyártástechnológia hazai meghonosodása nagyrészt éppen e terméknek köszönhető. Juhász István és a Gamma gyár által bejegyeztetett szabadalmak a magyar mérnökök és a magyar hadiipar nemzetközi elismertségét növelték. A szerző tanulmányában röviden bemutatja a fejlesztés folyamatát, és utal az elért eredmények katonai és műszaki jelentőségére.

**ABSTRACT:** In the field of the development of air defense sighting devices, Gamma-Juhász's predictors and mechanical gun director computers have become internationally recognized devices, which are the pride of our technical and industrial history, as their development and production required serious expertise and innovative thinking. The domestic introduction of the precision mechanical and optical industry and the precision manufacturing technology is largely due to this product. The patents registered by István Juhász and the Gamma factory have increased the international recognition of Hungarian engineers and the Hungarian military industry. In his study, the author briefly presents the development process and refers to the military and technical significance of the results achieved.

**KULCSSZAVAK:** löelemképző, Gamma–Juhász löelemképző, légvédelmi tüzelés, Gamma Rt.

**KEY WORDS:** anti aircraft predictor, Gamma-Juhász's predictor, anti-aircraft artillery, Gamma Joint stock company

\* Nyugállományú ezredes, kutató. ORCID: 0000-0001-5774-6573



licenck alapján gyártott, 80 mm-es légvédelmi ágyúkkal, továbbá a Gamma–Juhász röpirány- és sebességmérők (célelemmérők) a 40 mm-es gépágyúkkal a Magyar Királyi Honvédségben hatékony légvédelmi ütegeket alkottak.

## A MAGYAR LÉGVÉDELMI TÜZÉRSÉG ÉS A HAZAI LŐELEMKÉPZŐ-FEJLESZTÉSEK KEZDETEI

Az I. világháború után a támadó céllal kifejlesztett repülőgépek mennyisége gyorsan növekedett, azok paraméterei pedig napról-napra javultak, amelynek következtében az ellenük történő védekezésnek is fejlődnie kellett. Így vált önálló hadseregfejlesztési területté a légvédelem. A vadászrepülőgépek mellett a légvédelmi tüzérség kapott hangsúlyt, amely elsősorban a különböző objektumok védelmét volt hivatott ellátni. A légvédelmi tüzérség sajátos lövegeivel és lövegirányzási (tűzvezetési) módszereivel alapvetően eltért a táborig tüzérségtől [1], amelynek fejlesztése két területen is folyt, az egyik a légvédelmi lövegek és lövedékek, a másik pedig az irányzó eszközök újabb és újabb változatainak kialakítása. Ennek a területnek váltak nemzetközileg is elismert készülékeivé a Gamma–Juhász féle löelemképzők és a célelemmérők (röpirány- és sebességmérők).

Érdekes módon az I. világháború utolsó szakaszában – még alapjaiban a légi célokra átalakított táborig lövegek időszakában – kialakult egy tűzelési eljárás, az ún. vezényszótáblázatos löeljárás. Ennek lényegét azok a tapasztalati táblázatok alkották, amelyeket az egyes légvédelmi célra kiválasztott lövegek paraméterei, valamint azok lövedékeinek tulajdonságai és nem utolsósorban a légi célok különböző helyzetekre vonatkoztatott adatai (a légi cél sebessége, oldal- és magassági szöge, a légköri viszonyok, az oldalszél stb.) alapján állították össze. Mindennek alapját az a tény alkotta, hogy a földi céloknál nagyobb magasságban és nagyobb sebességgel repülő céloknál már számolni kellett a lövedékek parabolisztikus pályájával, továbbá azzal a ténnyel, hogy a légi cél már a lövedék repülési ideje alatt is jelentős utat tehet meg. Tehát az eredmény eléréséhez nem a cél pillanatnyi helyzete (mint a táborig tüzérségnél általában történt) volt a meghatározó, hanem a cél gép és a lövedék sebességéből kiszámított várható találati pont. A számított találati pont adatait többszázeges adatot tartalmazó „könyvekben” foglalták össze, amelyek használata jelentős szaktudást és időt igényelt [2; 113. o.]. Ennek ellenére az 2. ábrán is látható vezényszótáblázatokot még a második világháború idején is használták.

2. ábra. A vezényszótáblázatokot kiegészítő eszközként még a II. világháborúban is használták (Fotó: a szerző gyűjteményéből)



Magyarországon, a trianoni korlátozások miatt gyakorlatilag csak 1929-ben kezdődött [3] a légvédelmi tüzérség fejlesztése. Az új légvédelmi lövegek beszerzésénél figyelembe kellett venni a trianoni békeszerződés azon előírását, hogy „külföldről nem szabad hadianyagot vásárolni, hanem mindent az egyetlen engedélyezett hadianyaggyárban kell előállítani.” [4] Megoldásnak emiatt csak a hazai fejlesztés vagy külföldi licenc vásárlása jöhetett szóba. A Technikai Kísérleti Intézet diósgyőri gyárában tervezett 7 cm-es löveg nem vált be, ezért végül három jelölt közül a svéd Bofors cég 8 cm-es L/50 típusú légvédelmi ágyúját választották. „Svédország semlegesnek számított Európa országai között, hadiipara pedig jelentős volt. A svéd Bofors céggel kialakult jó kapcsolatok révén, a tőlük megvásárolt licenz (29M és a későbbi 36M) alapján kezdte el légvédelmi ágyúk gyártását a Diósgyőri Gépgyár. Ezt a kitűnő adottságú Bofors ágyút használták más hadseregek is Lengyelországtól Észtorozágon át Dániáig, Norvégiáig.” [5]

Az új légvédelmi lövegekhez az új irányzó eszközökkel, az „automata vezényszóképző készülékekkel”, Magyarországon a finommechanikai és optikai ipar két jeles cége az 1920-as évek közepétől kezdett el foglalkozni. Az egyik a Süss Nándor Prácsiós Mechanikai és Optikai Intézet Rt., a mai nevén ismert Magyar Optikai Művek<sup>1</sup> (MOM), a másik pedig a Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt.<sup>2</sup> volt. A légvédelmi lövegek tűzvezető eszközeinek fejlesztői általában két megoldási változat alapján tervezték készülékeiket. Az egyik a szögsebességmérés elvén, a másik pedig az ún. lineáris elven működött. A szögsebességes irányzóeszközöket azokat a szögeket mérték, amelyekkel a haladó repülőgép a megfigyelés vonalától elmozdult. Ezeket a szögeket kiértékelve következtettek a gép sebességére és irányára. Ilyen volt a Kéler–Süss-féle löelemképző [6], amelyet végül a Honvédelmi Minisztérium nem fogadott el. A lineáris megoldás azonban a célrepülőgép mozgását és annak vetített útját vette figyelembe, amelynek első példányát Szabó Sándor tartalékos tüzér főhadnagy készítette el, azonban a kísérletek után „a további megrendelésekre a minisztérium nem tartott igényt”. [7] Juhász István is sokat foglalkozott e két lehetőséggel és arra a meggyőződésre jutott, hogy a lineáris rendszeré a jövő. Tulajdonképpen ennek a felismerésének köszönhető a magyar találmány világhíre, illetve annak, hogy „a lineáris rendszerre jobb megoldást talált, mint amilyen az addig ismert lineáris löelemképzőké volt”. [8]

## A GAMMA FINOMMECHANIKAI GÉPEK ÉS KÉSZÜLÉKEK GYÁRA RT. ÉS A LŐELEMKÉPZŐK

A Gamma–Juhász löelemképzők és célelemmérők folyamatos fejlesztés eredményei, amelyhez több szabadalom is kapcsolható. [10] Az automatikus löelemképzők, valamint a röpirány- és sebességmérők (célelemmérők), eltérő felhasználási lehetőségeik és kivitelezésük ellenére is, alapjaiban a lineáris elven működő készülékek családjába tartoztak. Mindkét típusban ugyanazon alapelemek voltak megtalálhatók, mint amelyek megalapozták a Gamma–Juhász löelemképzők hírnevét.

Juhász István (1894–1981) (3. ábra) és Juhász Zoltán (1891–1976) 1921-ben vásárolta meg azt a „minivállalatot”, amelyik mindvégig az új megoldásokat kereste, és a minőségi termelésre törekedett. Az üzem termékei között a mérnöki vonalzők, szögmérők, logarírók és geodéziai műszerek, tájolókat egyaránt megtalálhatók voltak, valamint fokozatosan növekvő mértékben optikai eszközök, többek

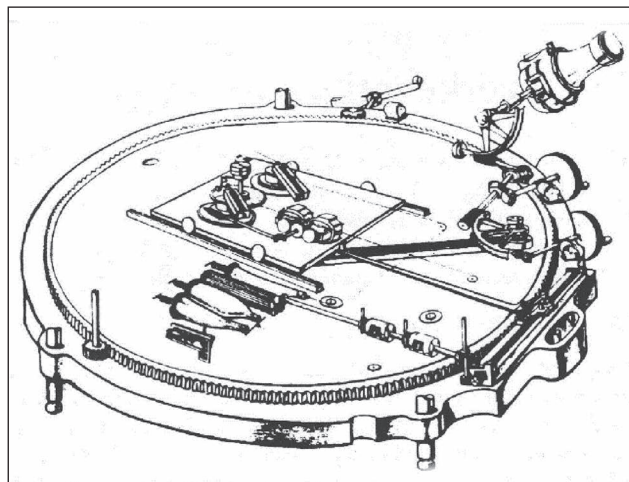




3. ábra. Juhász István (1894–1981) a Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt. tulajdonos igazgatója (Miklauzič István felvétele a festményről)

között távcsövek, szögtávcsövek, fényképezőgépek. Ezen széles termékpaletta mellett kiemelt jelentőséggel bírtak a katonai megrendelések, amelyekhez több szabadalom is kapcsolódott. Az egyik 1926-ban „oly mérőkészülékre vonatkozott, mely fedett állásból, segédcéllal való lövés esetén a löelemek, nevezetesen az oldalirány és a céltávolság meghatározására szolgált”. [9] A tüzérség részére kifejlesztett készülék mellett ezekben az években dolgozták ki a „kényszervezérlésű sebességmérőt” is, például mozdonyok és egyéb járművek számára.

Juhász István kortársainak visszaemlékezése szerint Szabó Sándor löelemképzőjének kísérleti tapasztalatai alapján kezdett el foglalkozni a légvédelmi löelemképzőkével is, és olyan készüléket képzelt el, amelyik egyszerre négy légvédelmi löveget képes vezérelni, és a találati pont kiszámítását, valamint a légvédelmi lövegek beállításához szükséges paramétereket automatikusan kiszámolja. A 4. ábra a löelemképző szerkezeti felépítésének legfontosabb részeit, és azok kapcsolódását szemlélteti. A tervezett löelemképzőnek az volt az alapötlete, hogy a műszer optikájával folyamatosan követve a cél mozgását, annak célpályáját – egy finommechanikai szerkezet segítségével – lényegében lekicsinyítették, és egy kocsiszerkezeten elhelyezett mérőgörgővel folyamatosan mérték annak paramétereit. A mérőgörgőnek egy időegység alatti fordulata megadta a cél haladási sebességét. A löelemképző közelében felállított optikai távmérő műszerrel mérték a cél és az üteg távolságát, amelyet továbbítottak a löelemképző kezelőjéhez, akik a kapott adatokat beállították a készüléken. Ugyanekkor a löelemképző optikájával is folyamatosan követték a célt, és így a műszer felállításakor beállított alapirányhoz viszonyított elmozdulásból meg tudták határozni az oldal- és magassági adatokat, azaz a pillanatnyi célelemeket. Ezeket a célelemeket juttatták el a tulajdonképpeni löelemképzőhöz, amelynél szintén egy ötletes megoldást alkalmaztak. A lövedékek röppályaadatait

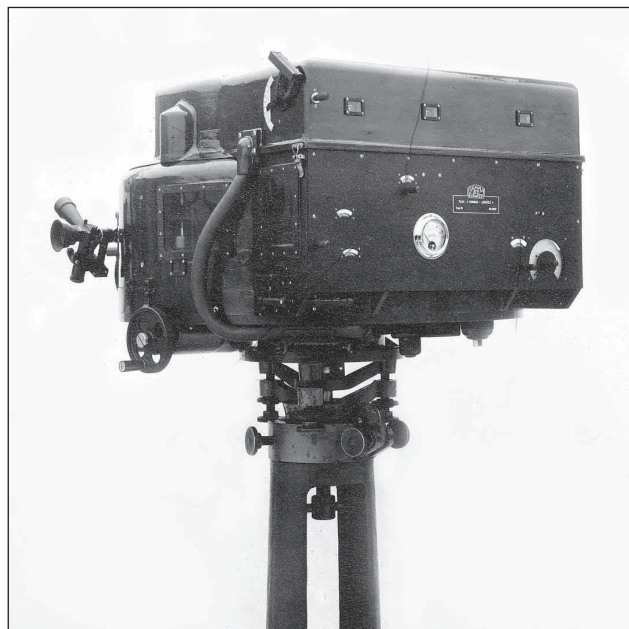


4. ábra. A Gamma-Juhász löelemképző szerkezeti felépítését bemutató alapvázlat [10]

három térbeli idomra – az ún ballisztikai testekre – vitték fel, amelyeknek hossz tengelyét a távolsági adatok, a test pályáját pedig a magassági és az oldalszög, illetve az időzített gyújtó paramétere alapján alakították ki. A függőleges helyzetű tapintók a ballisztikai test tengelyirányú elmozdulásából mért adatokat már elektromos jelek formájában továbbították a szorzótestekhez és azokhoz a differenciálokhoz, amelyek a mérőgörgő által mért sebességi adatok alapján kiszámolták a várható találati pontot. Működési elve alapján az alkalmazott finommechanikai szerkezetek elektromos elemekkel kombinált számítástechnikai megoldása egy magyar fejlesztésű elektromechanikus számítógépnek tekinthető.

