

HADITECHNIKA

2024/1.

A MÚLT, A JELEN ÉS A JÖVŐ FEGYVEREI

LVIII. ÉVFOLYAM 1. SZÁM • ÁR: 990 Ft

A MAGYAR HONVÉDSÉG LEOPARD 2A7HU HARCKOCSIJA



A HADITECHNIKA 2024-BEN MEGÚJULT
KÜLSŐVEL, ÉS VÁLTOZATLANUL MAGAS
SZÍNVONALÚ TARTALOMMAL JELENIK MEG

POSZTER-
MELLÉKLETTEL



**A MAGYAR HONVÉDSÉG
MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS FOLYÓIRATA**

Az MTA IX. osztály Hadtudományi
Bizottsága által „A” kategóriába sorolt,
lektorált folyóirat,
LVIII. évfolyam 2024/1. szám

A szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. Porkoláb Imre dandártábornok
(a HM védelmi innovációért felelős miniszteri biztos)

A szerkesztőbizottság alelnöke:

Bárány Zoltán Gábor ezredes (MH HTP)

Főszerkesztő:

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

A szerkesztőbizottság tagjai:

Dr. Both Előd (Magyar Asztronautikai Társaság)
Dr. habil. Gyarmati József ezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Haig Zsolt ezredes (NKE HHK KMDI)
Dr. Hajdú Ferenc (MHTT, TÜK)
Prof. dr. Kiss Péter (Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László dandártábornok (NKE HHK)
Dr. Koller József dandártábornok (MH LEP)
Könczöl Ferenc ezredes (MH LEP)
Dr. Lippai Péter dandártábornok (NKE HHK dékán)
Magyar Ferenc (ZalaZone)
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Rohács József (Sc. (BME)
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)
Dr. Trembeczki László András
(HM El Zrt., HM ARMCOM Zrt.)

Lektori bizottság elnöke:

Dr. Keszthelyi Gyula ny. dandártábornok (MKLE)

Felelős szerkesztő:

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

Szerkesztő:

Rojkó Annamária főtanácsos (MÚOSZ, TÜK)

Katonai szerkesztő:

Druzsinné József őrnagy (MHTT, TÜK, MKLE)

Szerkesztőasszisztens:

Drahos Gabriella (TÜK)

Olvasószerkesztő: Kádár M. György

Tipográfiai terv, tördelés: Tamás László

Műszaki szerkesztés: Gróf István, Petrezselyem Kitti

Nyomdai előkészítés és nyomtatás: HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Felelős vezető: Kulcsár Gábor ügyvezető

A Haditechnika kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

A szerkesztőség elérhetőségei:

1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7-9. Telefon: +36 30-773-7494
haditechnika@hmrzinyi.hu

kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT

https://www.facebook.com/HTfolyoirat/

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

TANULMÁNYOK

- Szabolcsi Róbert:
Humán operátorok tevékenységének
matematikai modellezése **2**
- Földi Ferenc:
A Gepárd nagy űrméretű puskák
fejlesztésének története *VI. rész* **8**
- Farkas Zoltán:
Páncélozott műszaki-mentő járművek *I. rész* **14**

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

- Oszváth Sándor:
Shahed-131 és 136 típusú „kamikaze”
drónok az orosz-ukrán háborúban **20**
- Bazsó-Vigh Vivien:
Északi-sarkvidéki hadviselés *I. rész* **24**
- Szilvássy László:
Lelőhet-e az ukrán légierő
az orosz Kindzsal rakétát? **32**

ŰRTECHNIKA

- Csurgai-Horváth László – Bacsárdi László:
Űrmérnök képzés a hazai felsőoktatásban **38**
- Kovács András:
A sötét univerzum felfedezése az Euclid
űrtávcsővel **42**

HAZAI TÜKÖR

- Ficsor Botond:
A 3D-s fémnyomtatás,
mint a gépjárműmotorok gyártásának
ígéretes jövőbeni technológiája **50**
- Horváth Tamás – Ördög Attila
– Borkó Máté:
Dróndetektáló fejlesztés **55**
- Palik Mátyás – Pogácsás Imre
– Töröcsik Tímea – Szabó Nikolett:
Hatvanéves a sakkönyvtár
– *A repülőszakember-képzés
és a repüléstudomány szolgálatában* **60**

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

- Hajdu Péter:
A magyar Phönix C.I-es repülőgépek
története *I. rész* **64**
- Pap Péter:
A NALAVA géppisztoly **69**



20



42



8



24

SZABOLCSI RÓBERT*

HUMÁN OPERÁTOROK TEVÉKENYSÉGÉNEK MODELLEZÉSE ZÁRT IRÁNYÍTÁSI RENDSZEREKBE

BEVEZETÉS

A kézi, vagy a félautomatikus (folyamat)irányítási rendszerekben az ember mindig is központi helyet foglalt el. Bár a korai „ember-gép” kapcsolat még alapvetően a gazdasági és a termelési folyamatokat szolgálta, ez a viszonyrendszer nagyon hamar megjelent a katonai műveletek során is. Ismeretes, hogy az ember régóta használt katonai eszközöket és gépeket is, mint például a katapultok, a sorozatvető számszeríjak, vagy az emelőgépek.

A modern folyamatirányítási rendszerek a gőzgépek használatával terjedtek el, amelyek már a nyomás, a hőmérséklet és a fordulatszám komplex irányítási folyamatát is megoldották. Az első irányítási rendszerekben az ember sokszor *off-line*, a hatásláncon kívülről, a saját szellemi, és sokszor fizikai képességeit kihasználva avatkozott be az irányítási folyamatokba, amelyek automatizálását a villamosenergia feltalálása és a mérés technika gyors fejlődése már a XIX. század második felében lehetővé tette. Ily módon az automatikus (folyamat) irányítási rendszerekben már nem volt szükség a közvetlen emberi beavatkozásra, az operátorok *off-line*, tehát a rendszeren kívülről követték az irányítási folyamatokat.

A folyamatirányítás egy másik nagyon fontos területe a félautomatikus irányítások, és azok alkalmazása. Az ilyen elven működő katonai eszközök és rendszerek egyik fontos jellemzője, hogy bennük az információ gyűjtése és kijelzése automatikusan történik, míg az operátor szerepe most a számára kijelzett tevékenység végrehajtása. Ilyen irányítási tevékenység például a helikopterek irányított fedélzeti rakétáinak rávezetése földi célokra, a kézi páncéltörő eszközök rávezetése televíziós képernyő, vagy egyéb eszközök segítségével, vagy egyéb speciális járművek és rendszerek (pilóta nélküli légi jármű, vezető nélküli szárazföldi robot/jármű, vízfelszíni robot, vagy a víz alatti robot) irányítása.

A szerző célja annak bemutatása, hogyan befolyásolja az operátorok viselkedése a zárt folyamatirányítási rendszerek működését. A szerző az operátorok különféle matematikai modelljeit is felsorakoztatja, és részletesen vizsgálja, hogyan befolyásolja a kezelő viselkedése, illetve fizikai és mentális állapota az egyes irányítási folyamatok végrehajtását, és azok hatékonyságát.

TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK

A humán operátor, a kezelő, az irányítási folyamatban tevékenykedő ember viselkedése alapvetően befolyásolja a teljes irányítási folyamatot, annak stabilitását vagy a minőségi jellemzőit. A félautomatikus irányítási rendszerekben az operátor *in-line*, aktívan vesz részt az irányítási feladatok végrehajtásában. [1] [4] [5] [6] [8] [10] [15]

Úgy is fogalmazhatunk, hogy az operátor egy „elem” a folyamatirányítási rendszernek. Ily módon, az operátor tevékenységét akár matematikai úton is leírhatjuk, és elvonatkoztathatunk attól, hogy a humán operátor emberként a beavatkozó szerv szerepét tölti be a rendszerben. [2] [3] A légi járművek humán kezelőinek viselkedését az automatikus repülésszabályozó rendszerek egyváltozós irányítási rendszereiben [7] és [9] is vizsgálta.

E cikkben a szerző kis méretű, pilóta nélküli légi jármű (Small Unmanned Aerial Vehicle – SUAV) félautomatikus irányítását vizsgálja, amely vizsgálatokhoz az UAV térbeli mozgásának matematikai modelljét a szerző korábbi művei adják. [13] [14] Az UAV-k egy speciális alkalmazását a [11] és a [12] irodalmak mutatják be, ahol az UAV-k térképezést szolgáló repüléseihez a szerzők a megfelelő repülési pályák tervezését vizsgálták, és optimális repülési pályák geometriájára tettek javaslatot.

ÖSSZEFOGLALÁS: *A nem teljesen automatizált irányítási rendszerek egyik fontos jellemzője – és egyben a központi eleme is – az „ember-gép” kapcsolat. A kézi, vagy a félautomatikus (folyamat)irányítási rendszerekben a jelenben megszerzett információ, a múltbéli tapasztalatok és a korábban megtanult szabályrendszer alapján az ember dönt, és beavatkozik az egyes folyamatokba. Ily módon, a félautomatikus, zárt, érték tartó, vagy érték követő irányítási rendszerek tervezése és vizsgálata során elengedhetetlen az ember, az operátor viselkedésének ismerete.*

KULCSSZAVAK: *humán operátor, zárt folyamatirányítási rendszerek, matematikai modellezés, számítógépes rendszervizsgálat, minőségvizsgálat*

ABSTRACT: *In the semi-automated systems the core and central part is the 'man-machine' relationship. Both in manual and in semi-automated control systems the operator is responsible to reach the process goals, leaning on real-time information gained, on experiences gained in the past, and on the rule base he memorized earlier. Thus, knowledge of the operators' mathematical models are very important both in closed loop tracking and regulatory systems.*

KEYWORDS: *human operator, closed control systems, mathematical modelling, computer-aided simulation, performance analysis*

* Prof. dr. habil. Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, tart. okl. mk. ezredes, egyetemi tanár. ORCID: 0000-0002-2494-3746

A HUMÁN OPERÁTOR MATEMATIKAI MODELLJE

Az egyes folyamatirányítási rendszerekben tevékenykedő humán operátorok, kezelők tevékenységét legpontosabban az alábbi általános alakú átviteli függvény írja le [1] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10]:

$$Y(s) = \frac{x_{ki}(s)}{x_{be}(s)} = K \frac{1+sT_L}{(1+sT_I)(1+sT_N)(s^2+2\xi\omega s+\omega^2)} e^{-s\tau} \quad (1)$$

ahol: $x_{be}(s)$ az operátor kisméretű bemeneti vizsgálójel; $x_{ki}(s)$ az operátor kimeneti (válasz) jele; K az operátor jelátvitelének változó erősítése; τ a holtidő;

$\frac{1}{(1+sT_N)(s^2+2\xi\omega s+\omega^2)}$ a neuromuskuláris rendszer dinamikája;

$(1+sT_L)$ az operátor predikciós, a bemeneti jel változását előre látó képességét leíró modell; $\frac{1}{(1+sT_I)}$ a bemeneti jelkövetésének időkésése, az operátor integráló tulajdonságát leíró tag. Az (1) átviteli függvény nevezőjében a neuromuskuláris rendszer gyors dinamikájának másodrendű, $(s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2)$ alakú polinomját egységnyi értékkel közelítjük. A gyakorlatban így az (1) átviteli függvény sokszor egyszerűbb alakot vesz fel:

$$Y_1(s) = \frac{x_{ki}(s)}{x_{be}(s)} = K \frac{1+sT_L}{(1+sT_I)(1+sT_N)(s^2+2\xi\omega s+\omega^2)} e^{-s\tau} \cong K \frac{1+sT_L}{(1+sT_I)(1+sT_N)} e^{-s\tau} \quad (2)$$

A további vizsgálataink során a (2) egyenletben megadott modell $\tau = 0,3s$ holtidejét az alábbi lineáris, ötödrendű Padé-aproximációs alakokkal közelítjük [15]:

$$e^{-\tau s} = e^{-0,3s} \cong \frac{1 - \frac{0,3}{2}s + \frac{0,3^2}{12}s^2 - \frac{0,3^3}{120}s^3 + \frac{0,3^4}{1680}s^4 - \frac{0,3^5}{30240}s^5}{1 + \frac{0,3}{2}s + \frac{0,3^2}{12}s^2 + \frac{0,3^3}{120}s^3 + \frac{0,3^4}{1680}s^4 + \frac{0,3^5}{30240}s^5} \quad (3)$$

A (2) átviteli függvény paraméterei az alábbi tartományokon változhatnak [6] [7] [15]:

$$K = (5 \div 10); T_L = (1 \div 1,5)s; T_I = (0,2 \div 1)s; T_N = (0,1 \div 0,3)s; \tau = (0,1 \div 0,3)s \quad (4)$$

Tekintettel az operátorok fizikai-mentális állapotára, a szakmai elméleti és gyakorlati tudásukra, valamint a folyamatirányítási feladatokban megszerzett tapasztalataikra, a (2) átviteli függvény további egyszerűbb alakokat is felvehet:

$$Y_2(s) = \frac{x_{ki}(s)}{x_{be}(s)} = K \frac{1+sT_L}{(1+sT_N)} e^{-s\tau}$$

T_I elhanyagolhatóan kis értékű, az operátor képes nagyon gyorsan beavatkozni; (5)

$$Y_3(s) = \frac{x_{ki}(s)}{x_{be}(s)} = K \frac{1}{(1+sT_N)} e^{-s\tau}$$

T_I elhanyagolhatóan kis értékű, de az operátor nem tapasztalt, nincs predikciós képessége; (6)

$$Y_4(s) = \frac{x_{ki}(s)}{x_{be}(s)} = K \frac{1+sT_L}{(1+sT_I)} e^{-s\tau}$$

T_N elhanyagolhatóan kis értékű, az operátor kifogástalan fizikai és mentális állapotban van; (7)

$$Y_5(s) = \frac{x_{ki}(s)}{x_{be}(s)} = K \frac{1}{(1+sT_I)} e^{-s\tau}$$

T_N elhanyagolhatóan kis értékű, de az operátor nem tapasztalt, nincs tapasztalatokon alapuló predikciós képessége (kezdő operátor); (8)

$$Y_6(s) = \frac{x_{ki}(s)}{x_{be}(s)} = K(1+sT_L)e^{-s\tau}$$

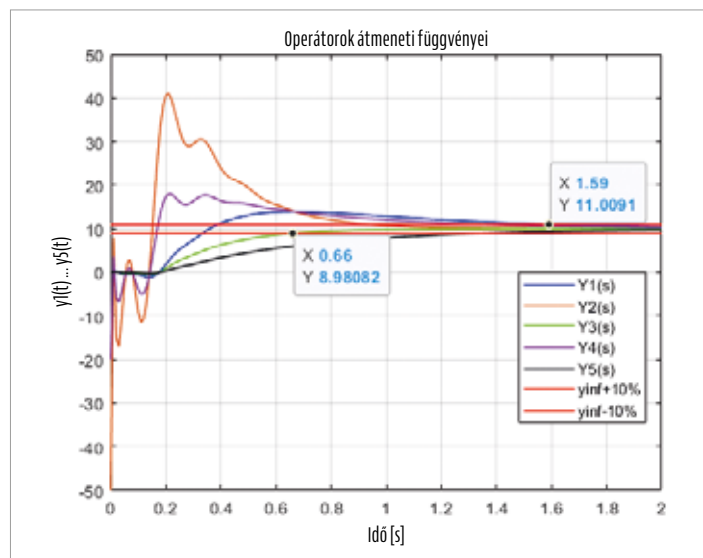
T_I és T_N elhanyagolhatóan kis értékű, és az operátor nagyon gyorsan avatkozik be, valamint predikciós képességekkel is bír (profli, tapasztalt operátor). (9)

Az operátor nagyon gyors beavatkozása miatt a (9) átviteli függvényvel leírt tevékenységet szokás „agresszív” tevékenységnek is nevezni, amely rendszerint nagy túlszabályozásokkal, és nagy energiaigénnyel bír. Tekintettel az irányító beavatkozások kimagaslóan nagy energiaigényére, ezt a viselkedést, az ilyen jellegű beavatkozásokat célszerű elkerülni, mert ily módon egy-egy feladat végrehajtására több idő marad. A fenti megfontolások alapján, a kezdő, kevésbé képzett, kevés tapasztalattal bíró, és a profli, képzett és tapasztalt operátorok viselkedését a (2) átviteli függvény segítségével vizsgáljuk, míg az egyes operátormodellek paramétereit az 1. táblázat mutatja be.

1. TÁBLÁZAT. Az operátor paraméterei
(A szerző szerkesztése)

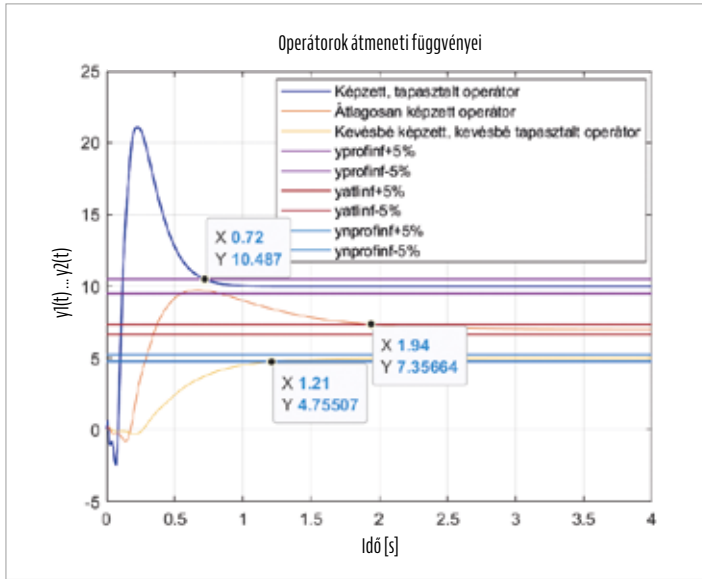
Operátor	T_L [s]	T_I [s]	T_N [s]	K	τ [s]
Profli, jól képzett, tapasztalt	0,1	0,5	0,1	10	0,1
Átlagos képességgel és közepes mértékű tapasztalattal bíró	0,5	1	0,2	7	0,2
Kezdő, kevésbé képzett, kevésbé tapasztalt	1	1	0,3	5	0,3

Az átlagosan képzett, és átlagos tapasztalattal bíró humán operátorok $Y_1(s)$, $Y_2(s)$, $Y_3(s)$, $Y_4(s)$ és $Y_5(s)$ átviteli függvényeit felhasználva, az operátorok az $x_{be}(t) = 1(t)$ bemeneti jelre válaszként adott átmeneti függvényei az 1. ábrán láthatók.



1. ÁBRA. Az átlagos humán operátor átmeneti függvényei
(A MATLAB-script a szerző szerkesztése)

Az 1. ábra alapján könnyen belátható, hogy a bemeneti jelre a leggyorsabb választ az $Y_3(s)$ átviteli függvényvel (arányos, egytárolós, holtidős modell) leírt operátor adja, míg az $Y_1(s)$ átviteli függvényvel (arányos, kétszeresen időkéséses, valós differenciálós, holtidős modell) leírt operátor a legnagyobb reakcióidővel bír. Érdekes összehasonlítani a „képzett, tapasztalt”, és a „kevesbé képzett, kevésbé tapasztalt” operátorok viselkedését is (2. ábra).



2. ÁBRA. A képzett, és a kevésbé képzett humán operátor átmeneti függvényei (A MATLAB-script a szerző szerkesztése)

A 2. ábra alapján megállapítható, hogy a képzett és tapasztalt operátor gyorsabban beavatkozik a folyamatokba, de nagy túlszabályozással rendelkezik, amely egyfajta magabiztos, agresszív beavatkozást, agresszív viselkedést jelent.

A kevésbé képzett és kevésbé tapasztalt operátor ugyanakkor lassabban avatkozik be az irányítási folyamatokba és a nagyobb holtideje ellenére is túlszabályozás nélkül követi le a bemeneti jelet. Ez az operátor kevésbé energikus, óvatos, megfontolt viselkedését jelenti.

HUMÁN OPERÁTOR A ZÁRT FOLYAMATIRÁNYÍTÁSI RENDSZERBEN

Ismeretes, hogy a folyamatirányítási rendszerek a referencia (bemeneti) jelek tekintetében lehetnek értéktartó, vagy értékkövető szabályozási rendszerek. Az értéktartó folyamatirányítási rendszerekben a referenciajel állandó. Ily módon, az operátor feladata a következő: a rendszerre ható külső és belső zajok és zavarások ellenére, a referenciajel értékének megtartása.

Az értékkövető folyamatirányítási rendszerekben a referenciajel változik. E változás lehet előre ismert, mint például a légi járművek leszállásának flare (kilebegtetés) fázisa, amikor is a valós repülési magasság egy előre definiált exponenciális függvény szerint változik.

Egyes folyamatirányítási rendszerekben az alapjel, és azzal együtt a jelkövetési folyamat hibajele is véletlenszerűen, és állandóan változik (pl. célzás mozgó légi, vagy felszíni célpontra). Ily módon, ha operátor gondoskodik a jelkövetési feladat végrehajtásáról (félautomatikus irányítás), akkor az irányítási (célzási) folyamat során az operátorra nagy fizikai és pszichés terhelés hárul, a neuromuszkuláris modelljének paraméterei leromlanak.

A továbbiakban vizsgálatainkat korlátozzuk kis méretű UAV-k félautomatikus irányítására. A vizsgált SUAV legyen a Trainer-60 típusú, kis méretű, hobbicélú UAV, amelynek dőlési szögét félautomatikusán változtatják meg. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a $\phi_r(t)$ referenciajel, és az UAV $\phi(t)$ kimeneti válaszele $e(t)$ különbségét kiszámítják, és kijelzik az operátor számára.

Az UAV-kezelő igyekszik a két jel különbségét jelentő $e(t)$ hibajelet megszüntetni, vagyis az UAV-t egy megadott (idealizált, referencia)

repülési pályán végigvezetni úgy, hogy ideális esetben teljesüljön az $e(\infty) \rightarrow 0$ irányítási stratégia, vagy az $|e(\infty)| \leq \epsilon$ valós, reálisan kitűzhető stratégia, ahol ϵ a megengedett statikus hiba nagysága. [7] [9] [10]

A klasszikus aerodinamikai elrendezésű Trainer-60 SUAV térbeli oldalirányú mozgásának teljes állapotteres modellje a következő alakban írható fel [13] [14]:

$$\dot{x} = Ax + Bu = \begin{bmatrix} \dot{v} \\ \dot{p} \\ \dot{r} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,7724 & 0 & -18,9671 & 9,0867 \\ 1,9247 & -19,9149 & 7,7565 & 0 \\ 69,1314 & -23,8689 & -2,5966 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ p \\ r \\ \phi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 2,2582 \\ -23,8289 & 1,5015 \\ -11,7532 & -15,2855 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_a \\ \delta_r \end{bmatrix} \quad (10)$$

ahol: v a keresztirányú, egyenes vonalú mozgás sebessége; p a dőlési szögsebesség, r a legyező szögsebesség, ϕ a dőlési szög, δ_a a csűrőlapok szöghelyzetének változása, és végül δ_r az oldalkormány szöghelyzetváltozása.

Tegyük fel, hogy az UAV-operátor kiküszöböli az UAV lassan változó, fugoid, hosszúperiodikus pályalengéseit, így a SUAV egyszabadságfokú, rövidperiodikus mozgásának állapotegyenlete az alábbi egyszerű alakban írható fel:

$$\dot{x} = Ax + Bu = \begin{bmatrix} \dot{p} \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -19,9149 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ \phi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -23,8289 \\ 0 \end{bmatrix} \delta_a \quad (11)$$

A (11) dinamikus rendszer A,B mátrixpárját felhasználva megállapítható, hogy a SUAV-dinamika irányítható, mert az irányíthatósági hipermátrix

$$Co = [B \ AB \ A^2B \ \dots \ A^{n-1}B] = \begin{bmatrix} -23,8289 & 474,5502 \\ 0 & -23,8289 \end{bmatrix} \quad (12)$$

amelynek rangja 2, vagyis a SUAV Kalman-féle értelemben irányítható. [13] [14] A (11) állapotteres UAV-modell A,C mátrixpárját felhasználva megállapítható, hogy az UAV-dinamika megfigyelhető, mert a megfigyelhetőségi hipermátrix

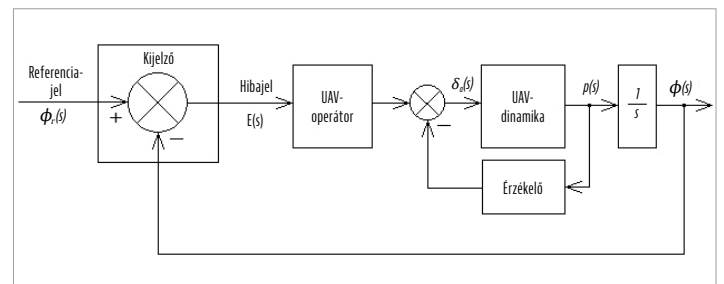
$$Ob = [C \ CA \ CA^2 \ \dots \ CA^{n-1}]^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -19,9149 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

és e mátrix rangja 2, vagyis az UAV Kalman-féle értelemben megfigyelhető.

A vizsgált SUAV egyváltozós, egyhurkú, zárt folyamatirányítási rendszerének hatásvázlata a 3. ábrán látható. A belső hurokban elhelyezkedő orsózó szögsebesség-érzékelő 0,5 értékű proporcionális tag. A kijelző a megszüntetendő $e(t)$ hibajelet jeleníti meg az UAV-operátor számára.

A (11) állapotteres modell segítségével a SUAV belső hurokjában az UAV dinamikája könnyen meghatározható:

$$p' + 19,9149p = -23,8289\delta_a \quad (14)$$



3. ÁBRA. A félautomatikus irányítás elve (A szerző szerkesztése)



vagy zérus kezdeti feltételek mellett, az alábbi Laplace-transzformált alakban is felírható:

$$sp(s) + 19,9149p(s) = -23,8289\delta_a(s) \quad (15)$$

amely egyenletből a SUAV átviteli függvénye a következő lesz:

$$Y_{UAV}(s) = \frac{p(s)}{-\delta_a(s)} = \frac{23,8289}{s+19,9149} \quad (16)$$

Mindezen előkészületek után már elkezdhetjük vizsgálni a SUAV dőlési szögének félautomatikus irányítási rendszere követési tulajdonságainak viselkedését különféle $\phi_r(t)$ értékek mellett. Ismeretes, hogy a repülési irányszöveget főként a dőlési szög megváltoztatásával, tehát az UAV bedöntésével érhetjük el a leginkább energikus módon. [7] [9] [13] [14]

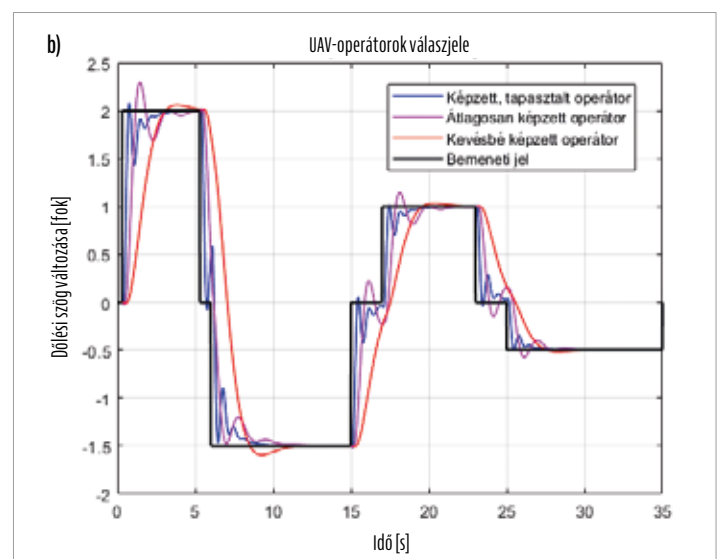
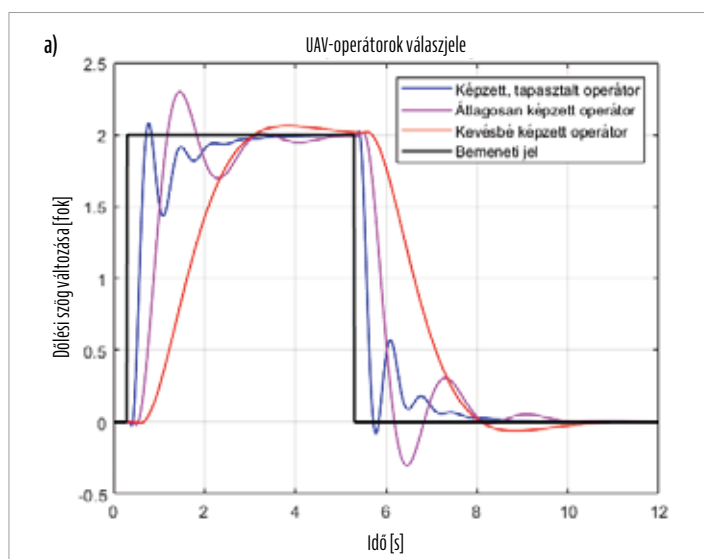
HIRTELEN MEGJELENŐ, HIRTELEN ELTŰNŐ, ASZIMMETRIKUS NÉGYSZÖGJEL

Az útvonalrepülések során az újabb navigációs töréspontnál a kezdeti, egyensúlyi $\phi_r(0) = 0^\circ$ bedöntési szöveget adott értékre kell állítani, hogy az UAV ráforduljon a következő repülési pályaszakaszra. A $\phi_r(t)$ bemeneti vizsgálójel egy gyorsan változó folyamatot repre-

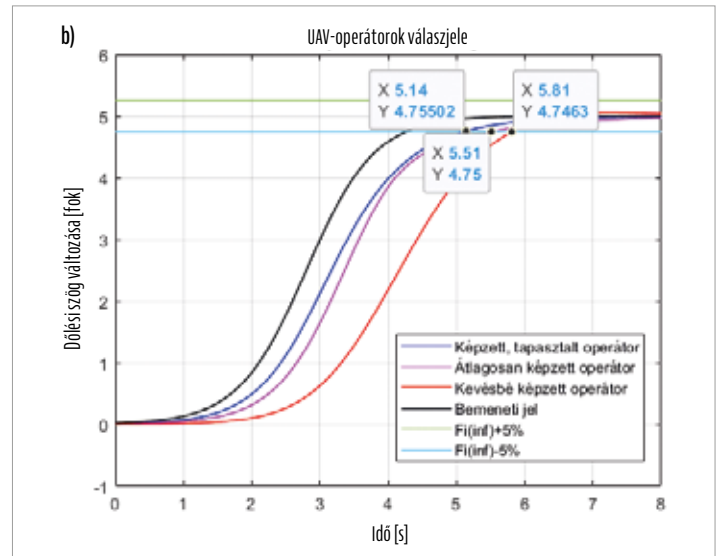
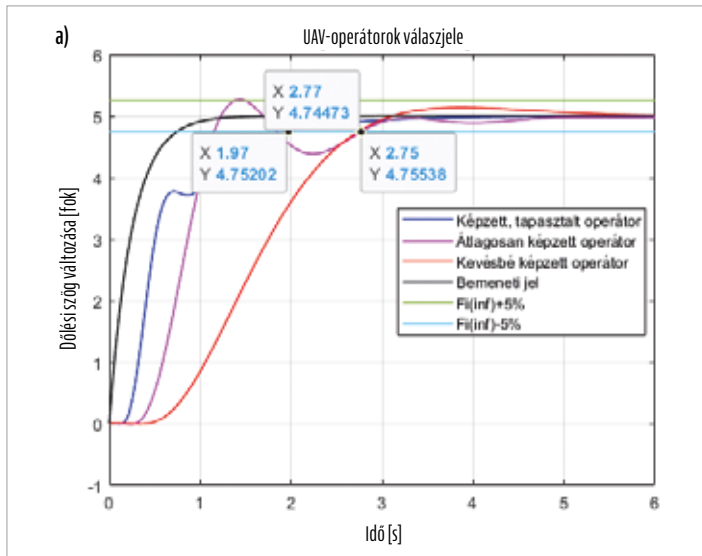
zentál. Az UAV bedöntése révén az elkezd változtatni az irányszöveget, és az átmeneti folyamat végén az UAV egy új irányszögön folytatja a repülését.

A 4.a ábra egy ilyen helyzetet mutat be. A 4.a ábrán jól látható, hogy a képzett, tapasztalt UAV-operátor agilis ($K=3$), mondhatjuk, hogy agresszív módon igyekszik követni a bemeneti jelet, míg a legkevésbé képzett operátor ($K=1$) inkább a biztonságra törekszik: nagyobb holtidővel, és lassabban avatkozik be. Az átlagosan képzett UAV-operátor ($K=2$) nagy túlszabályozással működik, beavatkozása gyorsabb, mint a kezdő operátoré, és a viselkedése közelíti a képzett UAV-operátor agilis beavatkozását. Elmondhatjuk, hogy mindhárom tipikus viselkedésű UAV-operátor képes ellátni a feladatát, de teljesen más viselkedési mintát követnek.

A 4.b ábrán egy több négyszögjellel álló $\phi_r(t)$ jelsorozatot vettünk fel lekövetendő, bemeneti referenciajelként, ahol a négyszögjelsorozat sem nem periodikus, sem nem szimmetrikus. Ilyen és hasonló referenciaértékekkel írható le az UAV kis magasságú repülési pályája, amikor épített környezetben kell a repülést végrehajtani. A 4.b ábrán is jól látható, hogy bár a különféle viselkedési mintákkal bíró UAV-operátorok ellátnak feladataikat, de a beavatkozásaik jellege és minősége



4. ÁBRA. A képzett, az átlagosan képzett és a kevésbé képzett UAV-operátor válaszelei (A MATLAB-script a szerző szerkesztése)



5. ÁBRA. A képzett, az átlagosan képzett és a kevésbé képzett UAV-operátor válaszelei (A MATLAB-script a szerző szerkesztése)

alapján elmondható, hogy az egyes irányító beavatkozások más és más energiaigénnyel járnak. Ily módon, főként a SUAV kategóriában, ahol nagymértékben korlátos a fedélzeten rendelkezésre álló villamos és egyéb energiaféle, a túlzott mértékű energiafelhasználás lényeges, akár 30-40%-ban is csökkentheti a repülési időt, amire a gyártók és a forgalmazók is rendszerint felhívják úgy az UAV-t üzemeltetőt, mint az UAV-operátorok figyelmét. Megállapíthatjuk tehát, hogy az UAV-operátorok elméleti és gyakorlati képzésének egyik fontos eleme kell, hogy legyen az UAV energiatudatos irányítása.

LASSAN VÁLTOZÓ VIZSGÁLÓJEL

A vizsgálójelnek e kategóriájában most két bemeneti referenciajelet vizsgálunk, amelyek az alábbiak:

- lassan változó, exponenciális jel: $\phi_r(t) = 5 \cdot (1 - e^{-4 \cdot t})$ (17)
- logisztikus (szigmoid¹⁾ függvény: $\phi_r(t) = 5 / (1 + e^{2(2,8-t)})$ (18)
- '1-cos' jel: $\phi_r(t) = 5 - 5 \cdot \cos(0,2\pi \cdot t)$ (19)
- harmonikus jel: $\phi_r(t) = 5 \cdot \sin(0,2\pi \cdot t)$ (20)

Az 5.a ábrán jól látható, hogy a képzett operátor gyorsan követi le a $\phi_r(t)$ exponenciális referenciajelet, de a viselkedése és a beavatkozás most is agilis, agresszív; míg az átlagos, és a kevésbé képzett operátor jóval nagyobb beavatkozási idővel rendelkezik.

Az 5.b ábra alapján megállapíthatjuk, hogy ebben az esetben is a képzett UAV-operátor adja a leggyorsabb választ, de a másik két UAV-operátor tranziens ideje most nem növekszik akkora mértékben, mint az exponenciális bemeneti referenciajel esetén.

Egy másik fontos tulajdonsága mindhárom UAV-operátornak, hogy nagyon jól követik a szigmoid függvény alakját, nincsenek túlszabályozások a rendszerben, vagyis az operátorok viselkedése nem agresszív. Következtetésként tehát megállapíthatjuk, hogy az UAV-k repülési pályáinak tervezésekor a szigmoid függvény jól használható pályageometria.

A 6.a ábrán az UAV-operátorok „1-cos” determinisztikus bemeneti vizsgálójelre adott válaszfüggvényei láthatók. Könnyen belátható, hogy az operátorok nagyon jól lekövetik a $\phi_r(t)$ bemeneti referenciajel változását, és egyik UAV-operátor sem agilis a beavatkozás során.

Mindazonáltal, az UAV-operátorok holtideje és időkése miatt egyre nő a tranziens idő, és még a képzett operátor sem képes időkése nélkül lekövetni a bemeneti jelet.

Most vessük össze a 4.a és a 6.a ábrán látható válaszfüggvényeket. Szembetűnő, hogy az UAV-operátorok a négyesszögjel bemeneti jelle erősen, vagy kevésbé erősen, de lengő tranziens folyamatokkal válaszolnak, míg az '1-cos' típusú bemeneti referenciajelet lengések nélkül képesek lekövetni.

A 6.b ábrán az UAV-operátorok harmonikus (szinuszos) bemeneti jelle adott válaszfüggvényeit láthatjuk. Az ábrán jól látszik, hogy az UAV-operátorok lekövetik a bemeneti referenciajelet, de a kezdő, kevésbé képzett operátor csak nagyon nagy késéssel képes követni a referenciajel változó értékét.

A gyakorlatban érdemes megvizsgálni, hogy ez az időkése nem veszélyezteti-e a repülési feladat sikeres és eredményes végrehajtását.

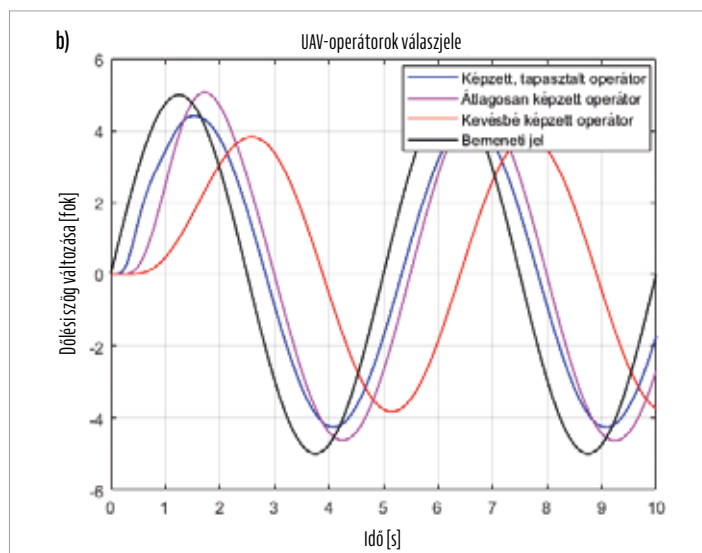
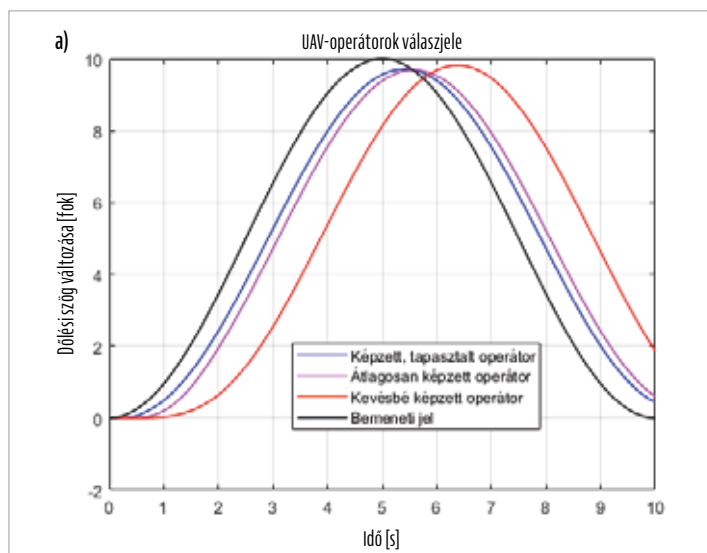
Előfordulhat, hogy a $\phi_r(t)$ referencia dőlési szög az irányaszög olyan szükséges és elégséges változását kell, hogy létrehozza, amely a repülés során lehetővé teszi a statikus tereptárgyakkal (pl. városi, épített környezetben házak, köztéri lámpaoszlopok, műemlékek stb.; lakott területeken kívüli, természetes környezetben adótoronyok, ipari létesítmények, kémények, villamos távvezeték tartóoszlopai, fák stb.) történő összeütközés elkerülését.

Ilyen esetekben, a nagy időkése és holtidők nem feltétlenül engedhetők meg a repülésbiztonság veszélyeztetése miatt. Az UAV-operátor matematikai modellje paramétereinek kritikus értékét meghatározhatjuk, ha elvégezzük a 3. ábrán látható zárt szabályozási rendszer stabilitásvizsgálatát. E célra is nagyon jól használhatóak a Routh-, vagy a Hurwitz-féle algebrai stabilitásvizsgálati módszerek és stabilitási kritériumok.

ÖSSZEGZÉS

Az UAV-operátorok irányítási tevékenysége is jól leírható matematikai módszerekkel. A zárt folyamatirányítási rendszerek sokszor arra tervezettek, hogy félautomatikus üzemmódokon az operátor, a kezelő – a megfelelő és szükséges tréningek sikeres abszolválása után – a zárt szabályozási rendszer végrehajtó és beavatkozó „szerveként” tevékenykedjen.

¹ A szigmoid függvények gyűjtőnév alatt 'S' alakú grafikonnal rendelkező (általában valós értékű és folytonos) függvényeket szokás érteni. Ezek közel szimmetrikus viselkedést mutatnak az induló- és a megállapodó tartományban.



6. ÁBRA. A képzett, az átlagosan képzett és a kevésbé képzett UAV-operátor válaszelei (A MATLAB-script a szerző szerkesztése)

Az operátorok a tevékenységük kezdetén csak korlátozott tapasztalattal rendelkeznek, mivel a szükséges kiképzés/felkészítés során – rendszerint – csak a szükséges minimális tudásra és kevés gyakorlati tapasztalatra tesznek szert.