A löelemképzők fejlesztésekor az volt az egyik elvárás, hogy azok működése, és a légvédelmi lövegek beállítását meghatározó paraméterek kijelzése emberi beavatkozás nélkül, automatikusan történjen. A Gammában gyártott készülékek első változata 1929-ben készült el, azonban a továbbfejlesztett változat 1931-ben már nemcsak hazai kipróbálásra, hanem nemzetközi megmértetésre is ke-

5. ábra. Az 1931-ben bemutatott löelemképző nézeti fotója [11]



rült. Az 5. ábrán látható löelemképző leírása szerint „a G-J rendszerű készülék célja, hogy úgy álló, mint mozgó célok löelemei önműködően, késedelem nélkül, szabatosan határozza meg és az így nyert elemeket elektromos átviteli berendezéssel a lövegekhez továbbítsa. A löelemképzést a készülék teljesen önműködően végzi el, emberi erőt a készülék csak az irányzás és a távolság beállítás keresztülvitelére igényelt.” [11]

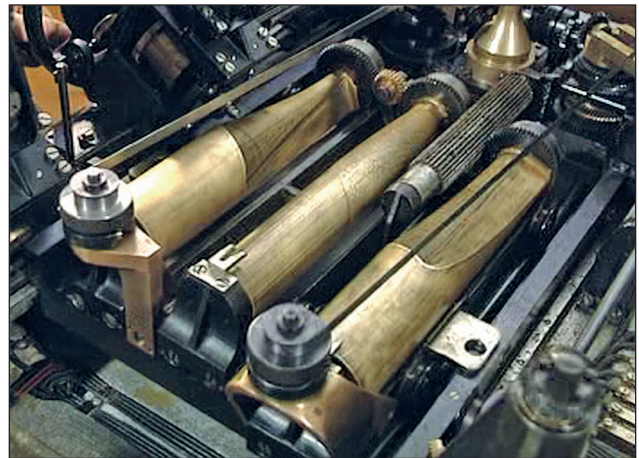
Az irányzást két hajtókar segítségével egy kezelő végezte, aki az egyik hajtókarral az egész készüléket vízszintes irányban körbe forgatta, és ezáltal a rajta levő irányzó távcsövet oldalirányban a célon tartotta, a másik hajtókar forgatásával pedig az irányzótávcső irányvonalát úgy emelte vagy süllyesztette, hogy a cél állandóan az irányzó távcső szálkeresztjének metszéspontjában legyen. A másik kezelő a távmérő adatait állította be a készülék távolságbeosztásán. A beállított adatokból a készülék automatikusan kiszámította a löelemeket, amelyeket a légvédelmi lövegekhez továbbított. Mindezen műveletekhez Juhász Istvánnak több újszerű és találmányi értékű megoldást kellett alkalmaznia.

**SEBESSÉG-MÉRÉS MÉRŐGÖRGŐVEL, INFORMÁCIÓTÁROLÁS TÉRBELI FELÜLETEKEN**

A mozgó cél löelemeit csak akkor lehet kiszámítani, ha ismerjük annak ütegtől mért távolságát, repülési irányát (oldalszög és magasság), és nem elhanyagolható módon annak sebességét. Ezeket az elemeket idővesztesség nélkül kell és kellett meghatározni. A léptékes elvű készülékek-nél a legfontosabb megoldandó feladat az volt, hogy hogyan lehet a készülék optikájával követett cél mozgásából az irányon (oldalirány és magasság) túlmenően annak sebességét is meghatározni. Juhász István erre a célra fejlesztette ki a mérőgörgőt, amelyik egy síklapon a cél mindenkor mozgásának irányában és pillanatnyi sebességével arányos sebességgel mozgott. A görgő megfelelő helyzetbe állítását és mozgását egy derékszögű vonalzópárra emlékeztető, igen finom mechanikus szerkezet végezte. A 6. ábra rajzain látható görgő olyan méretben készült, hogy kerülete a műszerlépték szerint 1250 m-nek feleljen meg. „A görgőn öt érintkezőcsapot és a görgőt tartó villán pedig billenő érintkezőt helyeztek el. Így a két egymás után következő csappal történő érintkezése között a görgő 250 m-nek

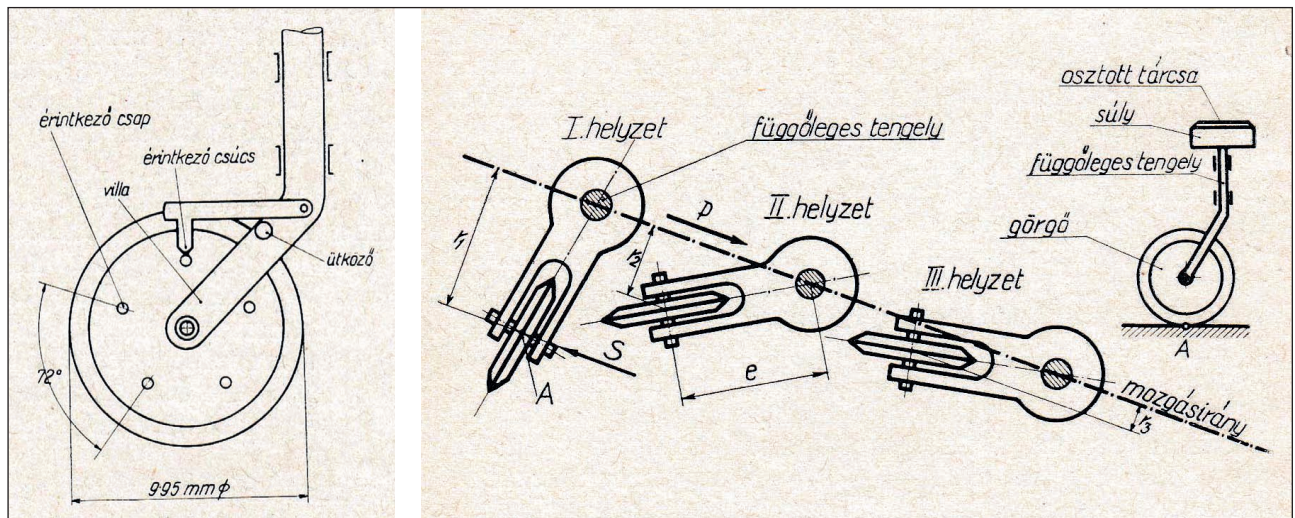
megfelelő utat tett meg.” [12] A mérőgörgő által meghatározott mozgásirány (röpirány) a tengelyre rögzített tárcsán leolvasható, illetve további kiértékelésre továbbítható volt. „Ugyancsak a mérőgörgő szolgáltatott adatokat a sebességmérő órához. A mérőgörgőt egy villamos berendezés áramkörébe kapcsolták és a két egymást követő jelzés között eltelt időt rögzítőórával mérték, amelynek számlapját sebességosztással látták el. A mérőtárcsa és a stopperórát kapcsoló hornyos tárcsa elfordulása lényegében a sebesség önműködően történő mérését végezte.” [13]

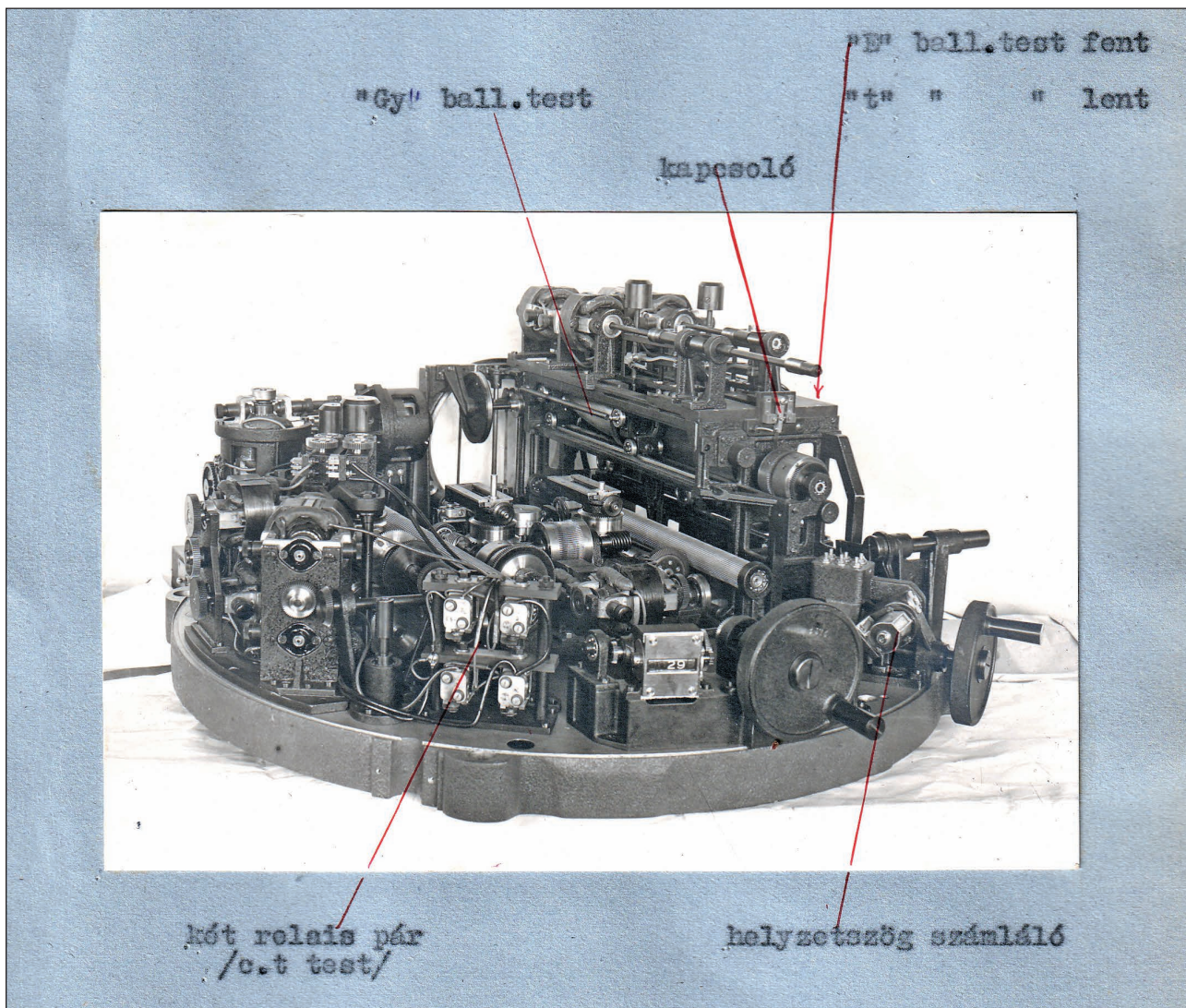
A lövedékek röppályája a ferde hajtás tételével nem határozható meg pontosan, mivel az a levegő ellenállása következtében torzul, és egy ún. ballisztikai pályát ír le. A lövedékek ballisztikai pályáját próbálövészek során mért adatok alapján lőtáblázatokban határozták meg. Ezeket az adatokat vitték át egy térbeli idomra, az ún. „ballisztikai testekre” (7. ábra). A ballisztikai testek olyan torz hengerhez hasonlíthatók, amelyeknek hossz tengelye a távolsági adatot, a test palástja a magassági és az oldalszöget, illetve az időzítő gyújtó paramétereit adta meg. Ezáltal több mint 90 000 adatot voltak képesek a hengerpalástra felvinni. A Juhász István által alkalmazott megoldás újdonságát az adta, hogy a legtöbb löelemképzőnél abban az időben a ballisztikai adatokat egy papírra rajzolták fel, és azt egy



7. ábra. Ballisztikai testek és a mozgató mechanizmus (oldal- és magassági szög és a gyújtó beállításához kialakított három ballisztikai test) (Fotó: Dr. Varga József)

6. ábra. A mérőgörgő felépítését és működését szemléltető rajzok [14]





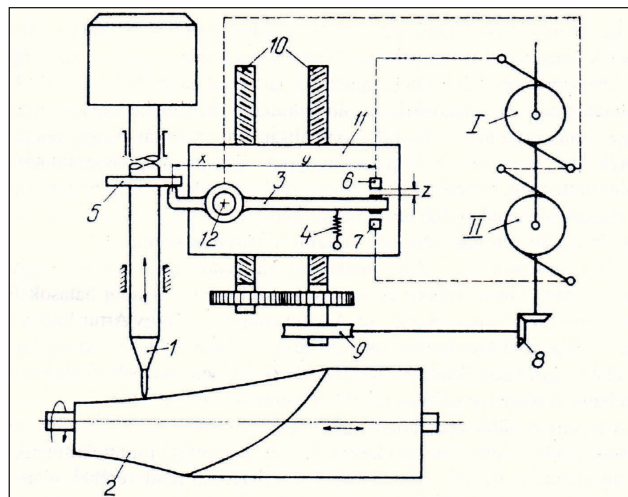
8. ábra. A löelemképző egyik szerelési egysége a ballisztikai testek beépítését is mutatja [11]

dobhengerre rögzítették, amelyet a mért távolsági és magassági adatok alapján forgattak. A Juhász-féle megoldás megvalósítása különleges technológiát igényelt, és bizonyította a Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt. szakembergárdájának<sup>5</sup> felkészültségét és precizitását.

Az is egyértelmű, hogy a mérőgörgön és a ballisztikai testeken kívül még több olyan részegységre volt szükség, amelyek a hosszmozdulásokat (paránymérők) és a tengelyfordulásokat pontosan mérték, majd azokat villamos jelekké alakítva (differenciálok, szorzótestek stb.) továbbították (szervo) a löelemek kiszámításához. A löelemképző részegységeinek kialakításakor alapvető feladat volt, hogy a hosszirányú elmozdulások és a tengelyfordulások gépi értékeit miként lehet elektromos jelekké alakítani, majd ezekkel a szükséges matematikai műveleteket elvégezni. „Mivel a löelemképző lineáris (léptékben méretarány szerint kicsinyítve) mértani alapon dolgozó műszer volt és az adatokat a léptékének megfelelő arányban egyszerűen lemosolta, azaz kicsinyítve megszerkesztette, majd a háromszögmegoldó részegység a cél paramétereit kiszámította. A mozgó légi célra lövés geometriai alapjainak ismeretében eléggé gyorsan felismerhetjük annak matematikai és gyakorlati kihívásait. A léptékes elv azt is jelenti, hogy az alap-

vetően derékszögű és általános háromszögek geometriai jellemzőinek meghatározására visszavezethető, komplex

9. ábra. A ballisztikai test, és a hosszmozdulásokat továbbító paránymérők rajza [10]

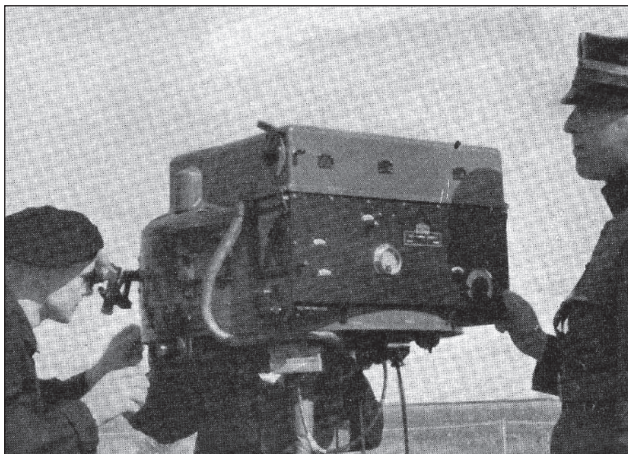


feladatot méretarányos háromszögek automatikus megszerkesztésével oldotta meg a rendszer.” [15]

A löelemképző jellegzetes analóg mechanizmusának egyik fontos részét képezték a paránymérők, amelyek technikai összetettségét jól érzékelteti a 9. ábra. Az ábrán 1-es számmal jelzett tapintó rátámaszkodott a 2-es ballisztikai testre, és nyugalmi helyzetben a 3-as paránymérő nyelvet a 4-es rugó az 5-ös tárcsához szorította, és így az a 6-os és 7-es érintkezők között középpályában állt. Ekkor az I. és a II. motor is állt. Ha a tapintó elmozdult, akkor az egyik motor elindult és a 8-as kúperéken, majd a 9-es csigahajtáson keresztül forgatta a 10-es paránymérő csavarokat. Ezáltal emelkedett a 11-es paránymérőtömb, amelynek elmozdulása arányos volt a 10-es paránymérő csavarok elfordulásával. Ezzel megvalósult a gépi érték-meghatározás és ezeket az adatokat az ún. szorzótestek nagyították fel, ezt pedig a villamos szervo rendszer alakította át olyan hasznos jellé, amelyet a lövegek beállításánál már közvetlenül hasznosíthattak. „Ezt az elemet a mai számítógépes nyelven ROM-nak is nevezhetnénk.” [10]

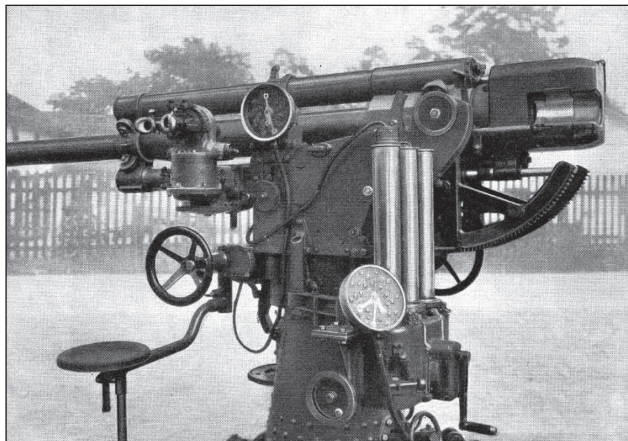
### NEMZETKÖZI BEMUTAKOZÁS

Az 1930-as évek elején szinte minden országot a légierő várható használata<sup>4</sup> mellett a légi célra történő tüzelés hatékonysága, a löelemképzők tematikája foglalkoztatta. A Juhász testvérek svéd kapcsolataik révén 1932-ben le-



10. ábra. Svédország, Karlsborg, az 1932. augusztus 9–11. között megrendezett bemutató [16]

11. ábra. A svéd, 76,2 mm-es légvédelmi ágyú [16]



hetőséget kaptak – a már akkor az érdeklődés középpontjába került – Gamma–Juhász löelemképző bemutatására.

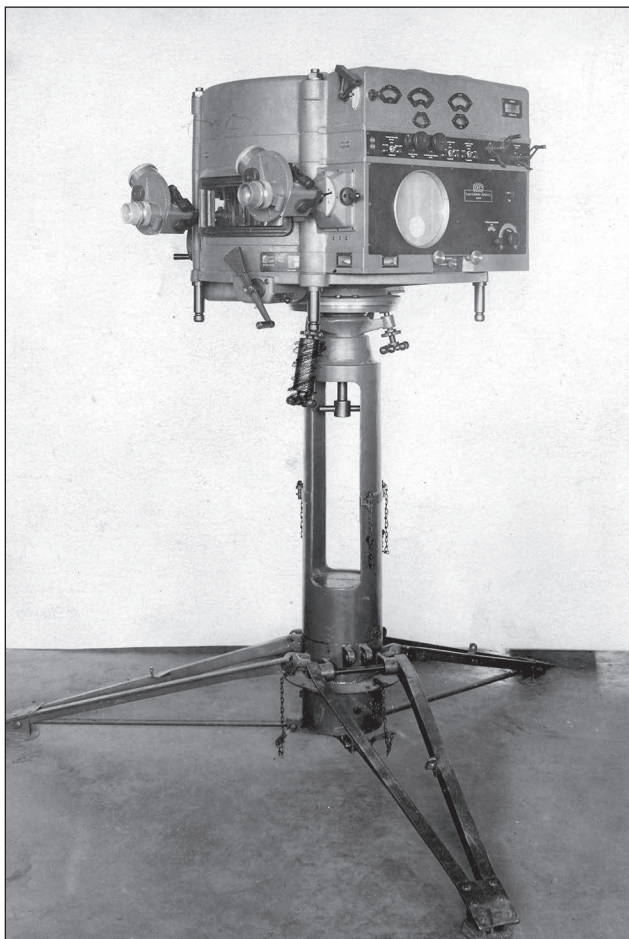
A svédországi, 1932. augusztus 9–11. között megrendezett légvédelmi bemutaton készült felvételek a 10. és 11. ábrán láthatók, ahol a Gamma–Juhász löelemképző a 76,2 mm-es L/50 típusú Bofors légvédelmi löveggel mutatkozott be. [16] A célrepülőgépek sebességüket 33 m/sec és 44 m/sec között, magasságukat pedig 2120 m és 4750 m között változtatták, és a Gamma löelemképzők 96% és 100% közti eredményt értek el. A bemutatót összefoglaló kiadványban kiemelték, hogy „a műszer nagyon hasznosnak bizonyult, és a törzs könnyen és hibátlanul végezte munkáját. A cél megjelenése után 10 sec után megkezdte annak átvételét és a parancsátvitel jól működött, a mutató beállítása könnyen megtanulható, és nehézség nélkül használható. Ezt folyamatosan, azaz rángatás nélkül lehetett megtenni”. [16; 39. és 51. o.] A svéd és a svájci bemutatókon elért eredmények felkeltették több ország érdeklődését, és az első megrendelések elég gyorsan meg is érkeztek.

### A GAMMA–JUHÁSZ LŐELEMKÉPZŐK FEJLESZTÉSEI ÉS VÁLTOZATAI

A Gamma–Juhász löelemképzőket az alapötlet kialakítása után és a gyakorlati használat során szerzett tapasztalatok, valamint a megrendelők igényei szerint folyamatosan továbbfejlesztették. Az 1930-as évek közepére így újabb megoldásokkal készült löelemképzők készültek. A Gamma–Juhász löelemképzők kialakításakor a tervezők a cél paramétereinek pontos meghatározása mellett a készülék egyszerű, a katonák által könnyen kezelhető formában történő kialakítására is törekedtek, ugyanakkor mindenkor figyelembe vették a légvédelmi tüzérek tapasztalatai alapján megfogalmazott javaslatokat. Ezek között gyakran szerepelt az a kérdés, hogy miként lehet a különböző manővereket végrehajtó ellenséges repülőgépek esetében az ún. találati pontot még pontosabban kiszámítani. A löelemképző a cél pillanatnyi helyzetéből elsősorban annak egyenes vonalú továbbrepüléséhez számította ki a löelemeket, pedig a célba vett repülőgép nem mindig így repült. A repülőgép repülési manővereit a légtérfigyelő távcsövön jól lehetett követni, és annak ismeretében az ütegparancsnoknak lehetőséget adtak a löelemképző által számított adatok helyesbítésére. Erre a célra fejlesztették ki a behatás-kiküszöbölőket. Így például, amikor a cél az egyenestől eltérő vonalon (kígyózó vonal, körív stb.) haladt, lehetőség volt az erre kialakított tárcsa állításával a találati pontot ezen mozgásoknak megfelelő irányban áthelyezni. Ezenkívül módjában volt az ütegparancsnoknak szükség esetén (különleges behatások és egyéb okok miatt) kézzel külön helyesbítéseket is adni az e célra szolgáló beállító gombok segítségével. Ezeknél a helyesbítéseknél oldalirányban, és a csőemelkedésnél a differenciál útján módosult a találati pont helye. További módosításra volt módja a löelemkezelőknek a töltési késedelem 0–4 másodperc közötti beállításánál is.