Az UAV-operátorok a szakmai pályafutásuk során folyamatosan javítják szakmai elméleti, és gyakorlati tudásukat, és gyűjtik az UAV-k földi, és légi üzemeltetésének tapasztalatait. Mindazonáltal jól megfigyelhető, hogy a megfelelő szakmai tapasztalat megszerzése után az operátorok sokszor túlságosan is magabiztos, agilis, szélső esetben agresszív viselkedési formát vesznek fel, amely tükröződik az irányítási rendszerben megvalósított beavatkozásaikban is. Ily módon, az agresszív UAV-irányításoknak nagyobb lesz az energiaigénye, amely lényeges mértékben leronthatja az UAV-k gyártók által garantált műszaki-technikai paramétereket.

Szakmai pályafutásuk elején, a kezdő UAV-operátorok csak korlátozott repülési feladatok végrehajtásában vehetnek részt, mivel a prediktív képességük – repülési tapasztalatok hiányában – még nem teljesen fejlődött ki, és a pszichés terhelések miatt nagy időkésséssel avatkoznak be, amely veszélyeztetheti a repülésbiztonságot. Megemlítjük, hogy a műveleti területeken végrehajtott UAV-repülések során az operátorokat nagymértékű harcmezei stresszhatás is éri, ami nemcsak az operátori, hanem az alapvető katonai képességeiket is lényeges mértékben lerontja.

Végezetül különösen fontos annak hangsúlyozása, hogy a képzett és már tanúsított UAV-operátornak minden repülés előtt képesnek kell lennie a saját fizikai állapotának és alkalmasságának megítélésére ahhoz, hogy egy UAV-val történő repülést hajtson végre. Különösen fontos ellenállni a repülés kísértésének, ha tudottan nem megfelelő az operátor alkalmassága a repülésre.

KITEKINTÉS

Az UAV-k zárt irányítási rendszerében tevékenykedő kezdő operátorok gyakran maguk hoznak létre olyan kezelhetetlen repülési helyzetet (pl. a PiO – Pilot induced oscillations jelenség²), amely az esetek döntő többségében egyenes utat jelent az UAV elvesztéséhez. Ez

² A pilóta által kiváltott oszcillációk (PiO) ritka, váratlan és nem szándékos eltérések a repülőgép helyzetében és repülési útvonalában, amelyet a repülőgép és a pilóta közötti rendellenes kölcsönhatások okoznak. (A szerk.)

a „túlhúzott”, agresszív irányítás főleg a képzett, túlzottan magabiztos UAV-operátorokra jellemző. Az UAV-operátorok képzésének egy nagyon fontos része lehet tehát annak megtanítása, hogy milyen feltételek mellett alakulhatnak ki PiO-jelenségek, illetve, ha azok már kezdetüket vették, hogyan lehet kezelni a kialakult repülési helyzetet. ■

HIVATKOZÁSOK

- [1] McRuer, D. T., Krendel, E. S. Dynamic Response of Human Operators, WADC Technical Report, 56–524., 1957. <https://doi.org/10.21236/AD0110693> (Letöltve: 2023. 09. 15.)
- [2] Ward, J. R. The Dynamics of a Human Operator in a Control System – A Study Based on the Hypothesis of Intermittency. PhD Dissertation, University of Sydney, Australia, 1958.
- [3] McRuer, D. T., Krendel, E. S. The Human Operator as a Servo System Element. Journal of the Franklin Institute, Vol. 267, Issue 5, pp. 381–403., 1959. [https://doi.org/10.1016/0016-0032\(59\)90091-2](https://doi.org/10.1016/0016-0032(59)90091-2) (Letöltve: 2023. 09. 15.)
- [4] McRuer, D. T., Graham, G., Krendel, E., Reisener, W. Human Pilot Dynamics in Compensatory Systems. US Government Report, AFFDL-TR-65-15, 1965. <https://doi.org/10.1109/THFE.1965.6591261> (Letöltve: 2023. 09. 15.)
- [5] Bekey, G. A. The Human Operator in Control Systems. University of Southern California, USCEE Report 359, 1969.
- [6] McRuer, D. T., Krendel, E. S. Mathematical Models of Human Pilot Behavior. NATO AGARD-AG-188, 1974.
- [7] Aslanyan, A. E. Aircraft Automatic Flight Control Systems, Part I. Kiev Military Aviation Technical Academy, Kiev, Ukraine, 1984.
- [8] McRuer, D. T., Clement, W. F., Thompson, P. M., Magdaleno, R. E. Minimum Flying Qualities, Volume II, Pilot Modeling for Flying Qualities Applications. Technical Report WRDC-TR-89-3125, 1990.
- [9] McLean, D. Automatic Flight Control Systems. Prentice Hall International (UK) Ltd., 1990.
- [10] MIL-HDBK-1797A, Notice3, Flying Qualities of Piloted Aircraft, USA MoD, Interface Standard, p. 849., 2004.
- [11] Wael, A., Omar, A., Satam, I. A. Developing Google Areal Images Using Flying Robot with Specified Path. LAP Lambert Academic Publishing House, Saarbrücken, Germany, ISBN 3-6597-7081-7, 2015.
- [12] Wael, A., Omar, A., Satam, I. A. Effect of Path Planning on Flying Measured Characteristics for Quadcopter Using APM2.6 Controller. International Journal of Engineering Trends and Technology, Vol. 23, Issue 7, pp. 329–334., 2015. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V23P262> (Letöltve: 2023. 09. 15.)
- [13] Szabolcsi, R. UAV/UAS rendszerek koncepcionális és előzetes tervezése, vizsgálata. Óbudai Egyetem, ISBN 978-963-449-169-9, p. 282., 2019.
- [14] Szabolcsi, R. Pilóta nélküli légi járművek automatikus repülésszabályozó rendszerei. Óbudai Egyetem, ISBN 978-963-449-168-2, p. 640., 2020.
- [15] Szabolcsi, R. Humán operátorok tevékenységének matematikai modellezése. Haditechnika, LVII. évf. 2023/6., pp. 2–9. <https://doi.org/10.23713/HT.57.6.01>



FÖLDI FERENC*

38. ÁBRA.
Közvetlenül a lövés alatt,
a csőtorkolati lökéshullám
magával ragadja a talajról
a növényi és egyéb
törmeléseket
(Forrás: HM Zrínyi Nkft.
/ hmrzinyi.hu / Snoj Péter)

A GEPÁRD NAGY ÜRMÉRETŰ PUSKÁK FEJLESZTÉSÉNEK TÖRTÉNETE

VI. RÉSZ

35 ÉV A HONVÉDSÉG SZOLGÁLATÁBAN

A HADITECHNIKAI INTÉZET FEJLESZTŐ SZAKEMBEREI 1988-RA ELKÉSZÍTETTÉK A 12,7 mm-ES GEPÁRD MESTERLÖVÉSZPUSKA KÍSÉRLETI MINTAPÉLDÁNYÁT. A fegyver – Gepárd M1 néven –, több mint három évtizede szolgálja a Magyar Honvédséget.

A tanulmány korábbi részei a fejlesztés előzményeit és a tervezés során felmerült problémákat, valamint azok megoldását ismertették, továbbá a speciális számításokra alapozott fegyvertechnikai megoldásokat mutatták be. A döntéshozók számára rendezett bemutató lövészetet követően látványos eredmény született: a fej-

lesztés harcászati-műszaki követelményeinek jóváhagyása, majd az alapján a kiviteli tervek átdolgozása és gyártásba adása volt a téma. A cikksorozat IV. része ezt az izgalmas folyamatot mutatta be, kiemelve az értékeléssel (funkcióanalízissel) megkezdett tervezési folyamat eredményeit és azok hatását a kísérleti minta átalakítására. A munka az 1990-es évek elejétől folytatódott. A tanulmánysorozat VI. része a kísérleti példány következő szerkezeti változtatását mutatja be.

A 39. ábrán jól látható, hogy a zárfejen a zártükrök a zárkörök mellősi síkjánál mélyebben fekszik be, ezáltal a hüvely horony-, és peremrészét

is a hüvelyvonó szélességénél alig nagyobb kivágás kivételével teljesen körbeöleli a zárfej, de a zárfej töltőúr felőli síkja mégsem ér hozzá a csőfar hátsó síkjához. Ez biztosítja, hogy a töltényhüvely vállkúpján keresztül feszüljön neki a töltényúr azonos rendeltetésű kúpformatának, a tömítés mellett ez szabályozza be a lövedék térbeli helyzetét a huzagolás átmeneti kúpjához képest is.

A mesterlövészfegyver történetének ezen a pontján a szerzőnek meg kell említenie azt a sajnálatos esetet, amikor a 14,5 mm-es Gepárd M3 nehézüllő rombolópuska fejlesztése során megtapasztaltuk, hogy a hasz-

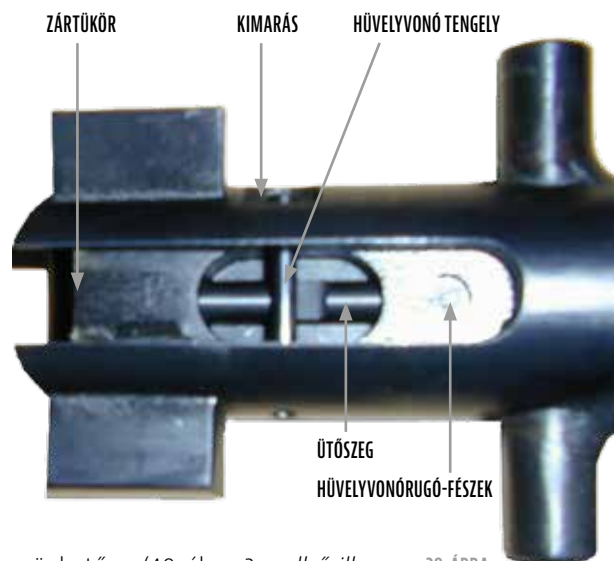
* Nyugállományú mérnök ezredes (PhD); Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola; óraadó tanár.
ORCID: 0000-0002-0513-8493

nált, kiégett töltőúr esetében a lövedék a lövésfolyamat elején nem belepréselődött, hanem olyan energiával vágódott be a huzagok közé, hogy egyszerűen azok lehámolták a lövedék köpenyét. Az „ürméret átszabása” után a lövedék vezetetlenül „kóválygott” a fegyvercsőben, sőt kilépéskor rendre belemart a csőszájfék torkolati furatának a belső élébe, és ezzel a „programozott indulási szöghibával” a röppályán azután „elkalandozott, szinte elbitangolt”. Csak hosszas vizsgálódás, valamint a FÉG csőfuratvizsgáló endoszkóp műszere segítségével találtuk meg a hiba okát: a huzagolás bekezdési kúpja teljesen kiégett a fegyvercső furatából. Azért tartom fontosnak mindezt megjegyezni (kiváltképp, hogy nem egyedi esetről volt szó), mert ezek a csövek román importból származó, és a D944 páncélozott szállító harcjármű (PSZH) tornyába beépített KPVT-csővek voltak, amelyeket a logisztikai illetékes – a csapatok indultatos követelésére – (600–800 lövés után) cserélt le orosz eredetű csövekre. Az említett selejtes csöveket biztosították a HTI számára, fegyverfejlesztés céljaira. Ez a tény ismét egy olyan nagyon fontos belballisztikai tényező, amely negatív irányban befolyásolja a küllballisztikai eredményeket is. A 39. ábrán látható az is, hogy miként kell értelmezni a kettős funkcióknak történő megfelelést. A zárfejből itt hiányzik a hüvelyvonó, de benne van annak a tengelye. Az ütőszegen látható lemarásba belefekvő tengely akadályozza meg az ütőszeg abban, hogy hátrafelé kicsússzon a zárfejből (a mellső határolás műszaki megoldása a 40. ábra 1. gomb ütőszegvég-kialakítás). Az ilyen nagy teljesítményű töltény csappantyúja erős terhelést mér az ütőszeg orrára, nem ritka az az eset, amikor az ütőszeg edzett orra (főként a nem kielégítő hőkezelést és a feszültségmentesítést követően egyszerűen lepattan az ütőszegről, és funkciójának – a csappantyú kelő energiával történő elsütése – nem tud többé megfelelni. Amennyiben az ütőszegkiállítás a megengedett mértéket meghaladja, nem zárható ki,

hogy annak orra átszúrja a csappantyút. Ennek következtében nem kívánt lőporgáz-kifúvás is létrejön a hüvely-csappantyúfészek gyújtólyukain keresztül, ami szintén rongálja az ütőszeg, esetleg a lövő kezén is sérülést okozhat, valamint a létrejövő gázvesztesség a bel-, és – ebből következően – a küllballisztikai folyamatokra is károsan hat.

A 40. ábrán látható, hogy az ütőszegorr síklapjának pereme lekerekített, hogy ne működhessen sajtoló bélyegként a csappantyú fenekén, másrészt látható az ütőszeg másik végén az a nagy méretű hengeres 1. gomb is, amelynek belső felülete a zárfej ütőszegfészkeiben kialakított üreg fenekének ütközik. Ez akadályozza meg, hogy az ütőszeg orra a megengedett mértéknél jobban előre ugorjon a zárfejből, amikor a kakas erre a gombra ráüt, illetve az ütés energiája ne a 2. ütőszegorr átmeneti kúpját terhelje. Az elsütőberendezés olyan kialakítású, hogy a feszítelenített kakas nem tolhatja ki az ütőszeg orrát a zárfejből, tehát nem is terhelheti a csappantyút. Ez egy újabb, a biztonsági funkciót szolgáló műszaki megoldás. Az ütőszegorr letöréséből származó működésképtelenség elhárítását a szerző a következő gondolatmenettel tette lehetővé: ha az ütőszeg eltörik, akkor azt azonnal cserélni kell, akár a terepen is, minden külön szerszám nélkül. Ha azonban ezt a cserét végre kell hajtani, akkor a TASZT- (tartalék alkatrész, szerszám, tartozék) készletnek tartalmaznia kell mindig egy tartalék ütőszeg is. (41. ábra)

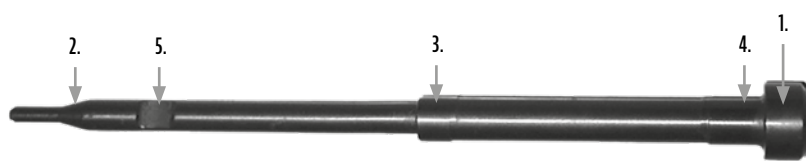
Miután ebben a konstrukcióban az ütőszeg a hüvelyvonó tengelye tartja meg a helyén, és annak legalább 4 mm szabad mozgást⁵⁴ biztosít, amit az 5. hüvelyvonótengely-fészek határol. A kakas felhúzása és ennek a tengelynek az eltávolítása után, a zárfejből – a jól megválasztott illesztéseknek és a köszörült hengerfelületeknek kö-



39. ÁBRA. A hüvelyvonó tengely és az ütőszeg kapcsolata (A tengely akadályozza meg az ütőszeg hátrafelé történő kicsúszását; a hüvelyvonót a jobb láthatóság érdekében kiserelték)

szönhetően (40. ábra 3. mellső illesztett csúszógyűrű, 4. hátsó illesztett csúszógyűrű) – a könnyen sikló ütőszeg kicsúszik a furatából. Az új ütőszeg ennek a helyére könnyen visszacsúsztatható. A 42.b ábrán az ütőszeggomb és a felhúzott kakas távolsága is látható az ütőszeg eltávolításakor, illetve behelyezésekor.

A tengely kitolását az új ütőszeg orrával lehet végrehajtani, amit a tengely furatába kell benyomni, a zárhenger palástjának kímárása felé, majd a kiemelkedő vég a kímárásban már körömmel is megfogható. A zárfejet azonban a hüvelyvonón keresztül kell a kézben a hüvelykujjal leszorítani, hogy annak a rugója ne tudjon kiesni a helyéről, vagy ne dobja messzire el a hüvelyvonót a rugó. Amennyiben a hüvelyvonó rugót a 39. ábrán jelölt rugófészkebe egy csekély mennyiségű grafitos gépszírral „beragasztották”, akkor annak a kiesésével nem is kell igazán számolni. Ezt a mozdulatsort érdemes a fegyverszoba fegyverkarbantartó asztalán begyakorolni. A tartalék ütőszeg biztosítja, hogy ez az alkatrész mindig rendelkezésre álljon a pótláshoz (a felhasznált tartalék helyett rögtön új tartalékot kell készletezni), bár megjegyzendő, hogy az előkísérleti, a kísérleti és minta-,



40. ÁBRA. Az ütőszeg szerkezete: 1. gomb, 2. ütőszegorr átmeneti kúp, 3. mellső illesztett csúszógyűrű, 4. hátsó illesztett csúszógyűrű, 5. hüvelyvonótengely-fészek

⁵⁴ Az ütőszeg állapotának gyors ellenőrzésére – nem szorult-e meg? – a lövésnek elegendő a kiemelt zárfejmarkolat-szerelvényt az ütőszeg hossz-tengelye irányában megrázni: a működőkészséget csilingelő hanggal jelzi az ütőszeg.

41. ÁBRA.
A TASZT-készlet
a tartalék ütőszeggel
és ütőrugóval



továbbá a gyártási „0”-sorozatok során leadott tízezres nagyságrendű lövizsgálatok közben ütőszegtörés nem következett be.⁵⁵ Arra az esetre, amikor hüvelyvonóorr letörése, vagy egyéb ok lehetetlenné tenné a beszerelt hüvely (esetleg egy élestöltény) kiürítését a töltőürről,⁵⁶ van még egy biztonsági funkciót ellátó célszerszám a TASZT-készletben: a *hüvelylazító* (41. ábra). Ennek a kialakítása lehetővé teszi, hogy a *zárfej-markolat szerelvény* kiemelése után, a zártok lapos nyílásán keresztül benyúlva és a lazító orrát a hüvelyperem alá befeszítve, ez az eltávolítás kézzel, biztonságosan végrehajtható.

A 42. ábrán piros nyilakkal szemléltetett további három műszaki megoldás

funkciói a *kakassal* kapcsolatosak. A villa alakú, *1. a kakas megfeszítő hibájának* fő funkciója, hogy a megfeszített elsütőrugóban tárolt potenciális energiát a kakas mozgási energiájává átalakítsa. Ehhez természetesen a kakas kézzel történő felhúzása során kell ezt az energiát a rugóban felhalmozni. Mellékfunkciója egyrészt az, hogy megakadályozza, hogy a fesztelenített kakas hozzáérhessen az ütőszeg végéhez, másrészt megvezeti az elsütőrugót. A 42.a ábrán látható a kakas stabil helyzete: a villa mindkét hegye a kakasba támaszkodik, tehát az az ütőszeg nem tudna olyan erővel megütni, hogy iniciálhasa a csappantyút. A 42.b képen látható *2. furat a himbarúdon* kialakításnak

az elsütőrugó cseréjénél kap szerepet: a kakast kell annyira túlfeszíteni, hogy a furat az elsütőberendezés házának alsó pereme alá kerüljön, és egy rendszeresített AK-padiátverő átfűzésével, a rúd rögzíthető legyen. Így a szabadon mozgatható kakas lehúzható a tengelyéről, a himbarúd lejjebb nyomható, az AK-padiátverő kihúzható, végül az elsütőrugó kiemelhető és kicserélhető. Az új rugó fordított sorrendben visszaszerelhető. A *zárfej-markolat szerelvény* további részletes ismertetését a szerző nem tartja lényegesnek, mert a *3. tűzbiztosító* műszaki megoldásai semmiben sem térnek el a régóta megszokott, ilyen jellegű alakos biztosítóhenger és az elsütőbillentyű kapcsolatának kialakításától. Az elsütőszerkezet-váz és a diófa markolat folyamatos átalakítására akkor térünk ki bővebben, amikor – időrendben haladva – ez a kérdés is megoldódik.

E kitérő után, az elsütő-mechanizmus további felépítését és funkcióját ismertetjük. Bár a mechanizmus, első ránézésre igen egyszerűnek tűnik, mégis tartalmaz jó néhány, többszöri átgondolt és megvitatott műszaki érdekességet is.

Fő funkciója: a töltőürbe betöltött töltény csappantyújának olyan mechanikai energiaátadása, amely hatására a csappantyú anyaga megbízhatóan működésbe lép. Talán nem kell részletebben kitérnünk arra, hogy ez nem más, mint a felhúzott elsütőrugóban tárolt mechanikai energia, amit az elsütőbillentyű által kioldott kakassal, az ütőszegen keresztül lehet rászakadítani a csappantyúra, és azon keresztül kémiai energia formájában a hüvelyben tárolt lőporra. A folyamatból jól látható, hogy potenciális mechanikai energia alakul át mozgási energiává a kakasrugó/ütőszeg viszonylatban, amelyből kémiai energia képződik a csappantyúban, majd a lőporban, és végül annak az égéséből keletkező lőporgázok hőenergiája ad a lövedéknek mozgási energiát, ami útjára indítja azt a fegyvercsőben, majd a röppályáján.