Külön egységet képeztek a napi behatásokat önműködően kiküszöbölő részek. Erre azért volt szükség, mert a készülékben elhelyezett ballisztikai testek – amelyek a találati pont löeleteit határozták meg – olyan lőtábla alapján készültek, amelynek adatait bizonyos kezdősebesség, közepes légsúly és szélmentes idő alapján számították ki. A gyakorlatban azonban mindig voltak különbségek a lövegek kezdősebességében, az időjárásban stb. Ezeket az eltéréseket – a lövedék kezdősebességének, a mindenkori légnomásnak, a széljárásnak megfelelően – az ún. behatástestek segítségével korrigálták. Mindezek után nem vé-



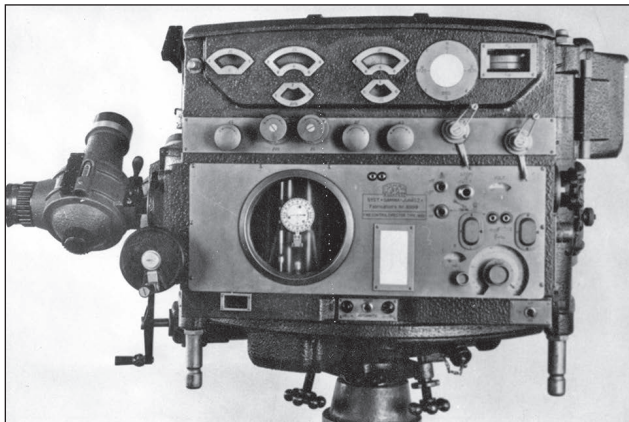


12. ábra. A 34M Gamma–Juhász löelemképző a fejlesztések alapkészülékének tekinthető. A műszert 1938-ban modernizálták (Fotó: a szerző gyűjteményéből)

letlenül, a löelemképzők kezelői számára kiadott utasítás külön kihangsúlyozta, hogy az ütegparancsnok és a kiképzett kezelőkön kívül senki, „még tiszt sem” nyúlhat a bekapcsolt löelemképzőhöz.

Az elkészült és csapatpróbán átesett készülékek közül a 12. ábrán látható 34M löelemképző már a honvédség számára is elfogadható volt, és gyakorlatilag a Magyar Ki-

13. ábra. A legsikeresebb műszer a 34/38M Gamma–Juhász löelemképző volt, amelyet a Magyar Királyi Honvédségen kívül a nemzetközi piacon is nyereségesen értékesítettek (Fotó: a szerző gyűjteményéből)



14. ábra. Vörös János altábornagy látogatása a Gammában (tőle balra Juhász Zoltán, jobbra Juhász István tulajdonos igazgatók) (Fotó: HM HIM, 89983)

rályi Honvédség légvédelmi tüzérségének ez volt az első kiválasztott löelemképzője.

A tüzérek tapasztalatai alapján megfogalmazott javaslatok másik területe a löelemképző ütegen belüli elhelyezését érintette, ugyanis a löelemképző működését a lövegek keltette zaj és rázkódás zavarta. Erre a problémára válaszul született a parallaxis-kiküszöbölő rész, amelyet akkor használtak, amikor a löelemképzőt az ütegtől távolabb helyezték el. A 34/38M löelemképzők ún. célszögkikapcsoló<sup>5</sup> (parallaxis) készüléke lehetővé tette, hogy a műszert a tüzelőállástól maximálisan 500 méter távolsáig telepíthették. A helyesbítéseket a parallaxis részegység önműködően elvégezte, és még azt is figyelembe vette, ha esetleg magasabb vagy alacsonyabb terepszintre kellett a löelemképzőt felállítani.

„A 34/38M löelemképző a 34M löelemképző továbbfejlesztett változata” [13; melléklet 20. o.] volt, azonban a változtatás legfontosabb célkitűzése a hatáskörzet megnövelése volt, amikor is a vízszintes távolság 8200 m-ről 10 200 m-re, a magasság 6000 m-ről 8000 m-re változott, a célsebesség 125 m/sec helyett 150 m/sec-ra emelkedett. A hatáskörzet megnövekedése folytán a léptékek megváltoztak, így például a gyújtót 22 sec helyett 25 sec-ra is be lehetett állítani. A kezelőszerveket is „modernizálták”, és a továbbító motorokat motorfékekkel látták el, továbbá az önműködő kézi kapcsolók helyett markolatgombokat építettek be. A 34/38M löelemképzőket már fűtő- és szárítóberendezéssel is felszerelték.

A 8 cm-es 29M légvédelmi ágyúk háromféle kivitelben készültek, és emiatt a löelemképzőket is rendszeresen módosítani kellett. Kezdetben az egyenáramú jelfogókkal szerelt készülékeket gyártották, majd a Haditechnikai Intézet (HTI) javaslatára helyettük az egyszerűbb és olcsóbb váltóáramúak készültek. Ebből következően az ütegekhez 34eM (egyenáramú) vagy 34vM (váltóáramú) löelemképzők kerültek. A már legyártott, és a légvédelmi ütegek által használatba vett löelemképzőket is rendszeresen korszerűsítették és ennek következtében meg kellett különböztetni a korszerűsített, és a nem korszerűsített változatokat is. Az egyenáramú és váltóáramú változatok mellett pedig külön kellett kezelni a parallaxissal („p” jelzéssel) ellátottakat, továbbá a már teljesen korszerűsítetteket, és a részben korszerűsítetteket. Mindebből következett, hogy a légvédelmi ütegek szervezése és átszervezése a háborús feladatok közepette még ilyen szempontból is komoly figyelmet igényelt. A helyzet némi javulását jelentette az az időszak, amikortól az új ütegeket már új löelemképzővel szerelték fel. Ezek az ütegek a 29/38M megjelölést kapták.

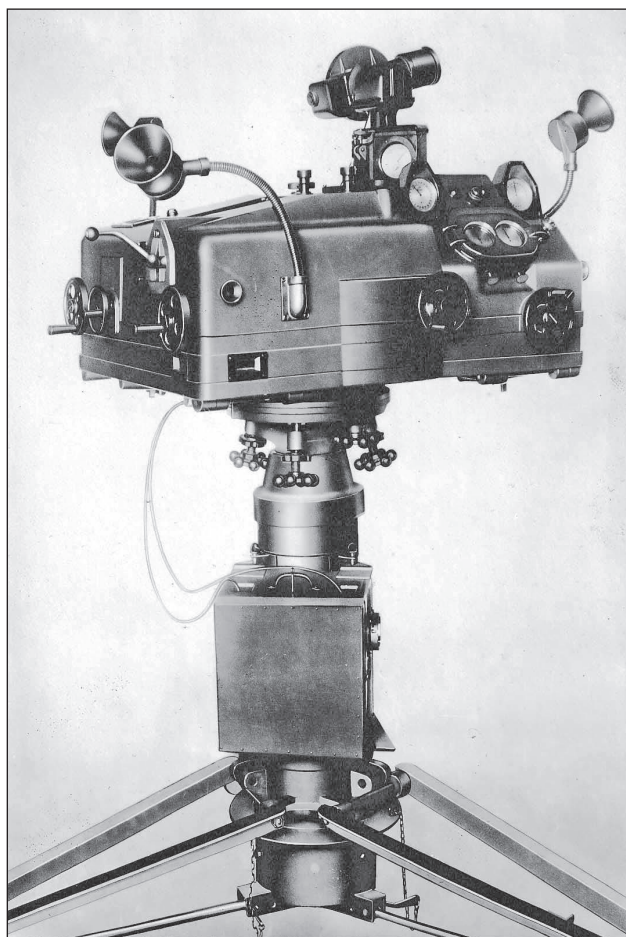


15. ábra. A 34/38M Gamma-Juhász lőelemképzőnek, és a 4 m-es távmérőnek a légvédelmi lövegektől távolabb történő telepítése 1944 novemberében, Szob térségében (Fotó: HM HIM, 94176–39)

### GAMMA-JUHÁSZ FÉLE RÖPIRÁNY- ÉS SEBESSÉGMÉRŐK (CÉLELEMMÉRŐK)

A Gamma-Juhász lőelemképzők nagyon precíz és bonyolult szerkezetű készülékek voltak, és az akkor ismert sebességgel repülő gépek ellen nagyon pontosan kiszámolták a lőelemeket, meghatározták a találati pont koordinátáit. A katonai vezetés felismerte, hogy a 8 cm-es légvédelmi ágyuk mellett légi és földi célok ellen egyaránt használható, mozgékonyabb lövegekre is szükség van. Ennek jegyében vásárolták meg a Bofors cég 40 mm-es légvédelmi gépágyújának licencét. A 36M légvédelmi gépágyú földi és légi célok ellen a későbbiekben is hatékony fegyvernek bizonyult. Ezekhez a gépágyúkhöz újabb műszerekre volt szükség.

A katonai és a Gamma gyár vezetése egyetértett abban, hogy a Gamma-Juhász automatikus lőelemképzőknél ebben az esetben egyszerűbb szerkezetre van szükség. Ennek az elképzelésnek a jegyében készült el elsőként a 16. ábrán is látható, 35M röpirány- és sebességmérő (célelemmérő) készülék, majd az újabb változat, 40M típusjelzéssel. A készülékek a Gamma-Juhász rendszerű, teljesen önműködő lőelemképzők elvi elgondolása alapján készültek, azonban elektromos meghajtások nélkül. Így kézi erővel lehetett beállítani az oldal- és magassági előretartásokat, és a gyújtót. Lényegében az automatikus lőelemképzők célelemmeghatározó rendszerének alapelemeiből épült fel. Itt is a távcsővel folyamatosan követték a célt, és a kézikerekek elforgatásával a segéd lőelemképző megál-



16. ábra. A 35M röpirány- és sebességmérő állványon (Fotó: a szerző gyűjteményéből)

lapította a lőelemeket. Pontosabban a távcső kézikerekének forgatásával a mindenkor magassági szöget határozták meg, a távmérővel mért céltávolságot pedig a másik kézikerekkel állították be.

A célelemmérő sorrendben a következő feladatokat oldotta meg: mértanilag meghatározta a készülékre vonatkoztatott célhelyzetet, kiszámította a találati pont mértani helyét és meghatározta a találati pontra vonatkoztatott lőelemeket. Képes volt közvetlen és közvetett lövés esetén is az oldal- és magassági előretartás és a találati pontra vonatkoztatott gyújtóértékek meghatározására. Ehhez a kezelőknek a cél távolságának vagy magasságának adatait kellett beállítani. A szögtávcsővel követve a célt, lehetőség volt a töltési késedelem, és a vízszintes célsebesség kézi beállítására is. Az adatokat távbeszélőn továbbították a kezelőkhöz.

### A GAMMA-JUHÁSZ LŐELEMKÉPZŐK HÁBORÚ ALATTI FEJLESZTÉSEI ÉS TAPASZTALATAI

A lőelemképzők használatának harctéri tapasztalatait talán úgy lehet a legjobban összefoglalni, hogy „lényeges különbség” volt a keleti arcvonalon és a Budapest bombázásakor végzett tűzharok között. „A keleti arcvonalon támadó repülőgépeknél elégséges volt a 125–130 m/s (450–470 km/h előzetes sebesség) beállítása. A zömmel egyesével repülő vadászbombázók (MiG-1, MiG-3, Il-2, Jak-1), valamint a századkötelékben repülő (Pe-2) bombá-



zók 110–113 m/s sebességtartományon belül és maximum 2500 m magasan támadtak. Az éjszakai bombázást és felderítést végző Po-2 típusú repülőgépek kis sebességgel (maximum 180 km/h) és alacsonyan (maximum 1500 m) repültek. Ez utóbbiak elleni, fényszóróval végzett tűzharconál igen jónak bizonyult a löelemképző világító rendszere.” [2; 113. o.] A háborúban szolgált légvédelmi tüzerek visszaemlékezése szerint a löelemképzők a gyors sebességváltást jól követték, a gyors irányváltásokat azonban már kevésbé. Az előző harceljárástól eltérőek voltak az 1944 nyarán Budapest ellen végrehajtott légitámadások. A nagy magasságon (5000–7500 m) és nagy sebességgel, sűrűn lépcsőzött kötelékben repülő bombázók (~450–500 km/h), valamint a még nagyobb sebességű kísérő vadászok (~600 km/h) ellen nehéz volt a löelemképzővel áthidalni a technikai adatokban meglévő különbségeket. A repülőgépek ebben a nagy magasságban gyorsan áthaladtak az üteg tűzhatásterének felső részén.

A támadó repülőgépek sebességének és magasságának növekedését igyekeztek kompenzálni a 8,8 cm-es lövegek gyártásával, amelyekhez szintén újabb löelemképzőkre volt szükség. Ezekhez már 40M német löelemképzőket használtak, ugyanakkor megtervezték a 40M Gamma-Juhász félautomatikus segédlöelemképzőt, amelyeken a beállítható céltávolságot 9000 m-ről 10 200 m-re, a magasságot 8000 m-re, a lőtávolságot pedig 9000 m-re növelték. A célsebesség 0–170 m/sec között változhatott, amelyhez a gyújtóállítást idejét 30 sec-ra emelték.

A löelemképzők 1930-as évekbeli tervezésekor még nem számoltak a repülőgépek ilyen nagy magasságával és sebességével „A 34/38M löelemképzőnél a röpidő alatti célút 2000 m volt, és a 29M löveg 750 m/s kezdősebességgel kilőtt gránátja kb. 20 sec alatt érte el a 6000 m magasságban és 8000 m távolságban megírányzott célt, amelynek csak 100 m/s (360 km/h) sebességgel volt szabad repülni, különben a röpidő alatti célút túllépte a löelemképző által képezhető legnagyobb időket. A célútkarok rövidsége miatt a műszer nem képezte a megfelelő szorzatokat. A karokat nem lehetett meghosszabbítani, mert forgástengelyük távolsága szerkezetileg adott volt. Ezért a Légvédelmi Erők parancsnoksága 1943 januárban javasolta, hogy a löelemképző léptékét csökkentésük 3/5-ére, bár ez a pontosság rovására megy, ám így az előretartás 2000-ről 3500 m-re növelhető. Az így átalakított műszer a 34/43M jelzést kapta.” [2; 113. o.] Sajnos az eszközt a lokátorhoz nem lehetett csatlakoztatni. A megnövelt paraméterekkel rendelkező műszerekből azonban nem rendeltek, mert az

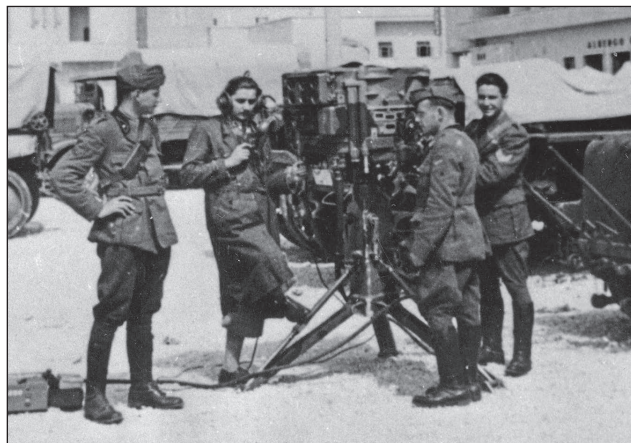
olasz politikai helyzet miatt az olasz szállítások meghiúsultak, ezért a Honvédelmi Minisztérium a Gammánál elfekvő műszerekből rendelt.

„A Légvédelmi Tüzér Központi Iskola ugyanakkor javasolta, hogy vissza kell térni a 29M ágyús üteg kisegítő löeljárásához, a vezényszótábla-rendszerhez, mert a jelenlegi löelemképzővel az üteg még akkor sem képes löni, ha lokátorral szerelik fel. A célelemek tehát megvoltak, a vezényszótáblából a löelemek is kiolvashatóvá váltak, csak még nem jutottak el a lövegek jelfogóihoz. Az elemkövetítésének ezt a hiányzó láncszemét egy új műszer, a jeladó-szekerény pótolta, amely lehetővé tette a folyamatosan megállapított célelemek és a vezényszótáblából kapott löelemek elektromos továbbítását. Beállították rajta a műszertől vagy fülétől kapott céltoldal- és magassági szöveget, a vezényszótáblából a nyert oldal- és magassági előretartást, valamint a gyújtó értékét. A jeladószekerény a beállított adatokat összevont előretartás-értékeké összegezte, és azokat az üteg elemkövetítő berendezése segítségével eljuttatta a lövegekhez. A jeladó a 29M honi ütegek szervezetszerű része lett. A Gammánál kísérletek folytak egy olyan jeladószekerénnyel, mely nappal a központi irányzást is képes volt megoldani.” [2; 127–128. o.] Hasonló kísérletek folytak egy teljesen új felépítésű löelemképzővel is. A visszaemlékezések szerint ez volt a 45M löelemképző, amelyiken a legszembetűnőbb változásként említették, hogy a 4 m-es távmérőt egybeépítették a löelemképzővel. A löelemképzőbe több HTI-szabadalmat is beépítettek, köztük önműködő célkövetőt, zuhanási szög meghatározó tachométert stb. Ennél a készüléknél már 300 m/sec célsebességet érték el, és a célkövetési távolságot 20 000 m-re, a célkövetési magasságot 14 000 m-re tervezték. A lövedék röptartami idejét 30 sec-al számolták. Így értékék a 9000–10 200 m-es célút hosszúságot. Sajnos azonban egy 1943. augusztus 15-i ajánlaton kívül egyéb forrás nem maradt fenn.

A légvédelmi tüzérség harceljárásában a legnagyobb változást a lokátor megjelenése jelentette. Az első tapasztalatokat a német lokátorokkal felszerelt ütegek szolgáltatták, ugyanakkor megindult a magyar fejlesztés is. „1944 őszén a Budakalásztól nyugatra lévő tüzelőállásban szintén egy új feladatot kaptam, a löelemképzőhöz kapcsolt lokátorral kellett a löelemeket kiszámítani és a löeljárást kidolgozni. A lokátort az ütegtől távol állították fel, ezért annak adatait távbeszélőn közvetítették az átszámító készülékhez és annak adatait használta fel a löelemképző. Az eljárás nehézkes volt és a hatékonyságát még rontotta, hogy a telefonon bement adatokból sok hiba keletkezett. Ezzel az eljárással csak két tűzharcot folytattunk.” [10. b]

A lokátorral összekapcsolt Gamma-Juhász löelemképzők tovább fejleszthetőségét egyértelműen bizonyítják a svédországi történések, ahol az 1950-es évekig szolgálatban voltak ilyen ütegek. „Az 1940-es évek közepétől az optikai célkövetést felváltotta a lokátor. Elsőként az Er-2b, majd az ötvenes évektől a PE-07/R típusú tűzvezető radarberendezések szolgáltatták a Gamma-Juhász löelemképző részére a célmozgással és távolsággal kapcsolatos információkat. Ebben az összeállításban a löelemképző távcsöveit már nem használták, az ütegekhez rendszeresített optikai távmérőt csak a radar meghibásodása esetén alkalmazták és tartalék műszerként szerepelt. Az angol gyártmányú PS-23 típusú felderítő radar jelentősen megkönnyítette az ellenséges légi cél korai felismerését. A központi légkörfigyelő szolgálattól kapott meteorológiai adatokkal ez a stabilan telepített rendszer az ötvenes évek derekáig igen jól ellátta a légvédelmi feladatokat. [10. c] „A Gamma-Juhász löelemképzőt a 75 mm-es légvédelmi ütegeknél az

**17. ábra. Magyar löelemképző kezelésére történő kiképzés Olaszországban (Garas Pál felvétele 1942 tavaszán)**





50-es évekig sikeresen alkalmazták Svédországban, amelynek akkor 115 ilyen légvédelmi ütege volt. A löelemképzőket közvetlenül Magyarországról és a svéd Arencó AB cégtől szereztek be. Az Arencó a magyar készülékeket tökéletesítette, de saját készülékeket is előállított licenc alapján. 1939-ben Svédország csak 30 darab ilyen készülékkel, 1945-ben azonban már kb. 130 darab különböző típusú Gamma–Juhász löelemképzővel rendelkezett.” [17]

Magyarországon a háború befejezése után, az akkor már a Gamma Finommechanikai és Optikai Művek Rt. nevet viselő Gamma lényegében befejezte a löelemképzők fejlesztését és gyártását. A cég válsága, majd államosítása, Juhász István háborús bűnösneként történt üldözése lehetetlenné tette az addig szerzett tapasztalatok továbbvitelét. Az 1950-es években a Haditechnikai Intézetben hozzákezdtek az „E” jelzéssel ellátott löelemképzők fejlesztéséhez, majd 1953 végén a kutatást áttették a Gamma Művekbe, ahol biztató eredményeket értek el az „E–2” típusjelzésű készülékkel. Mindez már Juhász István teljes kizárásával történt. Az 1956-os forradalom után a hazai fejlesztést és a gyártást teljesen megszüntették.

## ÖSSZEFOGLALÁS

Megállapítható, hogy a Gamma–Juhász légvédelmi löelemképzők technika- és iptörténetünk büszkeségei, fejlesztésük és gyártásuk komoly műszaki és szervezési munkát igényelt, a finommechanikai és optikai ipar, a precíziós gyártástechnológia hazai meghonosodása nagyrészt éppen e terméknek köszönhető. Juhász István és a Gamma gyár által bejegyeztetett szabadalmak a magyar mérnökök és a magyar hadiipar nemzetközi elismertségét növelték, és a Honvédelmi Minisztérium vezetése ezt felismerve és elismerve 2021-ben az Ágazati Értéktárba emelte a Gamma Juhász löelemképzőket.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Cavallier József dr. és vitéz Frankó József szerkesztette Új Univerzum 2. szám. vitéz Ungváry Béla: Légvédelmi Tüzérség. c. írása. Bp., é.n. Franklin – Társulat. p. 162.
- [2] Dr. Varga József alezredes: Légvédelmi tüzérség története a kezdetektől a második világháború végéig. Magyar Honvédség Légvédelmi Rakéta- és Tüzérfőnökség kiadványa. 1996. p. 113.
- [3] Honvédségi Közlöny 1928. augusztus 1. számában megjelent a HM 8500/eln. 1. 1928. sz. körrendelet, a m. kir. Honvédség szervezetének és felépítéséről
- [4] Dr. Barcy Zoltán-Sárhídi Gyula: A Boforstól a Dóráig. Petit Real Könyvkiadó. Bp. 2008. p. 24. ISBN: 9789639267398
- [5] Valóság - 57. évf. 5. sz. (2014. május): Kövendy Katalin: Vitéz Ungváry Béla gépészmérnök és a Gamma–Juhász rendszerű löelemképző. p. 39. ISSN: 2062-8900 [http://epa.oszk.hu/02900/02924/00017/pdf/EPA02924\\_valóság\\_2014\\_5\\_034-047.pdf](http://epa.oszk.hu/02900/02924/00017/pdf/EPA02924_valóság_2014_5_034-047.pdf) (Letöltés ideje: 2021. szeptember 20.)
- [6] Kéler Tasziló százados 103463. számú. – XIX/c. osztály. szabadalmi leírása: Készülék mozgó célok löelegeinek meghatározására. A bejelentés napja 1930. évi június hó 3-ika.
- [7] Szabó Sándor fiának Szabó Györgynek 1994. október 18-án a szerzőhöz írt levele