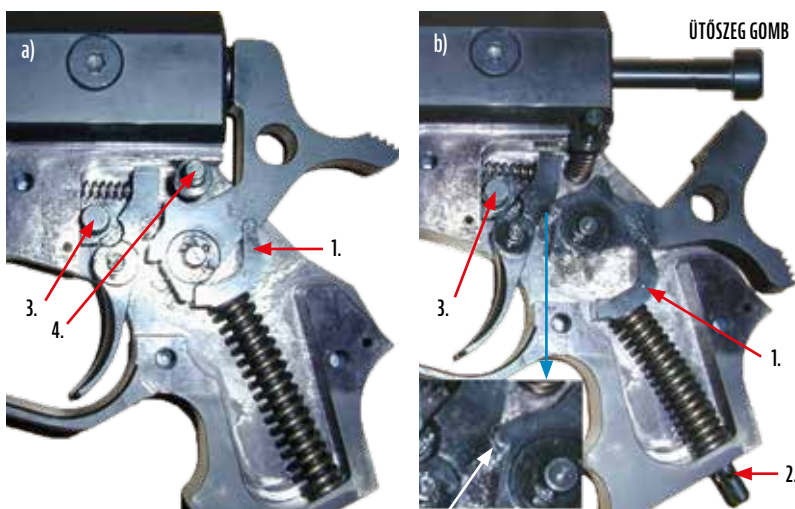
42. ÁBRA.

Az elsütő mechanizmus működése. Fesztelenített kakasos elsütőberendezés a) és az elsütőberendezés megfeszített kakassal b).

Piros nyilakkal jelölve:

1. a kakas megfeszítő hibájája,
2. 2 mm Ø furat a himbarúdon,
3. a tűzbiztosító,
4. elsütésbiztosító csap.

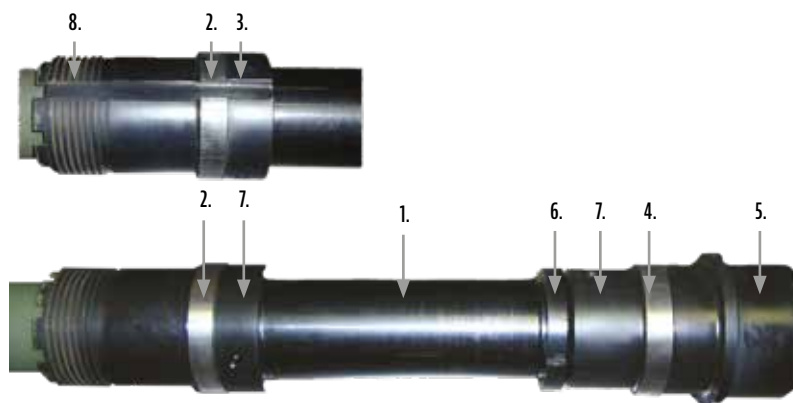
A b) jelű kép kék nyilakkal jelzett kis képszelvényén az elsütőbillentyű fehér nyilakkal ábrázolt sugarú hengerpalástra köszörült kakasnyugasz látható



⁵⁵ Állítólag a sorozatgyártás megindulását követő években már akadt ilyen hibás alkatrész, de ez a gyártásközi minőségbiztosítás sajnálatos leépülését, főleg a szakszerű hőkezelés hiányát jelezte.

⁵⁶ Az élestöltény csőtorkolat felőli kiütögetése/kinyomása azért életveszélyes ötlet, mert a lövedék orrának köpenye felszakadhat, az alatta lévő gyújtóanyag a levegő hatására azonnal berobban, és az ürít „eszközt” kilövi.

Ez egy több száz éve ismert folyamat. A Gepárd-fejlesztés esetében is erre a folyamatra építettünk, néhány problémát azonban le kellett küzdeni. Ehhez röviden ismertetnie kell a szerzőnek bizonyos mesterlövész feladat-végrehajtással kapcsolatos fegyverszerkezeti nehézséget is. Elsősorban azt a tény, hogy nem mindegy, hogy milyen erőt igényel a lövőtől a lövés kiváltása (az elsütés). Alaptétel, hogy pontosan célozni és lőni nem lehet, ha az elsütőbillentyűvel lövéshez a lövésznak „verekednie” kell, mert ez vezet az úgynevezett „belerántás” jelenségéhez. Szilárd fizikai tény, hogy a lövésfolyamat során a lövés az irányószerkezetével (például az irányótávcső) létrehoz a fegyvere – azon belül pontosabban a fegyvercsőfurat tengelye – számára egy olyan térbeli helyzetet, amikor a kilőtt lövedék a küllalasztikai röppályáját leírva, a kívánt célba csapódik. A szerző erről a témáról publikált a [16] forrásban. Az irányzék és a fegyvercső merev kapcsolata biztosítja, hogy megfelelő beállítás esetén a fegyvercsőfurat térbeli helyzetéből és a lövedék csőtorkolatban megjelenő sebességvektorának térbeli helyzetéből eredő⁵⁷ olyan röppályát fog leírni, hogy az a célba bele is csapódhasson.⁵⁸ Ez az elméleti megközelítés (leegyszerűsítve) a lövés kiváltásának a pillanatában. Azonban, ha az elsütőerő túl nagy (létezik 80 N-nál nagyobb elsütőerőt igénylő fegyver is), akkor ez a mozdulat elmozdítja a fegyvert, és természetesen azzal együtt a csőfurat tengelyét a célzás közben beállított térbeli helyzetéből. Ebben az esetben a lövés nem találatot lő, hanem a „találatának lőttek”. Ezért, főleg a mesterlövész (precíziós) fegyverek tervezői igyekeznek a lehető legkisebb elsütőerőt beépíteni (a magas műszaki tartalommal bíró fegyverek esetében ez az erő a lövő igénye szerint változtatható). A minimális értéknek legfeljebb élettani gátjai lehetnek.⁵⁹ Az elmélet és a gyakorlati



43. ÁBRA.

A szerelt cső és a hátrasiklását biztosító szerelvényei:

1. NSZVT-cső,
2. mellső csúszkagyűrű,
3. reteszpálya,
4. hátsó csúszkagyűrű,
5. zártok,
6. ellenanya,
7. hernyócsavar,
8. a mellső helyzetelő és amortizációs rendszer felfogó menete

tapasztalatok összevetésére a szerző ismét a [16] forrást ajánlja az érdeklődők figyelmébe. A Gepárd M1 legelső mintapéldány Szép József által tervezett elsütőberendezésének elsütőereje 5 N értékű volt, mégse történt az eszközzel vétlen lövés soha, mivel végrehajtottuk a szokásos „ejtegetési próbát”, preparált hüvellyel.⁶⁰ Az alacsony elsütőerő a súrlódó felületek felpolírozásával és megfelelő kenőanyag alkalmazásával, valamint a kellően alacsony előfeszítő erejű elsütőrugó alkalmazásával, továbbá a mechanikai emeltyűrendszer optimális geometriai elrendezésével volt elérhető, amit a – Szép József által tervezett – elsütőberendezés az említett alacsony elsütőerő produkálásával fényesen igazolt. Az utóbbiaknak azonban csak akkor van értelme, ha a rugó kellő ideig megtartja az eredeti merevségét, nem hajlamos az összeülésre. A Gepárd M1 elsütőrugói (valamint a szerkezet összes rugója is) hazai – tatabányai – gyártásúak voltak. Mindezek ellenére a TASZT-készlet tartalmazott egy db elsütőrugót is tartalékként (41. ábra). Az elsütőrugó és a tényleges elsütőerő között nemcsak az elsütőbillentyű geometriája jellemezte összefüggés fedezhető fel, hanem, hogy a billentyű a meghúzásakor megemeli-e a kakas elsütőnyugaszát, azaz megnyomja-e még az elsütőrugót is (emeli az elsütőerőt). Ez a Gepárd M1 esetében

azért is vált fontos kérdéssé, mert az alkalmazott csappantyú – tekintettel a nehézgéppuska-töltényre – nagyobb ütőmunkát igényelt, mint ami egy hagyományos lövésztöltényre jellemző. A megoldást végül az jelentette, hogy a szerző a billentyű és a kakas érintkezésében a kísérleti mintákban alkalmazott síkfelületeket úgy alakította át, hogy a billentyű meghúzásakor annak érintkező felülete (a kakas nyugasza) a billentyű-tengely középpontjával egytengelyű, polírozott hengerfelület legyen, és ekként forduljon ki a kakas nyugasza alól. Ekkor, az elsütőerőre nézve hatása csak az elmozduló felületek súrlódásából származó nyomaték-nak van, ami így minimálissá vált. A 42.b ábra bal alsó sarkában (a kék nyíllal megjelölt képszelvényen) a fehér nyíl által jelzett hengerpalást sugaráról van szó. Sajnálatos, hogy a sorozatgyártás megkezdését követően – egy idő múlva – a gyártók a felsorolt szempontokra és a finommechanikai műveletekre már egyre kevesebb gondot fordítottak.

Bár a *zárfej-markolat szerelvény* bizonyos biztonságot érintő funkcionális kapcsolatban áll a *válttámasz szerelvény* is (erre a témára a tanulmány későbbi részében kitérünk), de a lövésfolyamatban kizárólag a *szerelt cső* részegységgel együtt értelmezhető, azaz a *zárfej-markolat szerelvény* és a *szerelt cső* közül bármelyik hiányában a folyamat nem

⁵⁷ Ez a két tényező általában szorosan összefügg.

⁵⁸ Feltételezve, hogy nincs a röppálya mentén semmiféle környezeti zavaró tényező. (Olyan azonban mindig előfordul.)

⁵⁹ Néhai Símkó Imre rendőr alezredes (a team tagja, a szerző mentora és mestere a szakmában) szállóigéje: „Az ideges mesterlövész (akinek remegnek az ujjai) a fegyőrszerek között is kiemelt helyen van.”

⁶⁰ A Magyar Néphadsereg (MN) kiképzési főnökség illetékes szakértője mereven elzárkózott az ilyen alacsony értéktől, így végül 10–15 N-ban egyeztünk ki, amely még így is elég alacsony érték.

44. ÁBRA.

A szerelt cső külső szerelvényei:

1. gázátömlő furatlezárása,
2. új kialakítású csőszájfék,
3. csőszájfék-rögzítőcsavar lemezbiztosítással



jöhet létre. E tény alapján érdemes megvizsgálni az utóbbi funkcióanalízist, és az abból származó műszaki követelményeket.

b) A szerelt cső elemzésének ismeretése:

A szerelvény egyik fő funkciója, hogy a töltőúrében és a huzagolt furatában keletkezett löporgázok termikus energiáját a lövedék mozgási energiájává alakítsa át, azaz azt a csőfurat nagy sebességű elhagyására kényszerítse. Másik fő funkciója: a furat és a huzagolás minőségével, a csőtorkolat állapota szerint a lövedék számára teremtse meg egy adott külbálsztikai pálya (röppálya) bejárását. A fenti funkciók teljesítésének a mérőszáma a lövedék torkolati sebességének mértéke és a szórásképeinek jellemző adatai.⁶¹ Mellékfunkciója: rendelkezzen olyan szerkezeti elemmel, amelyen keresztül a zárfej-markolat szerelvény képes gáz-tömören lezárni a csőfarban a töltőúr végét (43. ábra 5. zártok). A zártok csőfarra történő erősítését eredetileg két átmenő érintő csappal képzelte el a szerző, de a FETE műhely tiltakozása miatt inkább nagy teherbírású metrikus lapos menet alkalmazása mellett döntött, amellyel a zárolási hézag be-szabályozása is sokkal könnyebbé vált, azonban bonyolította a csőszájfék be-szabályozását. Az 5. zártok elfordulását a 6. ellenanya és a 7. hernyócsavar akadályozza meg.

További mellékfunkciói, hogy rendelkezzen olyan illesztett és köszörült csúszkagyűrűkkel, amelyek biztosítják az akadálytalan és a szükséges hátrasiklást (43. ábra 2. mellső csúszkagyűrű és 4. hátsó csúszkagyűrű), rendelkezzen olyan kialakítással, amely megakadályozza, hogy lövés közben a huzagolás hatására a fegyvercső a furatának hossz tengelye körül elfordulhasson (43. ábra 3. reteszpálya). És rendelke-

zen a mellső helyzetelő és amortizációs rendszer felfogására alkalmas műszaki megoldással (43. ábra 8. a mellső helyzetelő és amortizációs rendszer felfogó menete).

Rendelkezzen továbbá az eredeti csövön kialakított gázátömlő furat gáztömör lezárásával (44. ábra 1. gázátömlő furat lezárása), és főként rendelkezzen olyan csőtorkolat szerelvényvel, amely csökkenti a lövésre a lövésből származó terhelést (44. ábra 2. új kialakítású csőszájfék, 3. csőszájfék-rögzítőcsavar lemezbiztosítással).

A csőszájfék rögzítése hosszas és nehezen kialakuló folyamat volt, mert többféle, elsősre életképesnek tűnő megoldás is felmerült, de azután (a hihetetlen gáz-erőhatások képében az elképzelések többségét, például alakos rugós reteszelésű szorító, a sima, beragasztott csavar – minden leoldás után⁶² újra ragasztani, és a ragasztó sem bírta a gázok hőterhelését), a gyakorlat maga alá gyűrte. Nemcsak az elmélet, hanem az élet is bőszen bebizonyította, hogy nem csupán esztétikai követelmény, hogy a csőszájfék ne tudjon elforogni a csőfurattengely körül a csőtorkolaton. Tanulmányunk nyitó képe (38. ábra) is jól mutatja, hogy a szabályosan álló csőszájfék-ből kirobbanó löporgázok dinamikus hatása mennyi törmelékkel képes felrántani a talajról. A Gepárd M1 csőszájfék-konstrukciója (mind a régi, mind az új) biztosítja, hogy ezek a gázhatások legalább 80-90 fokos vízszintes szögű áramlási holtteret képezve elkerüljék a lövő testét, legfeljebb érintsék, de ne vágódhassanak az arcába, vagy a mellkasába. Ha azonban a csőszájfék valamelyik kiömlője (füle) a föld felé kezdene elfordulni, az nagyon fájdalmas eredményekkel is járhatna, ami megengedhetetlen.

A cső fegyverszerkezetbe való beépítésére a szerző az első pillanattól kezdve a lengőcsöves műszaki megoldást részesítette előnyben (a csövet a csőfar közelében kell befogni a tokba), mert a csőfurat tengelyére, a fegyver talajra, vagy állványra feltámasztása esetén ez adja a legkevesebb káros hajlító nyomatókat. Értelemszerűen a hátrasikló szerkezet és amortizációs rendszer alkalmazhatósága érdekében két, egymással és a fegyvercső külső palástjával is koncentrikus hengerpalást csúszkapárt kellett az eredeti NSzVT-cső legvastagabb átmérőjére felerősíteni. A hátsót magától értetődően a zártokból munkáltuk ki (43. ábra 4. hátsó csúszkagyűrű), míg a mellsőt az ott működő amortizációs rendszer testéből. A szerelhetőség érdekében a hátsó csúszka illesztése nagyobb átmérőre készült, mint a mellső, hogy a cső a csőfar irányában kihúzható legyen a tokból. Az illesztések minőségének meghatározásánál az volt a legfőbb követelmény, hogy még 50 lövés után se melegedjen fel annyira a csúszka, hogy az abból keletkező átmérő-növekedés miatt beleszorulhasson a tokba beköszörült hengerpalást belsejébe. Túl tág illesztés esetén azonban a cső önmagától való szórásképe romlik jelentősen, mert a cső „ugrál-na-tá-molyogna” az ilyen furatban. A két megtámasztás ideális távolságának és a tűrésmező/illesztés felső és alsó határainak meghatározása meglehetősen bonyolult feladat volt.

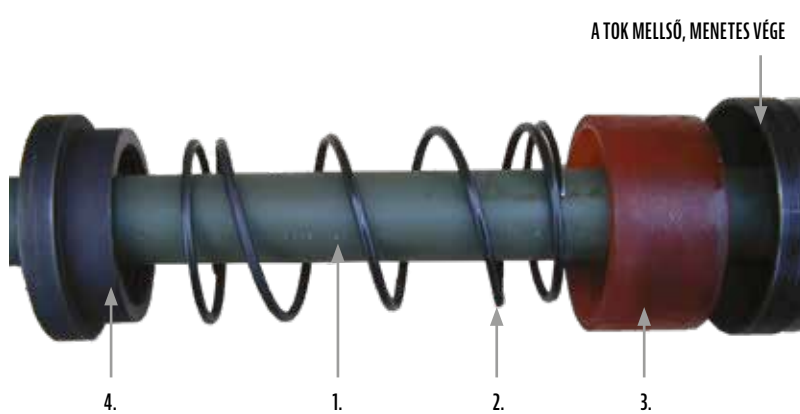
A szerelt csőhöz – a szerelhetőség miatt nem mereven, hanem könnyen oldható módon – kapcsolódik, és nélkülözhetetlen részét képezi a mellső amortizáció (45. ábra), amely funkciója a szerelt cső hátrasiklásának véghelyzetében a fém a fémen való durva (rugalmas) felütközéséből ke-

⁶¹ Amint az előző részekben már olvasható volt, az NSzVT-cső a kezdeti feltételek mértékét teljesítette az átlagosan 840 m/s korrigált torkolati sebességgel, és a 2,5 cm-nél kisebb $R_{50\%}$ 100 m-en mért szórásképevel.

⁶² Minden átfogóbb karbantartás alkalmából a tisztításhoz, a csőszerelvényt ki kellett húzni a fegyvertokból, de a csőszájfék (főleg az új) nem fért át a tok átmenő furatán, nem maradt más lehetőség, mint a leszerelés.

letkező intenzív ütés kialakulásának megakadályozása a lövésze, majd a szerelt cső visszatolása a mellső helyzetébe. Az alkotó team véleménye és az addigi vizsgálatok tapasztalatai alapján a szerző az előzőleg alkalmazott poliuretán rugógyűrűt lágyabb, 80 Shore keménységű poliuretán (piros) anyagból kimunkált gyűrűvel helyettesítette (45. ábra 3. poliuretán ütköző). A szerelt cső helyzetelését és függőleges helyzetben ott történő megtartását a 2. helyretoló rugó szolgálja, amelynek változtatására nem volt szükség még ebben a tervezési fázisban sem. A mellső amortizáció szerkezet, szerelt csőhöz történő kötésére, a hátrasiklás hosszúságának beállítására és a rugó üzemi előfeszítésére belső menetével a 4. rugótányér szolgál.

A szerelt cső „önmagától való precíziója” kifejezés jelentése: ha a csövet egy megközelítően ideális befogókészülékbe és befogópadra szerelve vizsgálják, akkor még a tényleges fegyverszerkezetbe való beépítése előtt feltételezéseket tehetnek a legjobban megközelíthető, fegyvercső/töltény eredő szórás kép⁶³ mértékéről. Éppen ez volt a Gepárd fejlesztési folyamat igazán sarkalatos pontja, és vált majdnem az Achilles-sarkává is. Ugyanis a logisztika – a HTI felkérésére – biztosított ugyan a mintapéldányok gyártására és egyéb vizsgálatokhoz 10 db NSzVT-fegyvercsövet a T-72-es harckocsi fegyverzeti tartalékkészletéből, de kísérő lőtáblázatok és adatlapok nélkül adták át, úgyhogy azokról semmilyen bel- és külballsztikai információt nem kaptunk, sőt a tétel láthatóan súlyosan deformált csövet is tartalmazott. A szerző kénytelen volt – a Gepárd I. deszkamodell vizsgálatához használt lövegtalpat felhasználva – egy, a feladatra alkalmas befogó készüléket tervezni, amelyet a HTI a FETE céggel legyártatott. A 46. ábrán látható csőválogató készülékre, az egykori befogó eszközre, – az NSzVT-csövek beszerezhetetlensége miatt – már régóta nincs szükség.



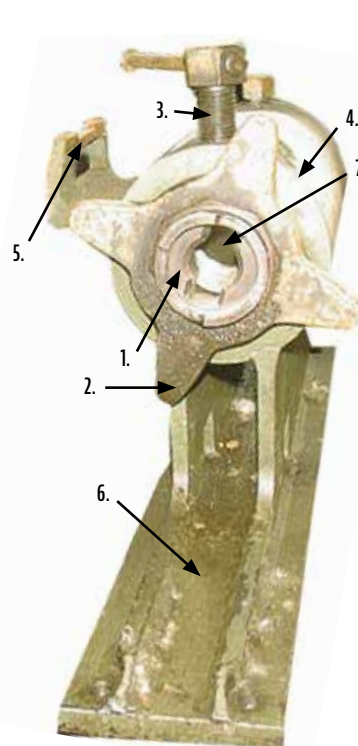
45. ÁBRA.
A mellső amortizáció félig kiserelt állapotban:
1. a szerelt cső,
2. helyretoló rugó,
3. poliuretán ütköző,
4. rugótányér (amelyet a mellső helyretoló és amortizációs rendszer felfogó menetére kell felcsavarozni)

A csőválogató készülék az eredeti NSzVT nehézgéppuska csőbefogó kialakítását modellezte le. A cső befogása a 3. csövet beszorító éket rögzítő csavar és a 7. csövet befogadó illesztett betétgyűrű alkatrészek segítségével történt, míg a Gepárd M1 puska zárórendszerét az 1. állítható helyzetű zártok, 2. zárás beállító kontraanya valósította meg. Az 1. alkatrészbe a töltény betöltését követően lehetett behelyezni a zárfej-markolat szerelvényt, és annak elforgatásával a záróházat egy-egy töltényre ráilleszteni, majd a 2. alkatrészrel, mint kontraanyával a beállítást rögzíteni. Minden csövet – a csőmelegítő lövést követően – 3×10 lövéssel vizsgáltunk meg. A mért értékeket először csoportokként, majd a három csoport átlagaként értékelve megállapítottuk, hogy a Gepárd M1 puska fokozott igényeinek először (és később is) a csövek legfeljebb fele felelt meg, mert az eredetileg felhasznált NSzVT-cső külballsztikai jellemzőinél nem produkáltak rosszabb értékeket.