- [8] Miklauzič István: Gamma-Juhász löelemképző. Hármass együtt állás a Földön. Szerző, cop. Budapest, 2017. (Mécse sorozat ; 1.) ISBN 978 963 12 9553 5 <https://mek.oszk.hu/17300/17320/17320.pdf> (Letöltés ideje: 2021. 07. 13.)
- [9] SzTNH: Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt. Budapest 95843 számú szabadalmi leírás: Háromszögfeloldó készülék, különösen tüzérségi célokra.
- [10] SzTNH: 1930. október 14-én Juhász István, vállalati igazgató 108535 sz. bejelentése: „Szerkezet mozgó tárgyak mozgásirányának és sebességének meghatározására” c. szabadalma. Alapszám: J 3022
- [11] Dr. Varga József (szerk.): Juhász István hagyatéka. Bp. Petit Real Kiadó, 1994. ISBN: 9638102063
- [11. b] Horváth Endre légvédelmi tüzér ütegarancsnok visszaemlékezése: A gyakorlati és harctéri tapasztalatok. Juhász István hagyatéka
- [11. c] Erik Albertsson: Gamma-Juhász löelemképző Svédországban. Juhász István hagyatéka p. 62.
- [12] Gamma-Juhász 1931.M löelemképző műszaki leírása. Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt. Bp. 1931. p. 1.
- [13] Dr. Varga József alezredes: A löelemképző, mint a finommechanika remeke, a számítógépek előfutára. Haditechnika-történeti és katonatorvoslás-történeti konferencia. Kiadja: Haditechnikatörténeti Társaság Bp. 2000. ISBN: 963-00-8452-X p. 122.
- [14] Tavasz István és Pöhlössy Béla: A Gamma-Juhász légvédelmi löelemképző tansegédlet. Gamma Rt. Kiadása 1940. p. 38.
- [15] A Gamma-Juhász löelemképző tansegédlet, Bp. 1940.
- [16] Dr. Laczik Bálint: A Gamma-Juhász légvédelmi löelemképző Technikatörténeti szemle 20. Országos Műszaki Múzeum, Budapest, 1993. ISSN 0497-066X pp. 17–37.
- [17] Bofors cég kiadványa az svédországi, (Karlsborg) 1932. augusztus 9–11. közötti bemutatóról (BERICHT, über Vorführungen und Schiessversuche in Bofors und Karlsborg mit Bofors 76,2 mm Feldluftabwehrkanone L/50, 6,5/750 und Feuerleitgärat „Typ „Gamma” vom 9, bis 11. August 1932.)

## JEGYZETEK

- 1 1922–1931 Süss Nándor-féle Precíziós Mechanikai és Optikai Intézet Rt., 1931–1938 Süss Nándor Finommechanikai és Optikai Rt., 1951. Magyar Optikai Művek Rt.
- 2 Gamma Műszaki Rt., 1923-tól Gamma Finommechanikai Gépek és Készülékek Gyára Rt., 1939-től Gamma Finommechanikai és Optikai Művek Rt. A II. világháború után több átszervezés és profilátrendezés után Gamma Művek.
- 3 Juhász Istvánon kívül a teljesség igénye nélkül meg kell említeni Vigh Tibor műszaki igazgatót, Barabás Jánost, Bíró Ferenc főmérnököt, Csákváry Jánost, Erdélyi József termelési főnököt, Fiala Józsefet, Mészáros Józsefet, Nagy Dezsőt (HTI), Pöhlössy Bélát, Szigeti Mihályt, Ungváry Bélát, dr. Nagy Artúr hadmérnökkari őrnagyot (HTI), Szikra Józsefet, a szerkesztés vezetőjét, és Halász Károlyt a műszerrészleg vezetőjét, valamint Tavasz Istvánt is.
- 4 Giulio Douhet (1869–1930), olasz hadtudós légiuralomról szóló elmélete.
- 5 Dr. Nagy Artúr hadmérnökkari őrnagy (HTI) elgondolása szerint került sor a löelemképző behatásküszöbölő megépítésére.

1. ábra. A hannoveri repülőmúzeumban (Luftfahrt-Museum Laatzen-Hannover eV.) kiállított Horvath III./C Fecske replika (Fotó: Kelecsényi István)



Druzsín József\*

## Horváth Ernő repülőgép-konstruktőr, aviatikus

A hazai repülés története visszanyúlik az emberiség motoros repülésének kezdeteihez. Blériot<sup>1</sup>, sikereit követően számos országban megfordult, hogy bemutassa tudományát és népszerűsítse a repülést, amelyet még a tudományos közvélemény is sokáig komolytalan, nyaktörő virtuskodásnak tartott. Ebben a nem kimondottan hízelgő gondolatban annyi igazság biztosan volt, hogy az első aviatikusok között csak kevés képzett műszaki szakembert találhatunk. Többségük lelkes amatőr volt csupán, akik között a kerékpárszerelőtől a gyógyszerészig, az ügyvédől a lakatosmesterig számos szakma képviseltette magát. Ennek ellenére, az ő kezdeti tapasztalataik alapozták meg a későbbi sikereket és a repülés tudományának hazai kibontakozását.

Horváth Ernő Horváth Gyula orvos és Braunwarth Gizella fiaként született Budapesten, 1883. november 11-én. 1908-ban szerzett matematika-fizika szakos középiskolai tanári oklevelet, és még abban az évben engedélyt kért a fővárostól, hogy a gellérthegyi Citadellán Lilienthal<sup>2</sup> mintájára siklórepülő építhessen, de válasza sem méltatták. Amint dr. Kutassy Ágoston<sup>3</sup> megkezdte tevékenységét Rákosmezőn, Horváth mindennapos látogató lett a kezdetleges repülőtéren. Ott ismerkedett meg egy gazdag sertés-kereskedővel, aki egy Blériot-gépet szeretett volna vásárolni Franciaországban. Az ő kíséretében Horváth végigjárta a repülőkísérletek franciaországi helyszíneit. A látottak alapján a kereskedő felkérte, hogy Magyarországon építsen számára egy megfelelő gépet. A matematika-fizika

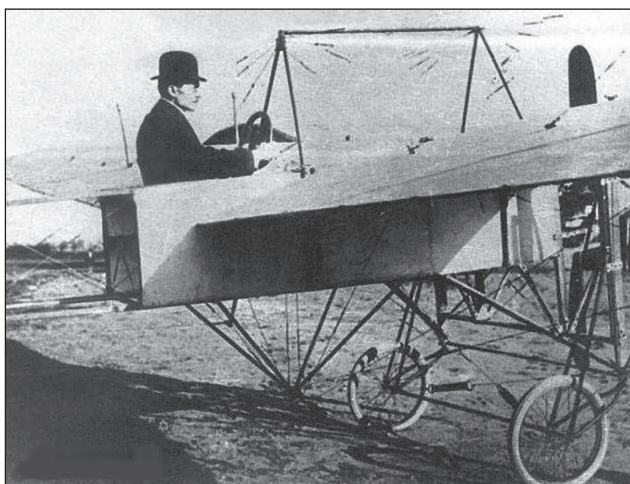
**ÖSSZEFOGLALÁS:** A magyar motoros repülés aviatikusainak küzdelmes életét a repülés iránti feltétlen lelkesedés hajtotta. Horváth Ernő repülőgép-konstruktőr pályájának felidézése, a technikatörténeti érdekességek és a kevésbé ismert életrajzi adatok említése mellett a szerző célja rávilágítani arra az elkötelezettségre és alázatára, amely konstruktőrök, pilóták, tudósok és katonák közös vonása volt a magyar repülés kezdeti korszakában.

**KULCSSZAVAK:** Horváth Ernő, Rákosmező, Prodam Guido, Fecske, Repülő Kísérleti Intézet

**ABSTRACT:** The struggling life of Hungarian aviators was driven by an enthusiasm: the unconditional love of flying. In addition to recalling the biography of aircraft designer Ernő Horváth, mentioning technical historical curiosities and little-known biographical data, the author aims to shed light on the commitment and humility that was a common feature of designers, pilots, scientists and soldiers at the beginning of the Hungarian aviation era.

**KEY WORDS:** Horváth Ernő, Rákosmező, Prodam Guido, Fecske, Repülő Kísérleti Intézet

\* Druzsín József örnagy, MSc, Haditechnika folyóirat, katonai szerkesztő. ORCID 0000-0002-2971-1805



2. ábra. Horváth Ernő aviatikus kezdetben maga vezette a Horváth I. repülőgépet [3]

szakos tanár így a rendelkezésére álló, kezdetleges aerodinamikai könyvekből képezte magát, hogy a repülés elméleti alapjait is megismerje. Mire a Blériot-éhoz hasonló konstrukciót megalkotta, a megrendelő elvesztette vagyonát. Az elkészült gép így Horváth tulajdonában maradt, aki megtanulta a repülőgépvezetést és gépét maga kormányozta. [1]

Megjelenését tekintve Horváth igazi tanár volt, mindig fehér, keményített gallérú ingben, nyakkendőben és keménykalapban mutatkozott. Ellentétben sok más aviatikus társával, akik jó mechanikai érzékükre és kerékpár- vagy automobilszerelői képességeikre alapoztak, Horváth tanár úr komoly számításokat végezve készítette tervrajzait. 1910 májusában lezuhant, és a gép is megsérült, de a júniusi Nemzetközi Repülőversenyen már ugyanazzal a géppel nyerte el az I. helyezést járó 7500 frankot [2]. Nyeremények azonban csak ritkán adódtak. A létfenntartáshoz, az építés költségeihez és esetleg alkalmazottak (szerelők, pilóták) fizetéséhez a legtöbb aviatikus saját vagyonát emésztette fel, később pedig inkább a szájától vonta meg a falatot, csak repülhessen.

A repülés hazai bölcsője a Rákosmezőnek nevezett lovassági gyakorlótér volt (a mai Éles sarok – Fehér út – Kerepesi út – Keresztúri út által határolt terület). Ott alakult ki a fából épült, kezdetleges hangárvaros, ugyancsak ott történt a gépek tervezése, és a többnyire önerős építés is a gyakorlótéren indult. Horváth az elsők között telepedett meg a repülőtéren, a 10. számú hangárban. Repülőgéptervezőként több, a kor színvonalán álló, mintegy 25 000 korona értékű monoplánt (egyfedelű repülőgépet) tervezett, illetve saját vagyonából – diákjai segítségével – épített. Repülőgépvezetőként az országban több repülőnapon propagálta a repülést, noha rossz látása miatt 7,5 dioptriás szemüveg viselésére kényszerült. (2. ábra) A baleseteket azonban főként műszaki problémák – a zongorahúrból készült szárnyfeszítő kábelek szakadása, a futómű kerekének elakadása a homokos felszállómezőn, és a motorok hibái – okozták. A repülőgép-konstrukciók ekkor még nem voltak kiforrottak, így a tanár úr a Horváth I. típusú gépet a tapasztalatok alapján többször is áttervezte, módosította. A repülőgép, modellkísérletek alapján először delta alakú vezérsíkkal készült, a gyakorlatban mégsem vált be. Az I-es széria gépeit három változatban készítette el, és a függőleges vezérsíkra írt arab számmal különböztette meg azokat. Az 1. változat 7,8 m hosszú, nem vásznazott, rácsszerkezetű törzse alatt Blériot-rendszerű futómű helyezkedett el, erőforrásként pedig egy 25 LE-s Anzani-motor

szolgált. A 2. változat törzse 8,5 m volt, a 3. pedig ismét rövidebb törzssel, de nagyobb vízszintes vezérsíkkal rendelkezett. Már az első változatú, Horváth I. elnevezésű géppel (1. táblázat) az 1910. június 5–15. közötti II. budapesti nemzetközi repülőversenyen a magyar gépek kategóriájában Magyar Nemzeti Díjat nyert. [4]

Az I. sorozat gépeivel tanult meg repülni a fiumei gyógyszerészből lett aviatikus, Prodam Guido, valamint Fekete-Eörs Oszkár és Sohár Sándor is. [5]

Horváth Ernő saját gépeit kezdetben maga vezette, de miután 1910. október 25-én súlyos repülőbaleset szenvedett, pilótaként a repülésről örökre le kellett mondania. A repülőgépvezetés veszélyes feladatára a későbbiekben képzett pilótákat alkalmazott [1; 12. o.]. (3. ábra)

1. táblázat. A Horváth I. monoplán főbb műszaki adatai (A szerző szerkesztése az [1] alapján)

Fesztávolság	9,5 m
Törzshosszúság	7,8–8,5 m
Üres tömeg	200–220 kg
Maximális sebesség	55 km/h
Motor	25 LE-s Anzani 3 hengeres, léghűtéses

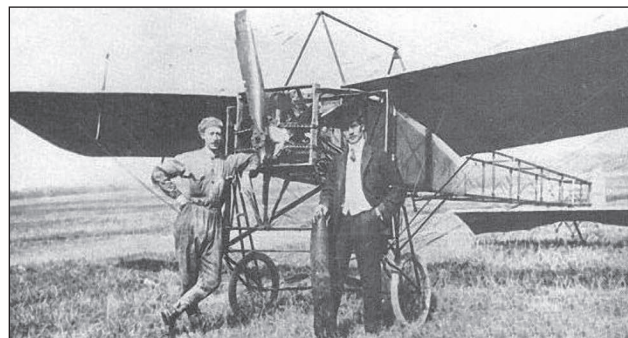
1911-ben Horváth tanár úr kifejezetten pilótaoktatás céljára, az I-es széria Anzani-motorjához, Horváth II. néven új sárkányt tervezett. A repülőgép fesztávolsága 11 m, hosszúsága 8 m volt. A trapéz formában keskenyedő szárnyú és már zárt, azaz vásznazott törzsű változaton tanult repülni Weber Károly és Vizi István is [5].