Az első menetben kiválasztott öt db jó minőségű NSzVT-csőnek köszönhető, hogy azokat szerelt csővé átépítve, már valóban érdemi munka kezdődhetett meg a fejlesztés folytatásához.

(A tanulmányban szereplő ábrák alapját képező fényképeket – a külön jelölt fotó kivételével – a szerző készítette a fejlesztés során, azok a saját archívumából származnak.) ■

(Folytatjuk)



46. ÁBRA.
Csőválogató készülék:
1. állítható helyzetű zártok,
2. zárás-beállító szárnyas kontraanya,
3. csövet beszorító, éket rögzítő csavar,
4. csőbefogó test,
5. optikai irányzéktartó sín,
6. befogóállvány,
7. csövet befogadó illesztett betétgyűrű

HIVATKOZÁSOK

- [15] B-32 páncéltörő-gyújtó lövedékkel és sárgaréz hüvellyel szerelt 12,7 mm-es töltény rajzdokumentációja; rajzszám: 3-24465; HTI LP 1010; MN HTI 1979.
- [16] Földi Ferenc. „Gondolatok a pontosságáról”, Hadmérnök, I. évf. 1. szám (2006), 102–125. o.
- [17] Dr. Földi Ferenc. „A lövészkatona, mint elemi eszközrendszer vizsgálata a harcban. A „lövészkatona” harcának eszközrendszere a műszaki fejlesztő szemszögéből”, Hadmérnök, 13. évf. 3. szám (2018), 50–67. o.
- [18] Dr. Földi Ferenc. „A mesterlövész harc elemi eszközrendszerének funkcióanalízise”, Hadmérnök, 13. évf. 4. szám (2018), 23–58. o.

⁶³ Elméletileg a fegyvercső és a lövedék kölcsönhatásáról van szó, de a lövedék is csak a külballsztikai röppályáján tekinthető önálló elemnek. Önmagában sem a csőnek, sem a lövedéknek nem lehet önálló szórás képe, ez csak együtt mérésel határozható meg. Ez a lövés alapvető fegyverével végzett harc elemi eszközrendszernek a fegyver-lövedék alrendszere. Részletes magyarázat és indoklás: [17] [18].



FARKAS ZOLTÁN*

PÁNCÉLOZOTT MŰSZAKI- MENTŐ JÁRMŰVEK

I. RÉSZ

ÖSSZEFOGLALÁS: A harckocsik, páncélozott eszközök harctéri megjelenésével egyidőben szükségessé vált azok elakadása, meghibásodása, harci sérülése esetére megfelelő mentő-vontató eszközök kifejlesztése is. Harctéri körülmények közötti mentési feladatokat elsősorban a harc-képtelenné vált eszközök elvontatása jelentette. A harckocsivontatók, valamint azok személyzetének feladatai később kibővültek a mentés, a vontatás, a kiürítés feladatain túl a helyszíni javítással, a segítségnyújtással és a nehéz terhek felemelésének lehetőségével is. A szerző cikksorozatában bemutatja a fejlődés ívét a világ első műszaki-mentő járművétől kezdve a legmodernebb eszközökig.

KULCSSZAVAK: harckocsik, páncélozott eszközök, műszaki-mentő jármű, harckocsivontató

ABSTRACT: With the appearance of tanks and armored vehicles on the battlefield, it became necessary to develop suitable rescue and towing devices in case they get stuck, break down, or are damaged in combat. Their rescue task in battlefield conditions is to tow equipment that has become incapacitated to a collection point for damaged equipment. Later on, the tasks of the tank tugs were expanded beyond the tasks of rescue, towing, evacuation, on-site repairs, assistance and the possibility of lifting heavy loads. In his series of articles, the author presents the arc of development from the world's first technical rescue vehicle to the most modern devices.

KEYWORDS: MBT's and armored vehicles, Armoured Recovery Vehicle, tank tug

* Nyugállományú mk. alezredes, a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia óraadó tanára 1990–1995 között.
ORCID: 0000-0002-5680-0822

1. ÁBRA.
A világ legrégebbi harckocsizó ezredénél, a brit 12. páncélos gyalogdandár páncélos ezredénél (Royal Tank Corps) kínai munkások brit katonai felügyelet mellett egy összetört Mark IV-es harckocsit kannibalizálnak 1918 tavaszán Teneur francia településen [1]



TANULMÁNYOK

2. ÁBRA.
Az M33 Prime Mover 240 mm-es löveget vontat. Olaszország, 1944 a) [3], M31 ARV (más néven M31 TRV) páncélozott mentőjármű a tel-avivi Batey ha-Osef Múzeumban kiállítva b) [4]



A LÁNC TALPAS HADITECHNIKAI ESZKÖZÖKRŐL – KÜLÖNÖSEN A HARCKOCSIKRŐL – TÖBB SZAKANYAG, ISMERTETŐ KIADVÁNY JELENT MEG, DE A MŰSZAKI-MENTŐ JÁRMŰVEKRŐL EDDIG JELENTŐSEN KEVESEBB MENNYISÉGŰ PUBLIKÁCIÓ LÁTOTT NAPVILÁGOT. A katonai szakirodalom nagy része is csak lényegre törően, a II. világháború alatt, majd azt követően kezdett el foglalkozni ezzel a területtel.

A harckocsik, páncélozott eszközök harctéri megjelenésével szükségessé vált azok elakadása, meghibásodása esetére megfelelő mentő-vontató eszközök kifejlesztése is. Természetesen az első időszakban ezen harci eszközök mérete és tömege a mai eszközökhöz képest jóval kisebb volt, de a kimentésük, kivontatásuk, esetleges helyszíni javításuk már szükségszerűen jelentkezett. A kezdeti időszakban

a mentés alapvetően az ideiglenesen használhatatlanná vált eszközök vontatását jelentette. A technikai eszközök fejlődése, és a harctéri alkalmazás tapasztalatai nyomán jelentkezett az az igény, hogy ne egy másik harceszköz vontassa a sérült eszközt, hanem erre a célra megfelelően kialakított, speciális járművek készüljenek. A technikai eszközök működésének biztosítása, támogatását öbféleszaki feladatot foglal magába. A harceszközök rohamos fejlődése, valamint egyre magasabb technikai színvonaluk megkövetelte a vontatók, a műszaki-mentő járművek tökéletesítését. Ezek a különleges feladatokra készített járművek – sajátos képességeik miatt – sajátos logisztikai hátteret, a kezelők speciális szakirányú felkészültségét igénylik. Harctéri körülmények közötti mentési feladatokat – ha a helyszíni javításuk nem lehetséges –

a harcképtelenné vált eszközök sérült technikai gyűjtőhelyre történő vontatása jelenti. A kezdeti időszakban alapvetően csak a vontatási képesség megteremtése volt a cél, majd később merültek fel az egyéb képességek kialakítására támasztott igények is. [2]

A harckocsivontatók fejlesztésének történetéhez – a teljesség igénye nélkül – nézzünk meg néhány kialakítást a különböző hadseregek fejlesztéseinek tükrében.

A világ első műszaki-mentő járműve a brit ARV (Armoured Recovery Vehicle) volt, amely a Mark IV-es nehéz harckocsi harcjárműtestére épült úgy, hogy a harckocsi elejére egy darut építettek, de a jármű akkoriban még nem rendelkezett sem csörlővel, sem tolóappal. (1. ábra) A teher emelése a darura függesztett kézi működtetésű láncos emelővel történt. Az eszközt elsősorban bázisokon alkalmazták.



a)



b)



c)

3. ÁBRA. Két darab Sd.Kfz 9-es vontat egy Tigris harckocsit a Citadella hadművelet előkészítése során Kurszk közelében, 1943. júniusában a) [6]. Az Sd.Kfz 9-es hat tonna teherbírású Billsten daruval szerelt változata b) [7]. Egy Sd.Kfz 9 88 mm-es (Flak 37) légvédelmi ágyúval c) [8]

Az Amerikai Egyesült Államok harckocsi gyártása az I. világháború és az azt követő időszakban az angol és francia harckocsik ún. „utángyártását” jelentette. Mivel az Amerikai Egyesült Államok területén 1939-ig nem folytak jelentős szárazföldi hadműveletek – kivéve az amerikai polgárháborút (1861–1865) – így csak a II. világháború kitörése után kezdtek hozzá a valódi fejlesztésekhez. Az amerikai tervezésű 1941–1942-ben gyártott második világháborús M3 típusú harckocsit Nagy-Britanniában fejlesztették tovább az M2-es közepes harckocsival szerzett tapasztalatok alapján. Az amerikai mintázatú toronnyal készült harckocsinak a konföderációs Robert Lee tábornok nevét, míg a brit változatok – mintás toronnyal készültek – az uniós Ulysses Grant tábornok nevét adták.



4. ÁBRA. Sd.Kfz 9 „Famo” 18 tonnás féllánctalpas vontató, Donington kastély, Leicestershire [5]

A harckocsikból az amerikai hadsereg az M31 TRV, a B1 és a B2 változatokat, valamint az M33 Prime Mover vontatót alakította ki. (2. ábra) Ezeket a vontatókat Wright Whirlwind típusú repülőgépmotorok hajtották. A leemelt torony helyére egy 27 t teherbírású csörlőt építettek be. Az Egyesült Királyságban a Grant típusból alakították ki a Grant ARV-t.

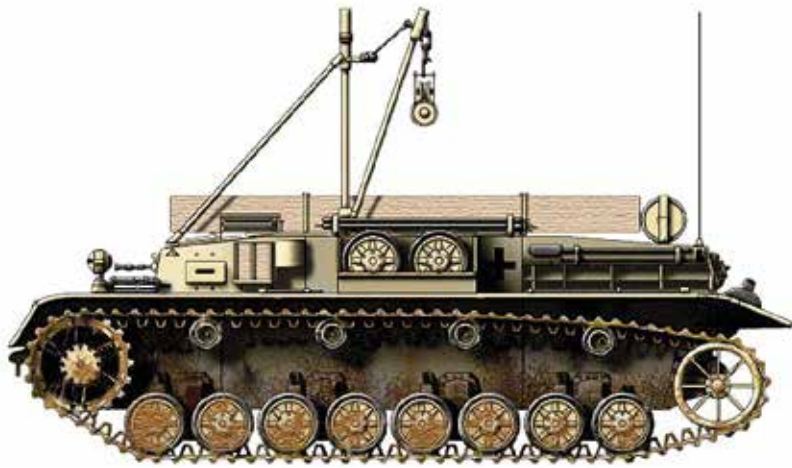
A Wehrmachtban (a Harmadik Birodalom fegyveres ereje) harckocsivontatóként az első időszakban (az 1930-as évek közepétől) az Sd.Kfz 9 típusú nehéz féllánctalpas jármű szolgált. (4. ábra)

Az Sd.Kfz 9 (Sonderkraftfahrzeug, a náci Németország katonai járművekre alkalmazott hadianyageltár megnevezése) 12,5 t öntömegű nehézvontatót a „Famo” (Fahrzeug und Motorenbau GmbH) cég gyártotta, amely a vontatási képességet 18 tonnánál határozta meg. Ebből a típusból három különféle változatot készítettek. (4. ábra) Az Sd.Kfz 9/1 6 t teherbírású daruval, az Sd.Kfz 9/2 10 t teherbírású emelővel, míg a harmadik változatot egy 88 mm-es légvédelmi ágyúval (Flak 18, Flak 37) látták el. Ez volt az első önjáró légvédelmi ágyú. A jármű mozgását egy 12 hengeres, benzin üzemű, Maybach HL 108 típusú, 201 kW (270 LE) teljesítményű motor végezte. A 20–25 t tömegű harckocsik szállítását (Pz.Kpf III, Pz.Kpf IV) – vontatási nehézség miatt – egy nagy teherbírású Sd.Ah 116 típusú utánfutó hozzákapcsolásával oldották meg.

A harckocsik gyors ütemű fejlesztése nyomán azonban azok össztömege megnövekedett, amelyet ez a típus már nem volt képes vontatni.

A Panzer IV harckocsi alvázára épített Bergepanzer IV (Sd.Kfz 164) vontatót a féllánctalpas vontatók helyett kívánták alkalmazni. (5. ábra) Az alváz mozgását a Maybach HL 120TRM 220 kW (300 LE) teljesítményű motorja végezte. A megbízható konstrukciónak köszönhetően több technikai eszköz építéséhez is felhasználták (pl. légvédelmi ágyú, vadász páncélos, önjáró löveg). A ráépített daru kis teherbírású volt, hiszen maximum 2 t tömegű teher emelését tette lehetővé. 1944 végétől 1945 márciusáig összesen 36 db-ot építettek ebből a torony nélküli ARV-ből. A fejlesztés során sem csörlővel, sem tololappal nem látták el. Fegyverzetét egy MG34 típusú 7,92 mm űrméretű géppuska képezte. A jármű tömege 19,5 t, hatótávolsága műúton 200 km, maximális sebessége 45 km/h, kezelőszemélyzete 5 fő volt. [9]

A műszaki-mentő járművek fejlesztése a Pz.Kpfw V Panther harckocsi alvázán is folyt, amelyet Bergepanzerwagen Panther néven rendszeresítettek. A MAN által gyártott vontatók 1943-ban álltak szolgálatba. A torony helyére a jármű motorja által hajtott 40 t teherbírású csörlőt építettek be. Rendelkezett továbbá egy 1,5 t teherbírású daruval is, és a páncéltest hátsó részén egy támasztó talpat (ún. sarkantyút) helyeztek el. A motor- és erőátviteli tér fölött rakteret alakítottak ki alkatrészek, részegységek szállítására. Ezeket a mentő-vontatókat rendszeresítették a közepes, illetve nehéz páncélvadász-zászlóaljknál, illetve a Tiger I és a Tiger II nehézharckocsi-zászlóaljknál. A 43,3 t tömegű vontató mozgását egy 515 kW (700 LE) teljesítményű, May-



5. ÁBRA. Bergepanzer IV felszerelt daruval [10]

bach HL 230 P30 típusú 12 hengeres benzinmotor végezte. A jármű hatótávolsága országúton 310 km, terepen 150 km, kapaszkodó képessége 30°, árokáthidaló képessége 2,2 m volt. Fegyverzetét ennek a típusnak is egy 7,92 mm űrméretű MG34-es géppuska képezte. (6., 7. ábra)

A harcokcivontató és személyzete fő feladatai kibővültek a mentés, vontatás, kiürítés feladatain túl a helyszíni, szükségszerű javítással, segítségnyújtással és nehéz terhek felemelésének a lehetőségével is. [12] A vontatás egyik legfontosabb tényezője a vonóerő-kifejtés megvalósulása. A lánctalpas járószerkezet és a talaj kölcsönhatása teszi lehetővé, hogy a vontató a rendelkezésre álló motorteljesítményt hasznosítsa. A lánctalpas eszközök alacsony fajlagos talajnyomásuknak köszönhetően kevésbé szilárd talajviszonyok esetén is képesek leküzdeni a terep nehézségeit. A vonóerő a lánctalpaknál addig érvényesül, amíg a talaj ellenállását nem tudja leküzdeni. Amennyiben ez bekövetkezik, akkor a lánctalp megcsúszik és „elnyírja” a talajt, a lánctalp kipörög. Ez a jelenség természetesen mindenkor függ a talaj szerkezetétől, szilárdságától, vagy lazaságától. A lánctalp kialakítása, a kapaszkodó körmök, a felfekvő felület nagysága meghatározó. Általában fő elv, hogy a műszaki-mentő járműveket az alapjármű alvázán alakítsák ki, így annak tömege közel azonos a vontatásra tervezett eszközökével. Fontos tényező a kerekes és lánctalpas járművek esetében a fajlagos talajnyomás nagysága. A fajlagos talajnyomás, az adott eszköz tömege és a felfekvő felület hányadosa egységnyi terület-

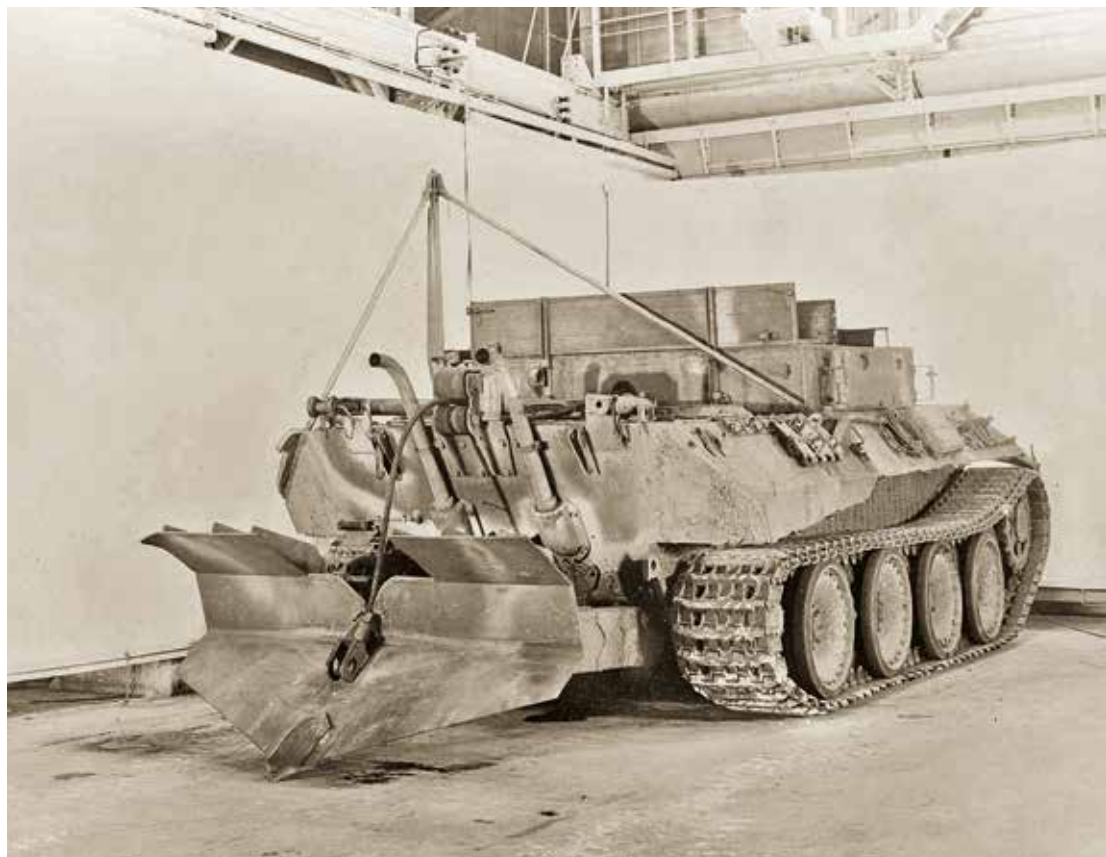
re merőlegesen ható erő, amelynek mértékegysége kg/cm^2 vagy N/m^2 . A vontatás hatásfoka a talaj és a lánctalp kialakításának, kölcsönhatásának a függvénye. A vonóerő mértékét vontatási vizsgálatokkal végzik különböző terepviszonyok között. A terhelést mindaddig fokozzák különböző sebességi fokozatokban, amíg a lánctalp meg nem csúszik, vagy a motor le nem fullad. A járószerkezet talajjal való kapcsolatát adhéziós kapcsolatnak nevezzük, amely részben súrlódást, részben nyírást takar, és ennek eredményeként meghatározható a kapaszkodó képesség



6. ÁBRA. Bergepanzerwagen Panther szemből [11]

viszonyzáma. Az adhéziós tényező szoros függvénye a terep fizikai és mechanikai tulajdonságainak. A műszaki paraméterek meghatározásakor – a különböző menetellenállások közül – érdemlegesen csak a gördülési ellenállással kell számolni. Ez a terepen történő mozgás során a jármű talajba való süllyedésében jelentkezik, amely a jármű mozgásával szembeni ellenállást jelenti. A műszaki mentés során azonban a vontató erőátviteli rendszere – különösen emelkedők és fordulások alkalmával – nagyobb terhelést kap. Mint látható, ez a tevékenység úgy technikai területen, mint

7. ÁBRA. Egy Bergepanzerwagen Panther a londoni Birodalmi Háborús Múzeumban (Imperial War Museums). A páncélozott műszaki-mentő jármű hátsó részén látható a támasztó talp [11]



a kezelők részéről a szakszerű, biztonságos feladat végrehajtásának során, elég összetett feladat. A korszerű műszaki-mentő járműveket rendszerint tololappal, emelő daruval, elektromos hegesztő-vágó berendezéssel, csigákkal, alkatrész szállítására alkalmas raktérral is felszerelik. A mentő-vontató járművek fő funkciója a nagy teljesítményű főcsörlőberendezés és a segédcsőrlőmű segítségével megvalósuló csörlőzés. Az eszközök rendelkeznek a műszaki alapokat jelentő harckocsi terepjáró és akadályleküzdő képességeivel, így képesek a mélygázlón történő, vagy víz alatti átkelés végrehajtására is.