A repülőbemutatók hírére kíváncsi nézők tömegei látogattak ki a Fehér úti repülőtérré. 1911 nyarán Rákoson több szerencsétlen kimenetelű repülőesemény is történt, amelyek oka többek között az efféle látványossághoz nem szokott nézőközönség fegyelmezetlensége volt.

Műszaki problémákból sem volt hiány: 1911 augusztusában az 500 koronás Sacelláry-díjért Prodam Guido is versenybe szállt, de repülés közben a motorja leállt, a gép dugóhúzóba esett és lezuhant. Prodam túlélte a zuhanást, de a gép megsemmisült.

1911 nyarán Horváth Ernő állami támogatásként egy 35 LE-s Daimler motort kapott. E köré konstruálta a III. számú gépet, amelynek egyes változatai szintén fejlődő ívű sorozatot alkottak. (2. táblázat) A repülések során szerzett tapasztalatok alapján Horváth folyamatosan továbbfejlesztette a gépeit, így a III. sorozatnak is három változata ismert (A, B, C) [1].

3. ábra. Légszavartörés a Horváth II. gépen. Előtérben Horváth Ernő konstruktor (jobbról) és Prodam Guido pilóta [6]



A legmodernebb szárnyszerkezeteket alkalmazta, hiszen az enyhén trapéz alakú, kifelé csökkenően ívelt szárnyak és a felszárnyak végén alkalmazott, sugaras bordázattal elcsavart lekerekítés igen jó hatásfokú és stabilitású, kis indukált ellenállású szárnyat eredményezett. [5]

**2. táblázat. A Horváth III./A monoplán főbb műszaki adatai**  
(A szerző szerkesztése az [1] alapján)

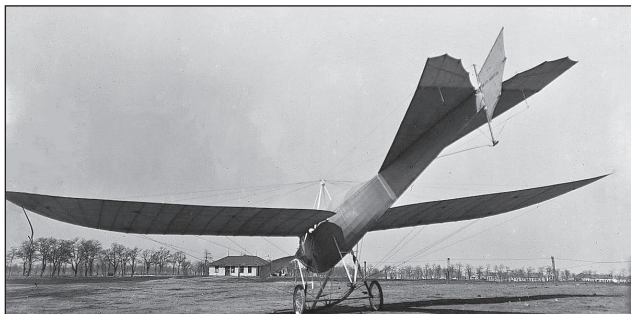
<b>Fesztávolság</b>	11,48 m
<b>Törzshosszúság</b>	8 m
<b>Üres tömeg</b>	260 kg
<b>Maximális sebesség</b>	110 km/h
<b>Motor</b>	35 LE-s Daimler 4 hengeres, vízhűtéses

Novemberben Prodam Guido a Horváth III. monoplánnal Rákosmezőről felszállva észak felé indult, majd a Duna felett repülve megkerülte Pestet. Ezt a 12 perces repülést a korabeli sajtó „istenkísértő merészség”-nek minősítette. Viszonyításként szolgálhat, hogy néhány nappal később, Prodam Rákosról Maglódra (4. ábra), a mintegy 20 km-es utat akkor 16 perc repüléssel tette meg. [1; 93–94. o.] Az év végén a gépet Prodam szülővárosába, Fiumébe szállították, ahol december 10-én 15 000 főnyi közönség szeme láttára átrepülte vele a Quarneró-öblöt. (5. ábra)

1912. január 12-én Prodam Guido – a Horváth III./A monoplánnal – sikeres pilótavizsgát tett, és megszerezte Magyarországon az 5. számú pilótaigazolványt. A hatóságok egyre kevésbé nézték jó szemmel az aviatikusok lelkes próbálkozásait, különösen akkor, ha az balesettel végződött. Az 1910-es évek elejétől kezdték a repülési engedélyt pilótavizsgálathoz kötni. Az általában 20–50 m magasan végzett látványos repülőprodukciók helyett abban az időben már 400 m-es magassági rekordok is születtek. Prodam az eredményeken felbuzdulva néhány nap múlva megkísérelte átrepülni az 1036 méter magas Monte Maggiore hegyet Itáliában, de a rossz időjárás miatt az Adriai-tengerbe zuhant. A pilótát a halászkok kimentették, de a gép elmerült. A repülés jelentősége mégis vitathatatlan, hiszen Abbázia felett, 800 m magasból akkor dobta le Prodam az első magyar légiposta küldeményt [1; 96.o.]. Híressé vált repülőgépet később a Közlekedési Múzeum megvásárolta és repüléstörténeti emlékként 1913-tól közszemlére állította. [5]

Az Osztrák–Magyar Monarchia légjáró csapatainak katonai repülőgépek tervezésére kiírt pályázatán Horváth Ernő egy 70 LE-s Austro-Daimler motort nyert, amelyhez 1912 nyarán megépítette a négyoszloptos törzskeresztmetszetű,

**4. ábra. A Horváth III./A repülőgép, amellyel Prodam Guido 1911 novemberében Budapest felett repült, majd 1912-ben Fiuménél a tengerbe zuhant [7]**



keskenyedő szárnyformájú, Horváth III./C jelű, akkor leggyorsabbnak számító (3. táblázat), kétüléses katonai repülőgépet. Lányi Antal „Az Est” nevű gépe után ez a konstrukció volt a Rákosmező második hadirepülőgépe [9]. A nagybányai repülőbemutatón szerzett sérülései miatt, a gépet nem Prodam, hanem Dobos István és Kvasz András repülték.

**3. táblázat. A Horváth III./ C monoplán főbb műszaki adatai**  
(A szerző szerkesztése az [1] alapján)

<b>Fesztávolság</b>	12 m
<b>Törzshosszúság</b>	9 m
<b>Üres tömeg</b>	420 kg
<b>Maximális sebesség</b>	110 km/h
<b>Motor</b>	70 LE-s Daimler 4 hengeres, vízhűtéses

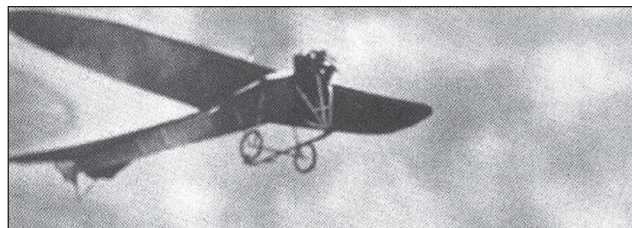
1912. november 12-én Kvasz is körbe akarta repülni Pestet, de gépének motorja meghibásodott, ezért az Erzsébet-hídnál a Duna vizére hajtott végre kényszerleszállást. Kvaszt és a gépet is kimentették, sőt a repülőgép javítható maradt [9]. A Fecske névre keresztelt Horváth III./C monoplán hiába bizonyított, sorozatgyártásba soha nem került. Az egymásnak ellentmondó források szerint ez a gép (is) a Közlekedési Múzeumba került, és a II. világháború bombázásai során pusztult el. [1] [5]. A gép másolata 1983-óta a budapesti Fórum Hotel (korábban: Atrium Hyatt Budapest) lobbyját díszítette. A repülőszerkezet szimbolizálta, hogy a szálloda egyik tulajdonosa a magyar nemzeti légitársaság, a Malév volt.

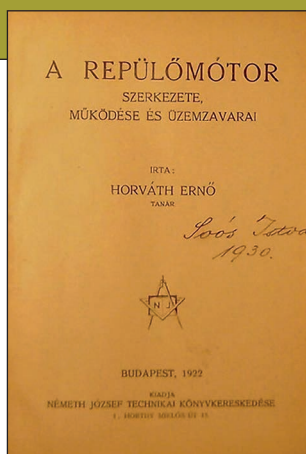
Horváth Ernő ezután már nem épített több repülőgépet, 1913 tavaszán visszavonult. Az anyagilag megrendült aviatikai vállalkozást Prodam Guido vette át [1; 30. o.]. Horváth önként jelentkezett katonának, 1915-ben tartalékos főhadnagyként a „repülőgépmotorok” elnevezésű tantárgyat oktatta a Petróczy István által vezetett bécsújhelyi repülő-tiszti iskolában.

Életének első társa 1909–1920 között Ulbrich Ilona Eleonóra Lujza volt, de 1924-ben újra nősült és haláláig második feleségével, Pédery Klára Annával élt. [10]

1922-ben jelent meg *A repülőmotor szerkezete, működése és üzemzavarai* című könyve (6. ábra), majd ismét matematika–fizika szakos tanárként oktatta a fiatalokat a Budapesten, a VIII. kerületi Horánszky utcai gimnáziumban. Az 1940-es években a légierő szolgálatába lépve Székesfehérváron, majd Csepelen, a Repülő Kísérleti Intézetben dolgozott. A Repülő Kísérleti Intézetet a Weiss Manfréd Részvénytársaság gyári repülőterén kapott elhelyezést, és a Magyar Királyi Légierő repülőgép-minősítő szervezete volt. A konstruktor 1943. január 3-án hunyt el, sírja a Fiumei úti sírkert 49. parcellájában található<sup>4</sup>.

**5. ábra. A Horváth III. monoplán Prodam Guido pilótával a fedélzetén Fiume felett, 1911-ben [8]**





6. ábra. A Horváth Ernő által 1922-ben írt tankönyv, „A repülőmotor szerkezete, működése és üzemzavarai” címlapja [11]

Horváth Ernő gépeit változó görbületű és hajlásszögű szárnyakkal építette, amellyel jó oldal- és hosszstabilitást, valamint siklóképesességet ért el. Magyarországon elsőként foglalkozott azzal a problémával, hogyan lehetne a repülőgépek magassági és oldalkormányát egyetlen, univerzális kormányval helyettesíteni. Zsélyi Aladár<sup>5</sup> mellett a tudományos alapon kísérletező, legtermékenyebb aviatikus volt [12].

A Horváth III./C Fecske replikája 1992–93-ban készült Farkashegyen, a MÉM Repülőgépes Szolgálat Oktatóbázisán az Old Timer Alapítvány közreműködésével, amely azóta a Luftfahrt-Museum Laatzen-Hannover e.V. repüléstörténeti gyűjteményében hirdeti a magyar repülés hőskörének dicsőségét. (1. ábra)

Horváth Ernő nevét ma Budapesten, Rákoshegyen, a XVII. kerületi Helikopter lakóparkban utca őrzi.

A Horváth III./C repülőgépet magyar bélyegen is megörökítették<sup>6</sup>. 1967-ben Vertel József tervezett a Nemzetközi Légipostabélyeg-kiállítás alkalmából Aerofila I. néven, réz és ofszetnyomással készített, négy értékből álló sorozatot és blokkot. A Horváth-féle monoplán az összefüggő, csíkban és blokkban forgalmazott sorozat harmadik bélyegén kapott helyet.

## ÖSSZEGRZÉS

A repülés hazai bölcsőjének egy – Kőbánya peremén található – lovassági gyakorlóter, a Rákosi-réteknek nevezett terület tekinthető. A kezdetleges hangár városban számos ügyeskezű mesterember, kalandvágyó ifjú és néhány szakember fogott a repülőgépek tervezésébe és építésébe – többnyire saját zsebből finanszírozva a bizonytalan kimenetelű munkákat. Horváth tanár úr diákjai segítségével, saját vagyonából építette meg az első, korának műszaki színvonalán álló egyfedelű repülőgépét. Horváth Ernő modellkísérletek alapján próbálta ki elképzeléseit, és repülőgépét a tapasztalatai alapján többször is áttervezte. Gépeivel számos rekordot állított fel, és több nemzetközi repülőversenyen díjat is nyert. Elsőként foglalkozott Magyarországon a repülőgépek magassági és oldalkormányát egyesítő, univerzális kormányval. Ő volt a kevés számú tudományos alapon kísérletező aviatikus közül a legtermékenyebb. Az első világháború alatt tartalékos főhadnagyként a „repülőgépmotorok” tantárgyat oktatta a bécsújhelyi repülőtisztis iskolában, sőt a témában tankönyvet is írt. Az 1940-es években a légierő szolgálatába lépve Székesfehérváron, majd Csepelen, a Repülő Kísérleti Intézetben kamatoztatta tudását.

## HIVATKOZT IRODALOM

[1] Dalia László. *Repülő emberek*. Budapest: Sportpropaganda Vállalat, 1987. ISBN 963754383X;

- [2] Samu Ferenc: A „rákosmenti repülők” rövid életrajzai [https://web.archive.org/web/20120129221501/http://rakosmente.hu/Rakosmente/Keruletunk\\_tortenete/Rakosmenti\\_repulok.aspx](https://web.archive.org/web/20120129221501/http://rakosmente.hu/Rakosmente/Keruletunk_tortenete/Rakosmenti_repulok.aspx) (Letöltés: 2021.6.30.);
- [3] Forrás: Horváth Ernő aviatikus kezdetben maga vezette a Horváth I. repülőgépet Winkler archiv 1910. <https://kepesrepules.wordpress.com/2013/09/30/evfordulok-2013-oktober/> (Letöltés: 2021.6.30.);
- [4] *Repülési lexikon I. kötet*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1991. ISBN 9630562081;
- [5] Csanádi Norbert, Nagyvárad Sándor, Winkler László. *A magyar repülés története* Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1973. pp. 22–23. ISBN 9631006301;
- [6] Forrás: Légcsavartörés a Horváth II. gépen. Előterében Horváth Ernő konstruktőr és Prodam Guido pilóta Winkler archiv [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horv%C3%A1th\\_II.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horv%C3%A1th_II.jpg) (Letöltés: 2021.6.30.);
- [7] Forrás: Fortepan / Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum / Archivum / Negatívár / Weber Károlyné gyűjteménye. Fortepan/132520 [https://download.fortepan.hu/\\_photo/download/fortepan\\_132520.jpg](https://download.fortepan.hu/_photo/download/fortepan_132520.jpg) (Letöltés: 2021.6.30.);
- [8] Forrás: Horváth III. monoplán Fiume felett. A pilóta Prodam Guido 1911. a Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum tulajdona, leltári szám: MMKM TFGY 3977;
- [9] Nagyvárad Sándor, M. Szabó Miklós, Winkler László. *Fejezetek a magyar katonai repülés történetéből*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1986. pp. 24–25. ISBN 9631066959;
- [10] Házasságkötési bejegyzése a Budapest VII. kerületi polgári házassági akv. 902/1909. folyószám. Házasságkötési bejegyzése a Budapest VIII. kerületi polgári házassági akv. 809/1924. folyószám;
- [11] Forrás: Horváth Ernő: A repülőmotor tankönyv címlapja [https://bookline.hu/product/home.action?v=Horvath\\_Erno\\_A\\_repulomotor\\_szerkezete\\_&type=20&id=79348](https://bookline.hu/product/home.action?v=Horvath_Erno_A_repulomotor_szerkezete_&type=20&id=79348) (Letöltés: 2021.6.30.);
- [12] HÁRMASHATÁRHEGYI SPORTREPÜLÉSÉRT ALAPÍTVÁNY. A „rákosmenti repülők” rövid életrajzai. <http://www.harmashatarhegy.hupont.hu/68/rakosmenti-repulok> (Letöltés: 2021.6.30.).

## JEGYZETEK

- 1 Louis Blériot francia mérnök, konstruktőr, pilóta. (Cambrai, 1872. július 1. – Párizs, 1936. augusztus 2.) 1909. július 13-án repülőgépeivel megtette az Étampes és Chevilley közötti 42 kilométeres utat, ami jóval több, mint a csatorna Calais és Dover közötti 33 km-es szélessége. Ez a repülése egy csapásra híressé tette.
- 2 Otto Lilienthal (Anklam, Pomeránia, 1848. május 23. – Berlin, 1896. augusztus 10.) német repülőgépmérnök, feltaláló, pilóta. A madarak repülését utánzó siklórepülőket tervezett és készített.
- 3 Dr. Kutassy Ágoston (Budapest, 1879. augusztus 17. – Berlin, 1932. augusztus 20.) magyar köztisztviselő, repülőgép-pilóta, a motoros repülés első aktivistája. Az első magyar, aki repülőgéppel felszállt a levegőbe, és felavatta az első repülőteret.
- 4 Horváth Ernő sírhelyének száma: 49-2-57.
- 5 Zsélyi Aladár (Koch Aladár) magyar gépészmérnök, repülőgép-tervező; jelentős tudományos és publikációs tevékenységet fejtett ki, ő volt a magyar repülési szakirodalom megalapítója. (Csalár, 1883. december 12. – Budapest, 1914. július 1.).
- 6 A Vertel József által tervezett bélyeg katalógus sorszáma: 2363, 2365c.

## CONTENTS

## STUDIES

The artificial intelligence and the armed forces – The development history of artificial intelligence, Part 2	2
The 5,56 mm CZ BREN 2 assault rifle. Certain modulation solution of 5th generation wired and wireless networks, Part 2	7
Possible use of mini drones in EOD operations	13
Peculiarities of the power supply of modern combat vehicles – <i>Additional power supply in the newly acquired combat vehicles of the Hungarian Defence Forces</i> , Part 1	18
	24

## INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

India's military nuclear program, the process of building the strategy trinity, Part 1	29
--	----

## SPACE ACTIVITIES

The Gamma-Ray Bursts Spatial Distribution	35
---	----

## DOMESTIC SURVEY

The Polaris MRZR ultralight tactical vehicles of the HDF	39
Influencing factors of vehicle motion on terrain, Part 3 – <i>The rolling resistance and cylinder tension resulting from the linkage of the running gears and the ground</i>	45
New possibilities of military application of containers, Part 2	49

## MILTECH HISTORY

The history of the development of the V2 tank engine family, Part 1	57
The GAMMA-Juhász mechanical anti-aircraft gun computer	62
Ernő Horváth, an airplane constructor and aviator	72

## INHALTVERZEICHNIS

## STUDIEN

Künstliche Intelligenz und Kriegsmacht – Die Geschichte der Entwicklung der künstlichen Intelligenz Teil II.	2
Das Sturmgewehr vom Kaliber 5,56 mm "CZ BREN 2"	7
Einige Modulationslösungen für drahtgebundene und drahtlose Netzwerke der fünften Generation Teil II.	13
Mögliche Anwendung von Minidrohnen bei Feuerwerkereinsätzen	18
Besonderheiten der Energieversorgung moderner Kampffahrzeuge, Teil I. <i>Zusätzliche Stromversorgung in den neu erworbenen Kampffahrzeugen der ungarischen Streitkräfte</i>	24

## INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Indiens militärisches Nuklearprogramm, der Prozess des Aufbaus einer militärischen Triade, Teil I.	29
--	----

## RAUMFAHRTTECHNIK

Räumliche Verteilung von Gammastrahlenausbrüchen	35
--	----

## HEIMATSCHAU

Die neuen ultraleichten taktischen Fahrzeuge "Polaris MRZR" der Ungarischen Armee	39
Einflussfaktoren auf die Bewegung von Geländefahrzeugen – Rollwiderstand und Umfangskraft bezogen auf die Lauffläche, Teil III. <i>Das Feldteilnetz des ungarischen Armee erhielt eine neue Fähigkeit</i>	45
Neue Möglichkeiten für den militärischen Einsatz von Containern, Teil II.	49

## GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Die Geschichte der Entwicklung der Panzermotorfamilie "V2", Teil I.	57
Die Feuerleitgeräte von Gamma-Juhász-System	62
Ernő Horváth, Flugzeugkonstrukteur und Aviatiker	72

**A címképünkön:** A Polaris MRZR-4 típusú ultrakönnyű taktikai jármű (Fotó: Baranyai László)

**Borító 2:** Fent: Fekvő tüzelési testhelyzet gyakorlása CZ Bren 2 gépkarabéllyal

Lent: A CZ Bren 2 fegyver és kiegészítő hordójában (Fotók: Merckle Bálint)

**Borító 3:** A Gamma-Juhász lövelemképzőből közel húsz változatban, több mint 1000 darab készült és 16 országba szállították. A Magyar Királyi Honvédségben a 34M és a 34/38M típusú lövelemképzőket használták (Fotók: Köhler Ferenc és Dr. Varga József gyűjtése)

**Poszter: Polaris MRZR-4 típusú ultrakönnyű taktikai jármű** (Fotó: HM Zrínyi Nonprofit Kft.)  
(A típus főbb harcászati-műszaki adatait tartalmazó táblázatot a 41. oldalon közöljük.)

## 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](http://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@hm.gov.hu](mailto:haditechnika@hm.gov.hu) e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkeit 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 Budapest II., Fillér u. 14.

Levél cím: 1276 Budapest 22, Pf. 85 telefon/fax: 212-4540

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

Lira Könyvárúhá, Récsei Center  
1146 Bp., Istvánmezei út 6.,  
telefon: 411-1543

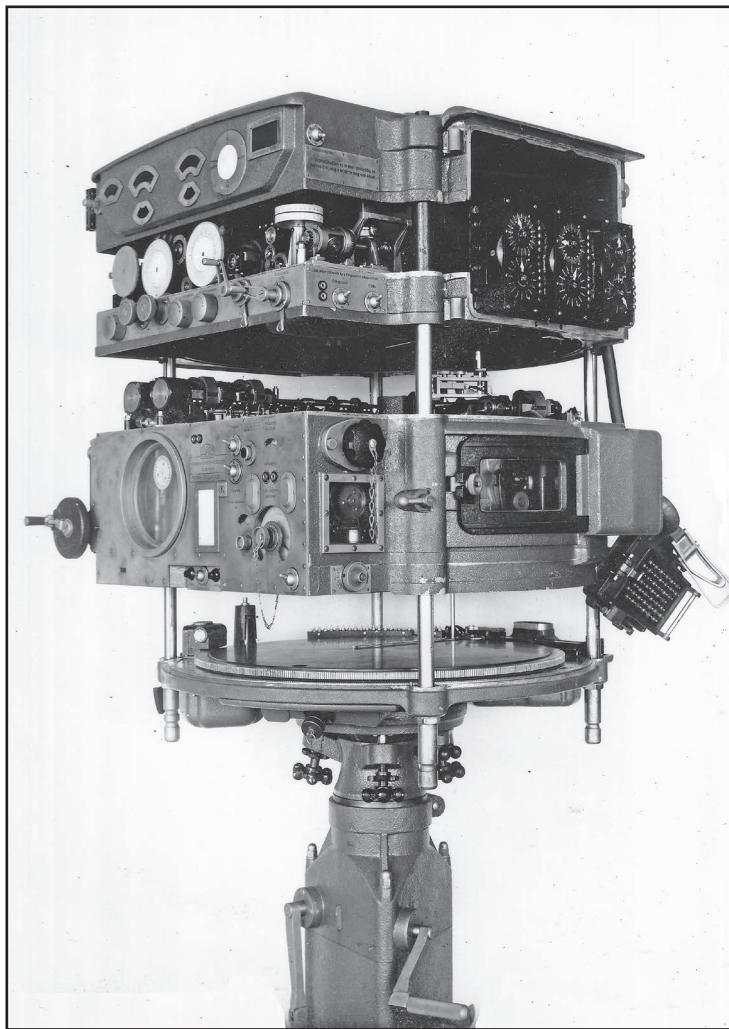
Stúdió könyvesbolt  
1138 Bp., Népfürdő u. 15/D,  
telefon/fax: 359-1964, 359-6461

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!