A szovjet harckocsitervezők is az az elvet követték, hogy a már meglévő harckocsik alapjaira telepítsék azok mentő-vontató járműveit. A II. világháborúban és az azt követő évtizedekben épített vontatók a T-34, az ISZ-2, az ISZ-3, a T-54 és T-55 típusú harckocsik, valamint a SZU-85/100 és az ISZU-122/152 típusú rohamlövegek alvázaira készültek el. A szovjet T-54-es alváz volt az alapja a BTSZ-2

vontatónak. A további korszerűsítések, átalakítások ezen vontató alapján készültek.

Az 1965 és 1968 között, a Magyar Néphadsereg rendszeréből kivont 50 db T-34/85 típusú harckocsiból, a Gödöllői Gépgyárban (ma HM Currus Gödöllői Harcjárműtechnikai Zrt.) alakították ki a T-34V közepes harckocsvontatókat. (8. ábra) A vontató nem rendelkezett semmilyen speciális berendezéssel, a harckocsitorony helyére egy nyolcszögletű torony került. Ez szükségszerű megoldás volt a vontatóhiány enyhítése érdekében.

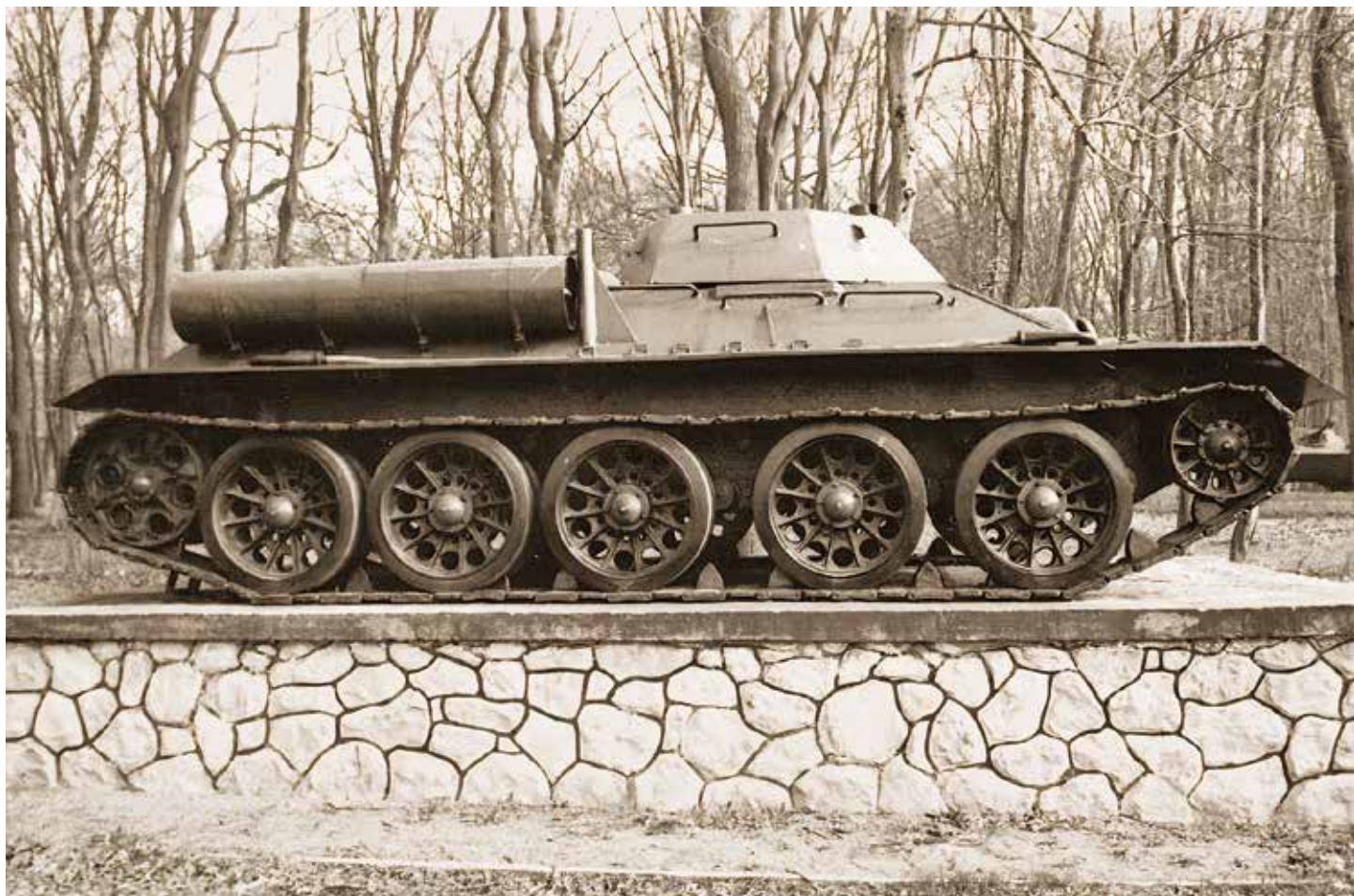
A 9. ábrán láthatók a szovjet típusú alvázakra épített harckocsi műszaki-mentő különböző feladatokra optimalizált kialakításai, fejlődésük, alap-típusaik.

1. rajz: T-34-es alvázra épített változat csörlő nélkül, a torony helyére épített daruszerkezettel.
2. rajz: T-34-es alvázon kialakított nagy teljesítményű VT-34 csörlős harckocsvontató, amelyet a csehszlovákiai Martinban

és a lengyelországi Lébedyben gyártottak.

3. rajz: T-54-es alvázra épített csörlős, szállító térrel készített műszaki-mentő jármű, támasztótalppal.
4. rajz: T-54-es alvázon lévő víz alatti átkeléshez rendszeresített búvócsővel ellátott vontató, az NDK Nemzeti Néphadseregben (Nationale Volksarmee – NVA) állt rendszerben.
5. rajz: T-54T alvázon, víz alatti átkeléshez rendszeresített búvócsővel, szállító térrel és támasztótalppal rendelkező, „T” jelű vontató. (A „T” tjjagacs oroszul vontatót jelent.)
6. rajz: T-54T alvázon épített csörlővel, emelő daruval és tololappal készült vontató.
7. rajz: ISZU-T az ISZU-152-es alvázára épített nehéz harckocsvontató csörlővel, kis daruval, víz alatti átkelés búvócsőjével.
8. rajz: ISZU-T nehéz harckocsvontató csörlővel, nagy teherbírású daruval.

8. ÁBRA.
A T-34V harckocsvontatók egyike emelvényen, 1. Robbanóanyag-raktár Devecser (MN 7508), meggyeserdői bázisán (Fotó: Szollár János)



A további fejlesztések eredményeként a csehszlovák tervezők Martinban először elkészítették a VT-55A csörlős harckocsivontatót és a JVBT-55A darus harckocsivontatót. A VT-55A csörlős, majd a JVBT-55A darus harckocsivontató alvázat már a T-55-ös harckocsi alvázára építették.

CSV-34 (WPT-34) CSÖRLŐS HARCKOCSIVONTATÓ

A WPT-34 típusú lengyel vontatókat a Magyar Néphadseregben CSV-34 típusjelzéssel látták el. (10. ábra) Az 1964-ben rendszeresített WPT egy ideiglenes megoldás volt, majd ezt követte a WZT-1 típus, amely már a T-55-ös harckocsi alapjaira épült és csörlővel, daruval is rendelkezett. A felépítmény kialakítása hasonló volt – szinte megegyezett a cseh változattal (VT-34) – hiszen itt kapott helyet a nagy méretű csörlődob, a kezelőszervek, és azok meghajtása. A páncéltest hátsó részére felszerelték a támasztó talpat, amelyet a csörlőzés alkalmával engedtek le, azaz biztosítva a vontató stabil helyzetét. Ez a típus mélygázló leküzdéséhez

rendelkezett levegőcsővel is. (A korábbi CW-34-es csörlős vontató nem rendelkezett „sarkantyúval”).

A CSV-34 (WPT-34) felépítmény a T-34/85M közepes harckocsi alvázára épült. Tömege 31 t, kezelőszemélyzete 2 fő. A vontató V2-34 típusú, 382 kW (520 LE) teljesítményű, 12 hengeres, négyütemű, közvetlen befecskendezésű, folyadékűtésű, dízelmotorral rendelkezett. Hatótávolsága az út minőségétől függően 160–350 km, árokáthidaló képessége 2,5 m volt. Vízi akadály leküzdése (megfelelő előkészítés után) mederfenéken 5 m vízmélységig volt lehetséges. 1,5 m gázlóképesseggel, ürítő vízszivattyúval és GPK-48 pörgettyús iránytűvel rendelkezett. Fegyverzetét egy db DTM 7,62 mm űrméretű géppuska képezte, amelyhez 15 tárat rendszeresítettek. A 120 m hosszú fűcsörlő kötél 37 kötélmenettel tekercselődött fel az 1090 mm átmérőjű csörlődobra. A munkavégzés utáni feltekerés-kor a kötél egy 3 forgókéféből álló kötéltisztítón áthaladva jutott a tárolódobra.

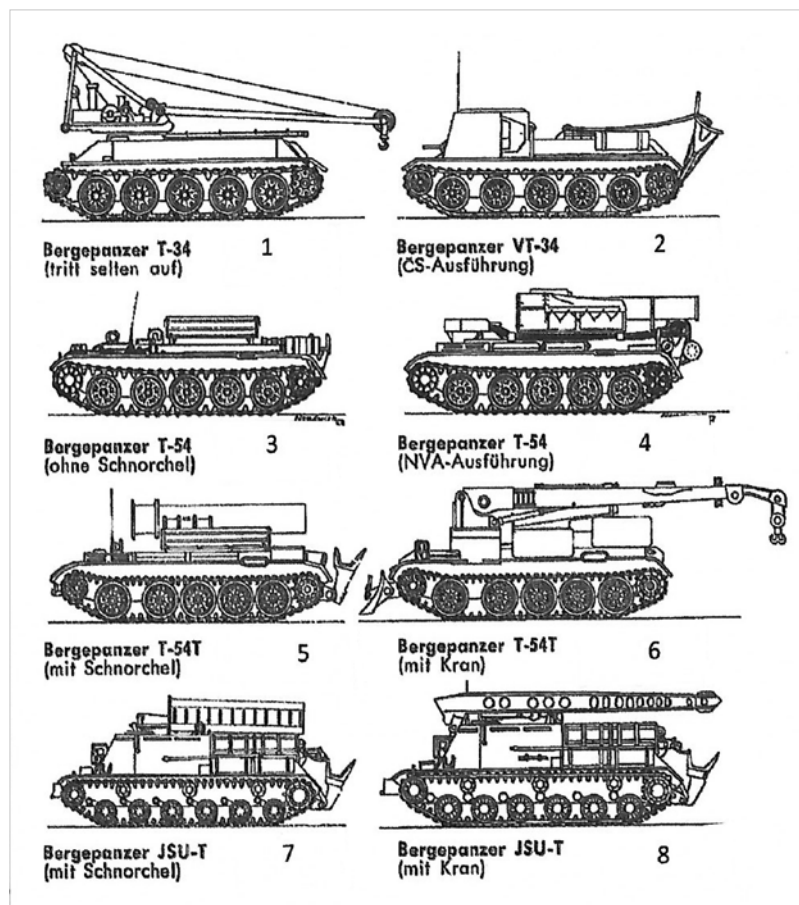
A csörlőkötél megengedett maximális terhelhetősége 30 t volt, de csigák alkalmazásával ez 60, 90, sőt akár 120 t-ra volt növelhető. A csörlő hajtóműve homlokfogaskerekes, két bolygóműves rendszerű, ahol a motor és nagy csörlődob közötti áttételi arány 1:323 volt.

A segédcsőrlőkötél hossza 240 m, átmérője 8 mm, a támasztótalp tömege 820 kg volt.

(Folytatjuk)

10. ÁBRA.

WPT-34-es lengyel csörlős harckocsivontató a lengyelországi Drozno város közepében található Lubuskie Katonai Múzeumban [14]



9. ÁBRA. A T-34-es, T-54-es és ISZ harckocsi alvázakra épített vontatóváltozatok [13]

HIVATKOZÁSOK

- [1] Forrás: David McLellan. Public domain, via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_British_Army_on_the_Western_Front,_1914-1918_Q9865.jpg (Letöltve: 2023. 08. 15.)
- [2] Bishop, Chris. (szerk.) *Waffen des zweiten Weltkriegs: eine Enzyklopädie*. Bechtermünz, Augsburg, 2000, ISBN 3-8289-5385-9.
- [3] Forrás: https://www.reddit.com/r/TankPorn/comments/2scwub/m33_towing_a_240mm_howitzer_near_mtporchia_italy/ (Letöltve: 2023. 08. 15.)
- [4] Forrás: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:M31-ARV-batey-haosef-2.jpg> CC BY-SA 3.0 (Letöltve: 2023. 08. 22.)
- [5] Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sd.Kfz._9_Donington_Grand_Prix_Collection.jpg Morio, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons. (Letöltve: 2023. 08. 22.)
- [6] Forrás: Bundesarchiv, Bild 101I-311-0904-04A / Vack / CC-BY-SA 3.0, CC BY-SA 3.0 DE <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/deed.en>>, via Wikimedia Commons. (Letöltve: 2023. 08. 22.)
- [7] Forrás: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv_Bild_101I-235-0996-02A,_Russland,_Reparatur_Panzer_III_mit_Sd.Kfz._9-1.jpg (Letöltve: 2023. 08. 22.)
- [8] Forrás: <https://www.worldwarphotos.info/> (Letöltve: 2023. 08. 22.)
- [9] Wirtgen, Rolf. (szerk.) *Die Instandsetzung des Bergepanthers. Überblick und Sachstandsbericht*, April 2004. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, Koblenz, 2004, ISBN 3-9270-3865-2.
- [10] Forrás: https://2vilaglaborufegyverei.blog.hu/2017/10/29/bergepanzer_iv_muszaki_mentojarmu (Letöltve: 2023. 05. 02.)
- [11] Forrás: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bergepanther> (Letöltve: 2023. 08. 17.)
- [12] Kovácsházy Miklós. *A harckocsik önmentésének kérdései*, Hadmérnök, VII. évf. 2012/2. szám, pp. 65–76.
- [13] Wiener, F. *Die Armeen der Warschauer-Pakt-Staaten* 6. Aufl. – Truppen dienst Taschenbuck – Fremde Heere, Der Warschauer Pakt (Bécs, Verlag Carl Ueberreuter, 1974), p. 265.
- [14] Forrás: <https://www.flickr.com/photos/131561895@N06/27455241851> (Letöltve: 2023. 08. 15.)



OZSVÁTH SÁNDOR*

SHAHED-131 ÉS 136 TÍPUSÚ „KAMIKAZE” DRÓNOK AZ OROSZ-UKRÁN HÁBORÚBAN

1. ÁBRA.
Shahed harci drón
(Forrás: Shutterstock)

A 2022 FEBRUÁRJÁBAN UKRAJNA ELLEN MEGINDÍTOTT OROSZ TÁMADÁS TÖBB TÉREN IS JELENTŐS VÁLTOZÁSOKAT HOZOTT A HARCTEREKEN. Az ukrán nagy teljesítményű UAV- (Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli légi jármű) eszközöknek köszönhetően a támadások nemcsak a peremvonalban, hanem nagyobb mélységben is végrehajthatók voltak. Mára már világossá vált, hogy a konfliktus első időszakában az orosz hadvezetés mennyire alulértékelt az ilyen csapásokra alkalmas rendszerek fontosságát. A harctéren szerzett tapasztalatok feldolgoása egyértelmű volt, Oroszországnak rövid időn belül be kellett szereznie egy nagy hatótávolsággal rendelkező, csapásmérésre alkalmas drónrendszert. Többéves fejlesztésekre nem állt rendelkezésre idő, ezért a segítség szokatlan helyről érkezett.

Az Iráni Iszlám Köztársaság hadiipara a több évtizede érvényben lévő szankciók miatt sajátos fejlődési pályát járt be. Az iszlám kulturális forradalomból adódó elszigetelődés miatt Irán saját kutató- és fejlesztőközpontokat hozott létre a hadiipar minden területén. Repülőgépipari szempontból első figyelemreméltó eredményük

a Mohammad Reza Pahlavi sah uralkodása idején¹ rendszeresített F-14A Tomcat vadászrepülőgépek önálló üzemben tartása, nagyjavítása, valamint fejlesztése volt. [1] Az embargók ellenére magas szintű ipari-gazdasági kapcsolatokat építettek ki Kínával, amelynek a segítségével hozzájutottak a modern technológiákhoz.

Mahmud Ahmadinezsád elnöksége idején² ezeknek az eredményeknek az elérése érdekében magas színvonalú mérnökképzést, valamint államilag irányított kutatási programokat hoztak létre. Ennek az előkészítő tevékenységnek volt köszönhető a Shahed Aviation Industries Research Center létrejötte is.

Az Irakkal közel nyolc éven keresztül vívott háború tapasztalatait feldolgozva, az iráni kutatók és elemzők rájöttek, milyen fontossággal bír a kritikus infrastruktúra, különösen az energiaellátó rendszerek mélységben történő pusztítása. Ezt az elméletet támasztotta alá az Izrael által a környező országok atomenergetikai létesítményeit érintő megelőző csapások sikeres végrehajtása 1981-ben és 2007-ben. A hagyományos harci repülőgéppel végrehajtott precíziós csapásmérő képesség fejlesztése mel-

ÖSSZEFOGLALÁS: Az orosz–ukrán háború bebizonyította, hogy a modern hadviselés egyik meghatározó eleme a drónokkal vívott légi háború. A Bayraktarral elért kezdeti sikerek után, Oroszországgal egy olcsó, iráni eredetű drónrendszerrel mért csapásokat az ukrán háttérre. Tekintettel a téma sajátosságaira, valamint a tudományos publikációk hiányára, a szerző tanulmányában a nyílt forrású információszerezés (Open Source Intelligence – OSINT) módszereihez fordult. Az elektronikus sajtóban megjelent cikkek és képek alapján elemzi az adatokat, majd bemutatja és összehasonlítja a típusokat.

KULCSSZAVAK: UAV, dróntámadás, légvédelem, orosz–ukrán háború, kamikazedrón, Irán, légtér, Shahed

ABSTRACT: The Russian-Ukrainian war proved that one of the defining elements of modern warfare is aerial warfare fought with drones. After the initial Ukrainian Bayraktar successes, Russia struck the hinterland with a cheap Iranian drone system. Considering the peculiarities of the topic and the lack of scientific publications, the author turned to open source information acquisition (Open Source Intelligence – OSINT) methods in his study. Based on the articles and pictures published in the electronic press, it analyzes the data and presents information and compares the types.

KEYWORDS: UAV, Drone attack, air defence, Russian-Ukrainian war, kamikazedrone, Iran, airspace, Shahed

* Katonai szakértő.
ORCID: 0000-0002-1043-7076

¹ Mohammad Reza Pahlavi (Teherán, 1919. október 26. – Kairó, 1980. július 27.) Perzsia (Irán) utolsó sahja, uralkodásának ideje: 1941. 09. 26. – 1979. 01. 26.

² Mahmud Ahmadinezsád 2005-től 2013-ig, két elnöki ciklus erejéig viselte az államfői tisztséget.

lett az iráni hadiipar vezetői kiemelt figyelmet fordítottak egy új, „kamikaze” felhasználású csapásmérő drón kifejlesztésére is.

A jól körülhatárolt fejlesztési elvárások mentén a Shahed Aviation Industries Research Center elődszervezetei már az 1990-es évek közepén megkezdtek az első iráni merevszárnyas, pilóta nélküli repülőgépek létrehozását. A különböző Shahed típusok fejlesztése során észrevehető, hogy az országot érintő szankciók miatt a tervezők lehetőségei igen erős korlátok közé szorultak. Emiatt jól megfigyelhető a lehető legegyszerűbb műszaki megoldásokra történő törekvés, amely minden téren megvalósul. E tervezői kényszerpályán történő mozgásnak az export szempontjából előnye is volt, hiszen a korlátozott képesség igen alacsony darabonkénti árral is párosul. A 900 km-es távolságban lévő célok támadására alkalmas Shahed-131-es ára 20 000 dollár alatti, míg a repülőgépekről indított precíziós fegyverek ára ennek több tízszerese, cirkálórakéták esetén ennek több százszorososa.

A Shahed-131 és 136 kétségkívül legnagyobb exportsikere, a típusok Oroszország számára történő megrendelése és alkalmazása. A két típus 2022 harmadik negyedévében történő harctéri bemutatkozását követően [2] új képesség birtokába került az orosz hadvezetés, ezért mindenképpen érdemes közelebbről megismerkedni a tanulmányunk témájául szolgáló pilóta nélküli repülőgépekkel.

SHAHED-131

Bár a Shahed-131-es eszközök nagyobb számban elsőként az orosz-ukrán háború során kerültek bevetésre, a legelső alkalmazásuk mégis egy közel-keleti ország, Szaúd-Arábia ellen irányult. A 2019. szeptember 14-én végrehajtott támadás [3] jelentős zavarokat okozott az arab ország olajiparában. Irán proxy tevékenységének részeként Abkaikban és Huraiszban, a huthi lázadók által végrehajtott dróncsapások kiváló példái a kritikus infrastruktúra ilyen irányultságú veszélyeztetettségének. A szaúdi területről indított eszközök kis magasságon közelítették meg a célokat, és bár az eszközöket több alkalommal is érzékelték a radarok, a Patriot légvé-

delmi rakétarendszer nem volt képes ellenük hatékonyan tevékenykedni.

A Shahed-131 egy aerodinamikai és szerkezeti szempontból szinte azonos család első tagja. Deltaszárny-kialakítású, szárnyvégi wingleiteit (szárnyfül) kormányfelületekkel látták el, így hagyományos értelemben vett függőleges vezérsíkja nincs. A harci rész egybeépített a sárkánnyal, így elmondható, hogy a Shahed aerodinamikai szempontból átmenet a hagyományos deltaszárnyú, és a csupaszárny repülőgépek között. Meghajtásáról – egy tolólégcsavaron keresztül – egy Wankel rendszerű motor gondoskodik. Ennek a motortípusnak előnye a viszonylag egyszerű, bolygó dugattyús kialakítás, azonban hátránya a rendkívül erős hangja. (A hasonló kategóriájú izraeli Skystriker, elektromos meghajtásának köszönhetően gyakorlatilag hangtalanul közelíti meg a célt).

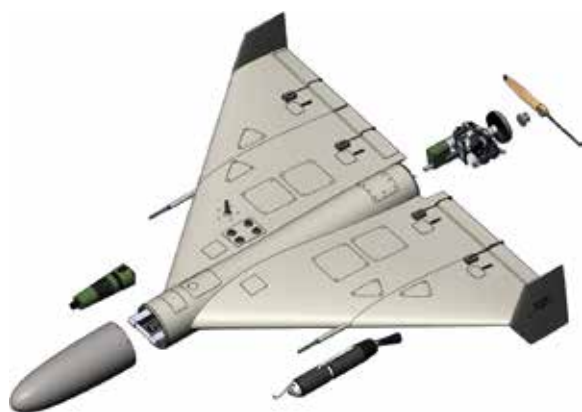
A repülőgép indítása egy 5 db-os indítókonténerből, 45 fokban megdőntve történik. (2. ábra) Ezt az indító- és tárolóplatformot úgy alakították ki, hogy méretét tekintve könnyen rögzíthető legyen egy általános jellegű billenőplatós teherautón. Az indításhoz szükséges szög beállítását a tehergépjármű emelő hidraulikájának munkahengere végzi. Maga az indítókonténer bármilyen billenőplatós tehergépjárműhöz integrálható, hiszen a gépek és a konténer tömege valószínűleg nem haladja meg még az 1,5 tonnát sem. Ez a megoldás is mutatja, hogy a rendszer tervezői mennyire törekedtek a lehető legolcsóbb műszaki megoldásokra.

A felszállás során a Shahed motorja csak akkor indul be, amikor már biztonságos távolságra eltávolodott a konténerrel, és az indításhoz használt piropatron kiégett. Szabad repülésben a Shahed viszonylag lassan repül, vizuálisan is jól érzékelhető. A térbeli helyzetét GPS-alapon (nem ismert melyik hálózatot használva) határozza meg, talajkövető radarrendszerrel, vagy egyéb bonyolultabb fedélzeti berendezéssel nem rendelkezik, csupán egy giroszkopikus, inerciális navigációs rendszerrel. Bár a szoftveres képességeiről nincsenek megbízható információink, de nagyon valószínű, hogy előre beállítható a célokba történő becsapódás szöge és iránya is. A Shahed-131 és 136 nem rendelkezik visszatérő képességgel, azonban nagy valószínűséggel külső parancsra képes megszakítani a támadást, és egy előre beprogramozott tartalék célba becsapódni. Az eszközök visszatérésére, majd újbóli felhasználására természetesen nincs mód.

Az első lelőtt Shahed-131-es repülőgépekről készült felvételeket [4] elemezve megállapítható, hogy a felhasznált anyagok nagyon egyszerűek, többségében a repülőgép modellezéshez használt üvegszálas anyagokhoz hasonlóak. A sárkány elemei egyszerű sablonokban, minimális gépi munkával, kézzel ragasztva készülhetnek. Mivel ezeket az eszközöket eleve megsemmisülésre tervezték, ezért a gyártónak semmilyen repülőgépipari szabványt sem kell alkalmaznia az anyagok kiválasztása során, amelynek

2. ÁBRA.
A Shahed drónok szállítókonténerének indítási pozícióba állítása [12]





3. ÁBRA.
A Shahed-136-os
főbb részei [13]

eredményeként az eszközök igen kis összegből megépíthetők.

A gép elektronikai rendszereiről és azok képességeiről nem rendelkezünk széles körű információkkal. A lelőtt gépek roncsait vizsgálva, a világhálón is megvásárolható elektronikai részegységeket találunk. A repülésvezérlő számítógép amerikai Texas Instruments gyártású alkatrészeket [5], illetve egyéb kínai eredetű komponenseket tartalmaz. A repülőgép GPS-alapon vezeti magát a célra, és valamilyen szintű zavarás elleni védelemmel is rendelkezik, amelynek jellemzői nem ismertek. Mivel elektronikai képességei viszonylag szerények, ezért nem tekinthető klasszikus loitering-rendszerű drónnak, azaz nem képes arra, hogy önállóan, a célterület fölött „csavarogva” saját maga rangsorolja, majd fontossági sorrendjüket figyelembe véve, küzdje le a célokat.

A repülőgép meghajtásáról egy kínai gyártmányú MDR 208-as típusú [6], léghűtéses Wankel-motor gondoskodik. Az iráni tervezők nem véletlenül döntöttek ennek az erőforrásnak a beépítése mellett. A kínai motorfejlesztők az elmúlt években

olyan újgenerációs Wankel-motorokat fejlesztettek ki, amelyeknek megbízhatóságuk mellett, a teljesítményük is figyelemre méltó. Az MDR 208-as ezen a téren is kimagaslik a mezőnyből, mivel mindössze 9,8 kg-os tömege mellett, 7800-as fordulatszámon 28 kW-ot (37 LE) képes leadni.

SHAHED-136

A közös aerodinamikai alapokkal rendelkező Shahed-136-os (3. ábra) nemcsak méreteiben, hanem képességeiben is magasabb szintet képvisel, mint a 131-es típus. (1. táblázat) Kisebb testvérétől eltérően nem Wankel-motorral, hanem egy kínai MD 550-es, léghűtéses, boxermotorral működik. (2. táblázat) A külön olajozás nélküli, hengerként külön karburátorral rendelkező, kétütemű erőforrás sok hasonlóságot mutat az ultrakönnyű repülőgépipítőik körében is népszerű német Limbach L550E motorral [7]. Azt a tényt, hogy az iráni tervezők mennyire az olcsó kivitelre törekedtek jól mutatja, hogy a cikk írásakor a négyhengeres MD 550-es motor 900 dolláros áron rendelhető az egyik legnagyobb kínai webáruházban.

A megnövekedett törzs lehetősége nagyobb teljesítményű és méretű elektronikai rendszerek beépítését. A repülőgép rendelkezik inerciális navigációs rendszerrel is, amely alapvetően a GPS-alapú navigációs rendszer tartalékának nevezhető. Amennyiben a repülőgép elveszíti a GPS-jelet, vagy zavarás miatt azt „letolja róla”, a navigációs feladatokat az inerciális rendszer veszi át. Amennyiben a repülőgép ismételtelen képes GPS-jelet érzékelni, automatikusan elkezd helyesbíteni az inerciális rendszer pontatlanságából adódó eltéréseket. Az UAV további elektronikai képességeiről nagyon kevés információ áll rendelkezésre. Nagy biztonsággal kijelenthető azonban, hogy akár a 131-es esetében, itt sem beszélhetünk bonyolult elektronikai rendszerekről, vagy szoftveres (pl. alakfelismerő) alkalmazásokról.

A Shahedek 2022 harmadik negyedévében jelentek meg az ukrain hadszíntéren, Geran-1, illetve Geran-2 elnevezéssel. (4. ábra) Akárcsak az új technológia kezelését, annak műveleti

alkalmazását is meg kellett tanulniuk az orosz katonáknak.

A háború ezen szakaszában a Shahedek megjelenése kifejezetten hasznára vált az orosz hadvezetésnek, mivel a beszerzési árak töredéke volt az amúgy is nehezen pótolható (lassan gyártható) cirkálórakétáknak. 2022 októberében már jól megfigyelhető volt, hogy arra kezdték használni ezeket az eszközöket, amire igazán valók, azaz az ellenség kritikus infrastruktúrájának rombolására. Több napon keresztül támadták a kijevi elektromos hálózatot, illetve egyéb kulcsfontosságú energetikai célokat. A több hullámban végrehajtott támadás második és harmadik szakaszában már országos szinten transzformátorállomásokat, hálózati elosztó pontokat vontak támadás alá. A szisztematikusan és módszeresen végrehajtott támadások jelentős zavarokat okoztak az ukrán villamosenergia hálózatban [8]. A hálózati elosztópontokat és alközpontokat ért dróntámadások miatt az ellátási zavarok és tartós áramszünetek folyamatossá váltak az egész ország területén. A kritikus infrastruktúrák támadása során az is megfigyelhető volt, hogy az oroszok igyekeztek a támadásokat térben és időben összehangolni, ezzel is fokozva az ukrán légvédelem túlterheltségét.

A Shahedek támadásának elhárítása – a célpontok országos szinten történő szétszórtsága miatt – rendkívül nehéz helyzet elé állította az ukrán légvédelmet. A támadássorozat első napjaiban világossá vált, hogy bár az ukrán radarrendszer több alkalommal is képes volt felderíteni a kis magasságon beérkező drónokat, a rájuk vezetett MiG-29-es vadászrepülőgépek azonban nem voltak képesek azokat megsemmisíteni. A kis magasságon és kis sebességgel repülő drónok szabad szemmel történő felderítése korántsem egyszerű feladat, a rakétaindítás pedig a kis méretű, belső égésű motorok elenyésző hőképe miatt szinte lehetetlen.

Ukrán szempontból további aggodalomra ad okot a Shahedek oroszországi gyártásának megindítása [9]. Az orosz és az iráni gyártási kapacitások összeadódása miatt a bevethető eszközök száma várhatóan tovább nő.

1. TÁBLÁZAT.

A Shahed-131 és 136 típusú UAV-k összehasonlítása
(Forrás: militarydrones.org)

Típus	Shahed-131	Shahed-136
Szárnyfeszítávolság [m]	2,2	2,5
Maximális felszállótömeg kg]	135	200
Hatótávolság [km]	900	2500 (36 kg harci résszel)
Harcirész tömege [kg]	15	36-50
Motor	Léghűtéses Wankel-motor	Léghűtéses kétütemű boxer motor
Motor típusa	MDR 208	MD 550
Maximális sebesség [km/h]	180	185
Ár	20 000 USD alatt	20 000-50 000 USD
Rendszerbe állítás éve (Irán)	2019	2021

ÖSSZEGZÉS

Az eddig publikált tudományos cikkek kis száma miatt az információkat nyílt forrású információszerzés (Open Source Intelligence – OSINT) módszerével, az elektronikus sajtóban megjelent cikkek és fotók alapján elemeztük. Megállapítottuk, hogy a Shahed-131 és 136 típusú UAV-k technikai értelemben semmilyen rendkívüli jellemzővel sem rendelkeznek. Ukrajnában történő alkalmazásuk azonban rávilágított arra, hogy nagy mélységben a kritikus infrastruktúra elleni támadások nemcsak a hagyományos értelemben vett precíziós fegyverekkel hajthatók végre, hanem töredék költségekből előállított kamikaze drónokkal is. A repülőgépekről indított cirkálórakéták, a GPS- vagy lézervezérlésű siklóbombák alkalmazása mögött álló ember napjainkra ugyanolyan értékké vált, mint maga a fegyverrendszer, amit kezel. Mivel a Shahedek egyszerű „fire and forget” (tüzelj és felejtse el) jellegű fegyverek, a rendszert üzemeltető operátorok kiképzése töredékébe

Típus	MDR 208	MD 550
Elrendezés	Wankel-motor	Kétütemű boxer motor
Gyártó	Beijing Micropilot UAV Control System Ltd. (Kína)	Xiamen Limbach Aircraft Engine Co., Ltd. (Kína)
Hengerűrtartalom [cm ³]	208	548
Teljesítmény [kW]	28 (38 LE) 7800-as fordulatszámon	37 kW (50 LE) 7500-as fordulatszámon
Tömeg [kg]	9,9	16
Hengerek száma [db]	1 (bolygódugattyú)	4
Üzemanyag	AVGAS (LL100) repülőbenzin	AVGAS (LL100) repülőbenzin, vagy legalább 90-es oktánszámú autóbenzin, keverve kétütemű szintetikus motorolajjal
Hűtés	Légűtés	Légűtés
Gyújtás típusa	Mágneses	Mágneses

kerül a hagyományos precíziós fegyverrendszereket kezelőkének.

A Bayraktar drónok ukrajnai megjelenése új fejezetet nyitott a modern hadviselésben. [10] A rendkívül olcsó Shahedek alkalmazása azonban újra életre keltett számos, mára elfelejtett vagy háttérbe szorult harceljárás. A tömegesen támadó, alacsonyan és kis sebességgel repülő eszközök felderítése érdekében újra megjelentek a fényszórós és akusztikai felderítő

egységek. [11] Leküzdésük leghatékonyabban a radarvezérelt csöves légvédelmi rendszerekkel (pl. Gepard 1A2) oldható meg, ezért a közeljövőben ezeknek a rendszereknek a modernizációja is várható.

Az orosz-ukrán háború tapasztalatai alapján megállapítható, hogy a Shahed-131 és 136 típusú UAV-k sikere nem a technikai fejlettségükben, hanem rendkívül alacsony árukban keresendő.

2. TÁBLÁZAT.
Az MDR 208 és MD 550 típusú motorok összehasonlítása (Forrás: uavstar.com)

4. ÁBRA.
A Shahed-136 (Geran-2) főbb harcászati-műszaki jellemzői (Forrás: Shutterstock)

HIVATKOZÁSOK

- [1] How Iran manages to keep its F-14 Tomcats flying, KeyAero. <https://www.keyaero/article/how-iran-manages-keep-its-f-14-tomcats-flying> (Letöltve: 2023. 10. 28.)
- [2] Russia's Iranian-Made UAVs: A Technical Profile, RUSI.org. <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/russias-iranian-made-uavs-technical-profile> (Letöltve: 2023. 10. 28.)
- [3] Two Major Saudi Oil Installations Hit by Drone Strike, and U.S. Blames Iran, The New York Times. <https://www.nytimes.com/2019/09/14/world/middleeast/saudi-arabia-refineries-drone-attack.html> (Letöltve: 2023. 11. 06.)
- [4] Iranian UAVs in Ukraine: A Visual Comparison, Defense Intelligence Agency United States of America. https://www.dia.mil/Portals/110/Documents/News/Military_Power_Publications/UAV_Book.pdf (Letöltve: 2023. 10. 29.)
- [5] Most Components Found in Iranian Shahed Drones Originated in the U.S., Defense Express. https://en.defence-ua.com/news/most_components_found_in_iranian_shahed_drones_originate_in_the_us_cnn-5348.html (Letöltve: 2023. 10. 29.)
- [6] The Wankel engine as a weapon? Wankel-Supertec. <https://www.wankel-supertec.de/en/newsblog> (Letöltve: 2023. 11. 06.)
- [7] Products, Limbach Flugmotoren <http://limflug.de/downloads/datasheets/L550-EF-datasheet-en.pdf> (Letöltve: 2023. 11. 06.)
- [8] Russian drone debris downed power lines near a Ukraine nuclear plant. A new winter barrage is likely, ABC News. <https://abcnews.go.com/International/wireStory/russian-drone-debris-downed-power-lines-ukraine-nuclear-104276946> (Letöltve: 2023. 11. 06.)
- [9] Inside the Russian effort to build 6,000 attack drones with Iran's help, The Washington Post <https://www.washingtonpost.com/investigations/2023/08/17/russia-iran-drone-shahed-alabuga/> (Letöltve: 2023. 11. 06.)
- [10] Hennel, Hegedűs, Végvári. Bayraktar drónok 3. rész, Haditechnika, 57. évf. 4. szám. <https://doi.org/10.23713/HT.57.4.07>
- [11] The EurAsian Times, Ukraine Uses Powerful Searchlights & Anti-Aircraft Guns To Neutralize Russian Geran-2 UAVs Used During Night Strikes. <https://www.eurasiantimes.com/ukraine-uses-powerful-searchlights-anti-aircraft-guns-to-neutralize/> (Letöltve: 2023. 11. 06.)
- [12] Forrás: https://www.militarytoday.com/aircraft/shahed_136.htm (Letöltve: 2023. 11. 06.)
- [13] <https://www.digitalcombatsimulator.com/ru/files/3332871/> (Letöltve: 2023. 12. 02.)

SHAHED-136 (GERAN-2)
AZ OROSZOK AZ UKRAJNAI POLGÁRI INFRASTRUKTÚRA ELLENI TÁMADÁSOKRA HASZNÁLJÁK

HOSSZ: 3,5 m (11,5 ft)

TÖMEG: 200 kg

SZÁRNYFESZTÁVOLSÁG: 2,5 m (8,2 ft)

HATÓTÁVOLSÁG: 1800–2500 km

MAXIMÁLIS SEBESSÉG: 185 km/h

HAJTÓMŰ TÍPUSA: MD 550 VAGY 3W

HARCI RÉSZ TÖMEGE: 40 kg

A MOPEDÉRE EMLÉKEZTETŐ, JELLEGZETES ERŐS HANG

IRÁNYÍTÓRENDSZER: GLONASS

LÉGVÉDELMI RENDSZEREKKEL NEHEZEN DETEKTÁLHATÓ

SZÁRMÁZÁSI HELY: IRÁN

ÉSZAKI-SARKVIDÉKI HADVISELÉS

I. RÉSZ



1. ÁBRA.

A Szibir (Szibéria), az Arktika és az Ural atomjégtörők a Baltiszkij Zavod hajógyár mólójánál az oroszországi Szentpéterváron, 2021. október 17-én. Az Arktika osztályú első atomjégtörő hajót, az Arktikát október 21-én hivatalosan is üzembe helyezték (Forrás: Shutterstock)

* Nemzeti Közszerződési Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola, doktorandusz. ORCID: 0000-0003-1264-8202

ÖSSZEFOGLALÁS: Az Északi-sark térsége az elmúlt évek során egyre jobban felértékelődött. Az utóbbi évtizedekben végbemenő globális felmelegedés nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a térségre nagyobb nemzetközi figyelem összpontosuljon. Számos ország érdeklődik a jég alatt rejlő ásványkincsek iránt – céljuk elsősorban a részesezszerzés –, azonban nemcsak a kőolaj- és földgázkitermelés jelenthet kihívást az érintett államok számára, hanem az északi hajózási útvonalak biztosítása és ellenőrzése is. Megjelentek az olyan jelentős tengeri hatalmak, mint az Amerikai Egyesült Államok és az Oroszországi Föderáció, de jelen van a térségben Kanada és Izland is, valamint az északi államok, amelyek minél nagyobb befolyást akarnak szerezni a térségben, ezáltal a térség geopolitikai játszmák színterévé vált.

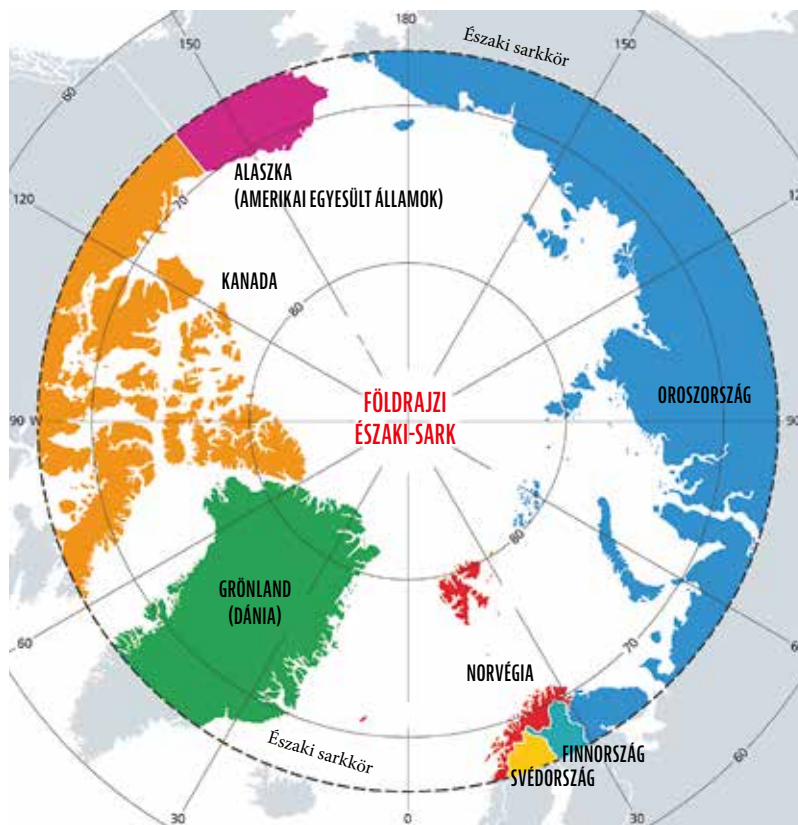
KULCSSZAVAK: Északi-sark, geopolitika, hadviselés, hajózási útvonalak, jégtörő hajók

ABSTRACT: The Arctic region has become more and more valued in recent years. The global warming that has taken place in recent decades has greatly contributed to the region receiving more international attention. Many countries are interested in the mineral resources hidden under the ice and want to acquire a share, but not only the extraction of crude oil/natural gas can be a challenge for the states, but also the securing and control of the northern shipping routes. Great powers such as the United States of America, Canada, and the Russian Federation appeared, who, as northern states, want to gain more influence in the region, thus the region can be imagined as an arena for geopolitical games.

KEYWORDS: Arctic, geopolitics, warfare, shipping routes, icebreakers

AZ ÉSZAKI ÉS DÉLI PÓLUSOK, VALAMINT A SARKKÖRÖK ÁLTAL HATÁROLT TERÜLETEK SOK SZEMPONTBÓL HASONLÍTANAK EGY MÁSRÁ. Közös jellemzőként lehet említeni a térségek zordságát, a szélsőséges időjárási viszonyokat, a szinte lakatlan területeket, a különleges és egyben jellegzetes állat- és növényvilágukat. A globális felmelegedés – bár eltérő mértékben – napjainkban érinti és megváltoztatja ezeket a tájakat. Van azonban egy olyan tényező, amely nagyban megkülönbözteti egymástól az Antarktisz és az Arktisz¹. Ez nem más, mint az a tény, hogy az Antarktisz önálló kontinens, vastag belföldi jégtakarót hordozó lakatlan rész ta-

¹ Arktisz, más néven az Északi-sark. Az északi sarkvidéki térségek összefoglaló neve.



2. ÁBRA.
Az Északi-sark országai
(Forrás: Shutterstock)

lálható a sziklatalapzatán, ellentétben az Északi-sarkkal, amely a tengeri jéggel borított Jeges-tenger, és a körülötte elterülő északi-sarkkörön belül elhelyezkedő eurázsiai és amerikai területek összessége. Az Északi-sarkvidék tehát egy hatalmas kiterjedésű és meglepően változatos terület, amely szárazföldeket és jégmezőket foglal magába.

A térség központi területe a Jeges-tenger, amely 12 millió km² kiterjedésű. A vízfelszínt borító jég túlnyomó része tengeri eredetű, de megjelenik benne a nagyobb szárazföldről érkező gleccserjég is. A szigetekről (Spitzbergák, Grönland) délre sodródó, szárazföldi eredetű jéghegyek komoly kihívást jelentenek a hajózás számára, mivel ha összesodródnak, méretük elérheti az akár 2–4 méteres

vastagságot is. [1] Az Északi-sark térségét borító jégtakaró az utóbbi évtizedekben a nyári időszakban a klímaváltozás hatására a felére csökkent, és az előrejelzések szerint ez az olvadás a későbbiekben sem fog megállni. [2] A Jeges-tenger minden télen befagy, de nyáron egyes területei felolvadnak, ezáltal könnyen hajózhatóvá válik a térség. Megállapítható, hogy a technika fejlődésével és a jégtakaró szezonális visszahúzódásával az északi jeges térségben megvalósuló közlekedés várhatóan egyre jobban megélénkül. A klímaváltozás nyomán a térség komoly gazdasági potenciált jelent, hiszen a jég alatt hatalmas nyersanyagkincs rejtőzik, és elérhetővé válnak a hajózási útvonalak is. Ezzel a Föld egyik legértékesebb területévé válik az északi régió, azonban jó néhány konfliktusforrás rejlik ebben a térségben, politikai, gazdasági és biztonsági téren egyaránt.

Az Északi-sarkvidék feltérképezése érdekében a nagyhatalmak már több száz évvel ezelőtt indítottak expedíciókat. A kutatók megállapították, hogy értékes földterületek rejtőznek az északi vizekben, amelyek földrajzilag egy-egy nagyhatalomhoz tartoznak. Emiatt több évtizedre visszanyúló

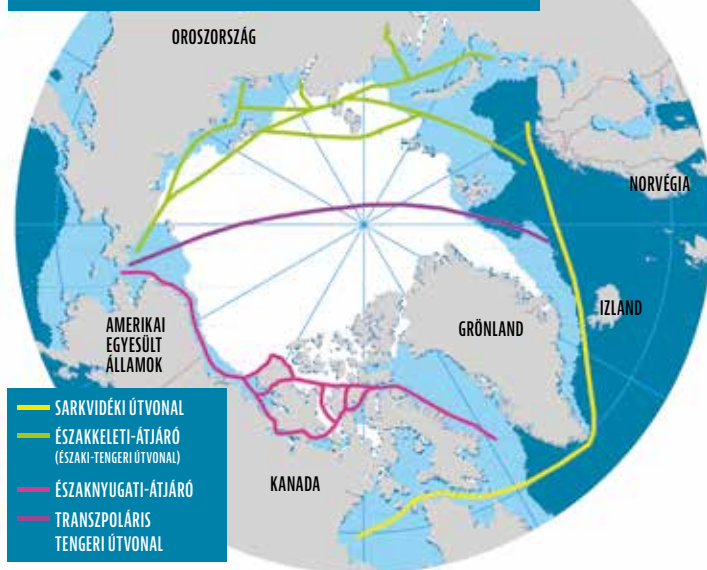
és a mai napig tartó viták alakultak ki az északi területekkel kapcsolatban, amelyeket jelenleg nemzetközi együttműködések, szerződések és jogszabályok próbálnak rendszabályozni és elfogadtatni a másik féllel, hogy a térségben békés legyen az együttműködés. Ezeket a vitákat nevezhetjük nagyhatalmi törekvéseknek is, mert olyan államok között jöttek létre, amelyek folyamatos nagyhatalmi státuszt töltenek be a világban. Az Északi-sarkvidék különlegessége az, hogy a területe több országhoz is tartozik, olyan államokhoz, amelyek több évtizedre vagy akár évszázadra visszamenőleg és napjainkban is nagyhatalmi státuszt töltenek be. Emiatt a konfliktusforrás kiélezett lehetőség az északi partoknál, amelynek szabályozása elengedhetetlen annak érdekében, hogy például békés úton történjen az ásványkincsek kitermelése a jég alól.

Az Északi-sarkkör a Föld északi féltekéjén, az északi szélesség 66,5°-án húzódó, képzeletbeli körvonal. Az Északi-sarkvidéknek nincs pontos határa, de általában azt a területet nevezik így, ahol az év legmelegebb hónapjában, júliusban a havi középhőmérséklet 10 °C alatt marad. [3] Az Északi-sarkkörön túlra az alábbi

3. ÁBRA.
Az útvonalak hosszabb szakaszon csak időszakosan járhatók. A technikai fejlődés és a sarkvidék felmelegedése (jégmentessé válása) miatt a hajók átkelése egyre rövidebb időt vesz igénybe (A szerző szerkesztése a [7] alapján)

ÉSZAKI-SARKI HAJÓZÁSI ÚTVONALAK

■ AZ ÉSZAKI-SARKI JÉG KITERJEDÉSE EGY ÁTLAGOS HŐMÉRSÉKLETŰ FEBRUÁRBAN
■ AZ ÉSZAKI-SARKI JÉG KITERJEDÉSE EGY ÁTLAGOS HŐMÉRSÉKLETŰ SZEPTEMBERBEN



országok területe nyílik át: Amerikai Egyesült Államok (Alaszka), Oroszországi Föderáció, Kanada, Norvégia, Svédország, Finnország, Izland és a Dánia fennhatósága alatt álló Grönland. [4] (2. ábra)

AZ ÉSZAKI-SARKON ÁTÍVELŐ HAJÓZÁSI ÚTVONALAK

A klímaváltozás következtében egyre többen igyekeznek meghódítani az északi vizeket. A kereskedelmi hajók szállítási útvonala is lerövidül, ha az Északnyugati- vagy az Északkeleti-átjárót használják a szállítás lebonyolítása érdekében. (3. ábra) Azonban ezek a tengeri útvonalak, még ma is rengeteg kockázatot rejtnek. Az északi jeges térségben a hajózás csak a parthoz viszonylag közeli területeken volt lehetséges, ott is csak jelentős nehézségek árán, ezért kialakult útvonalak, az Északkeleti-, Északnyugati-átjáró a tengerszorosok láncolatát jelenti. [5] A jelenleg hatályos szabályok szerint a nemzetközi hajózásra használt tengerszorosokon történő áthaladás a tengerszorosokat alkotó vizek jogállását, valamint a tengerszorosokkal határos államoknak az említett vizek

és a felette lévő légtér, a tengerfenék és altalaj feletti szuverenitás gyakorlását semmilyen egyéb szempontból nem korlátozza. [6] A technika fejlődésével és a jégtakaró szezonális visszahúzódásával az északi jeges térségben történő közlekedés várhatóan egyre jobban megélénkül.

AZ ÉSZAKNYUGATI-ÁTJÁRÓ

Az Északnyugati-átjáró 5780 km hosszúságú tengeri útvonal Kanada északi partjai mentén a Jeges-tengeren, amely összeköti az Atlanti-óceánt és a Csendes-óceánt. (3. ábra) Nyugatról kelet felé indulva az átjáró áthalad a Bering-szoroson, a Csukcs-tengeren, a Beaufort-tengeren és az Arktisz-szigetcsoporthoz tartozó vizeken. Több különböző útvonalat használnak, köztük a McClure-szorost, a Dease-szorost és a Prince of Wales-szorost, de az útvonal nem minden nagyobb hajó számára hajózható. [8] A szigetcsoporthoz tartozó vizeken elhagyva az átjárót a Baffin-öblön és a Davis-szoroson keresztül éri el az Atlanti-óceánt. Az Északnyugati-átjáró jogi értelemben egy nagy szoros, amely két nyílt tengeri területet köt össze: az Atlanti-

és a Csendes-óceánt. Az Északnyugati-átjáró az elmúlt években gyakrabban vált jégmentessé és nyitott utat a hajók számára, mint a 20. században összesen. [9] Ennek oka a sarkvidék felmelegedése, amelynek következtében a jégpáncél nyáron gyakran visszahúzódik. Az első olyan eset, amikor az átjáró használatát akadályozó tengeri jég nagy része elolvadt, és így felszabadult az útvonal a hajók számára 2016 nyarán következett be.

AZ ÉSZAKKELETI-ÁTJÁRÓ

Az Északkeleti-átjáró az Atlanti-óceánt és a Csendes-óceánt Oroszország szibériai partjai mentén köti össze. Az északi tengeri útvonal után sok évszázadon keresztül kutattak, főleg gazdasági okokból. Az útvonal jó része sarkvidéki vizeken vezet, és bizonyos részei évente csak két hónapig mentesek a jégpáncéltól. 1525-ben az Orosz Birodalom megbízásából kezdték el az Északkeleti-átjáró utáni kutatást, amelyet számos nemzet hajósai követtek, végül 1648-ban az oroszoknak sikerült igazolni, hogy nincs szárazföldi kapcsolat Szibéria és Észak-Amerika között. Az átjárót más észak- és nyugat-európai országok – Anglia, Hollandia, Dánia, Norvégia – hajósai is kutatták, akik Kína és India felé kerestek új, reményeik szerint a délinél rövidebb tengeri utat. Bár ezek a korai expedíciók nem találták meg az átjárót, számos felfedezéshez vezettek. A dán születésű Vitus Jonassen Bering² a Kamcsatka-félszigetről indult észak felé Szent Gábor nevű hajóján, és felfedezte a ma a nevét viselő tengerszorosot. Ezeken az expedíciókon elkészítették az útvonal részletes térképét is. Az útvonal első teljes megtétele a svéd Adolf Erik Nordenskiöld³ nevéhez fűződik, aki 1878 és 1879 között járt a térségben. [11]

Az útvonal Murmanszknál kezdődik, a Bering-tengeren fut keresztül, északon megkerüli az Új-földet, majd a Kara-tengeren folytatja az útját az Északi-föld után. A Vilckickij-szoroson át kijut a Laptyev-tengerre, ahol két ágra szakad. A déli ág a Dimitrij

² Vitus Jonassen Bering (Horsens [Dánia], 1681. augusztus 5. – Bering-sziget [Kamcsatka közelében], 1741. december 8.) dán származású tengerész, az orosz haditengerészet kapitány-parancsnoka.

³ Adolf Erik Nordenskiöld (Helsingfors [ma Helsinki], Finn Nagyhercegség, 1832. november 18. – Dalby, 1901. augusztus 12.) finnországi svéd sarkkutató, geológus, mineralógus.



Laptev-szoroson, míg az északi ág a Szannikov-szoroson keresztül halad tovább, és éri el a Kelet-szibériai-tengert, ahol ismét kettéválik az út, és a parthoz legközelebbi ága a Wrangel-sziget déli részénél halad tovább, majd a Bering-szoroson keresztül éri el a Czukcs-tengert.

Az öt tenger (Bering-tenger, Karatenger, Laptev-tenger, Kelet-szibériai-tenger, Czukcs-tenger) közül négyhez jelentős kontinentális talapzat tartozik, elméletileg mindegyik alkalmas a vízfelszíni hajózásra, de a jégtakaró vastagsága eltérő. A Jeges-tengeri útvonal jelenleg évente már mintegy négy hónapig vehető igénybe a globális felmelegedés hatására elolvadt jégpáncélnak köszönhetően. Az útvonalon azonban egyelőre hiányos a hajózási infrastruktúra, a közeljövőben szükségessé válik a kikötők fejlesztése.

A fent leírtak alapján látható, hogy az északi partoknál a hajózás veszélyes, és nem átlagos körülmények között történik, azonban sokkal rövidebb, ha az Ázsiából induló Szezeicsatorna megkerülésével érnék el a hajók az úti céljukat. A rövidülési idő miatt új hajózási útvonalak alakulhatnak ki az északi-sarki jég

olvadása miatt. Ennek következtében a szállítási útvonal lerövidül, és a szállítás ideje lecsökken. 2018 szeptemberében több száz hajó szelte át a Jeges-tengert, amikor a sarki jég éves minimumszintre zsugorodott. Jelenleg a Malaka-szoroson és a Szezeicsatornán keresztül átlagosan 35 napot vesz igénybe az út Ázsiából Európába, az északi-sarki útvonalon azonban átlagosan 22 napig tartana. [12] A célállomástól függően az északi útvonallal 1–2 hetet nyerhetne az Ázsiából Európába irányuló tengeri kereskedelem, jelenleg azonban így is költségesebb a jeges út, nemcsak a jégtörők alkalmazása miatt, hanem mert a Jeges-tenger csak kisebb hajók számára járható, mint amekkorák a Szezeicsatornán átférnek. A Jeges-tenger medre mélyebb, mint a Malaka-szorosé, vagy a Szezeicsatornáé, emiatt – ha biztonságosan hajózhatók lesznek –, ezeken az útvonalakon nagyobb teherbírású hajók is közlekedhetnek majd. Nem elhanyagolható szempont, hogy az útvonal biztonsági kockázata is kisebb, mert a zord időjárási viszonyok miatt nem kell kalóztámadástól tartani a térségben.

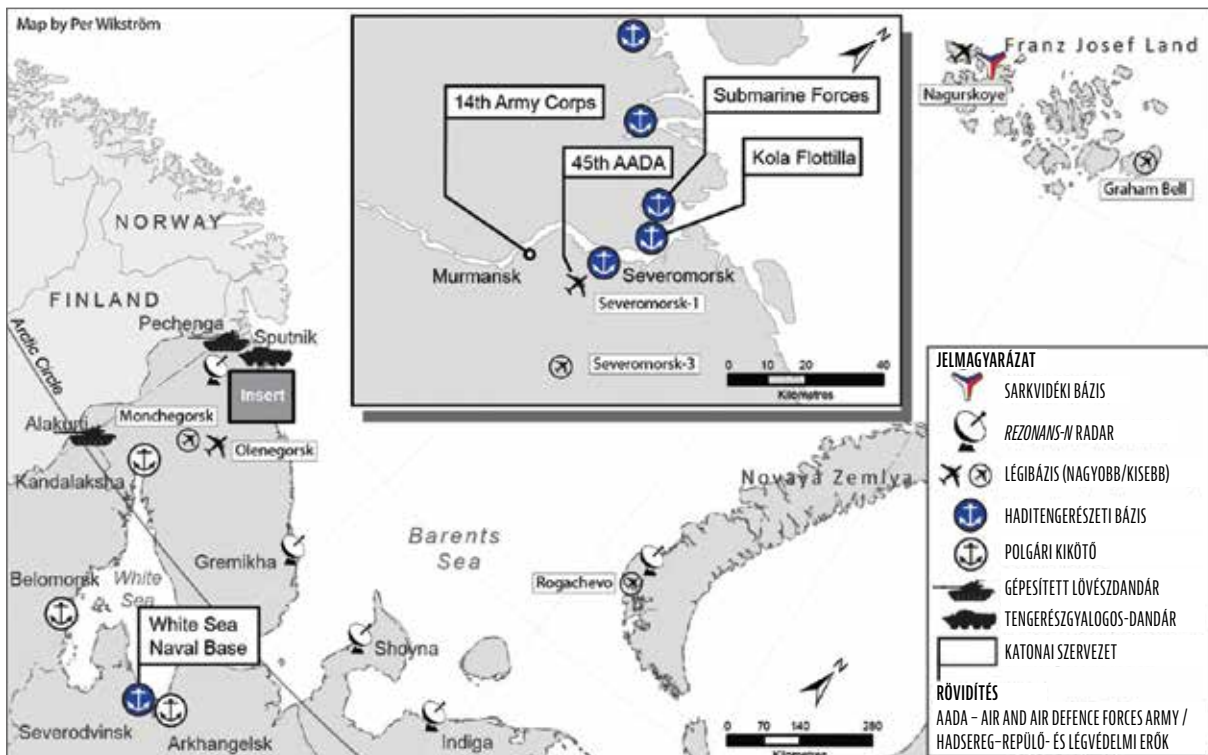
A felmelegedés következtében az Északi-sarkon új területek nyíltak meg a hajózás előtt az eddig jéggel borított területeken. Mivel a hajózás számít a teherszállítás legolcsóbb formájának, ezért a világ kereskedelmének 90 százaléka még mindig vízi úton történik. Ezek az újonnan megnyíló útvonalak a globális kereskedelemben játszhatnak kiemelt szerepet. Kína éppen ezért igyekszik részt venni a régió ügyeiben, és vezető szerepet kialakítani a térséget érintő szabályalkotásban, mivel, mint feltörekvő nagyhatalomnak ily módon lehetősége nyílik, hogy részt vegyen az egyezmények kidolgozásában, és ne csak az eddigi szabályalkotó nagyhatalmak alakítsák azokat. [13]

OROSZORSZÁGI FÖDERÁCIÓ

A címben szereplő északi-sarkvidéki hadviselés kapcsán elsőként Oroszországot kell vizsgálnunk, mert ez az állam rendelkezik a legnagyobb területtel és erőforrással a sarkvidéken. Az orosz földrész Északi-sarkkörön túli része megközelítőleg India méretével egyezik meg, 3,1 millió km². Az Északi-sarkvidék adja az orosz földgáztermelés 91%-át, az ország

4. ÁBRA.
Az Északnyugati-átjáró útvonala [10]

5. ÁBRA.
Polgári és katonai
objektumok a Barents-
tengeren [16]



feltárt földgázkészletének 80%-át, és a tengerpart menti szénhidrogén-készleteinek 90%-át, valamint érclőhelyeinek nagy részét is. Oroszország az Északi-sarkvidéket északi határainak valódi kiterjesztéseként kezeli, ezt már 2008-an az akkori elnök, Dmitrij Medvegyev is leszögezte. [14]

AZ ÉSZAKI FLOTTA

Az orosz védelmi stratégiában az Északi-sark kiemelt helyet foglal el, mivel már az 1950-es évektől jelentős gazdasági potenciállal rendelkező iparágak és infrastruktúra települt a térségbe. Az orosz nukleáris elrettentő erőnek részét képezik az Északi Flotta támaszpontjairól üzemeltetett atom-tengeralattjárók. [15] Az Északi Flottát 1933-ban alapították, a központja a Kola-öbölben, Szeveromorskban található. A Kola-félsziget északi részének fjordjaiban helyezkednek el a flotta fő bázisai. A Barents-tengerre nyíló Kola-öböl mellett elterülő Murmanszk város fontos hadikikötő a Jéges-tengeren.

A 2015-ös orosz katonai doktrína [17] értelmében a politikai, gazdasági, infrastrukturális és katonai feladatok között szerepel az Északi Flotta és az Északi Stratégiai Parancsnokság egyesítése az elrendelt feladatoknak megfelelően. A korábban elhagyott

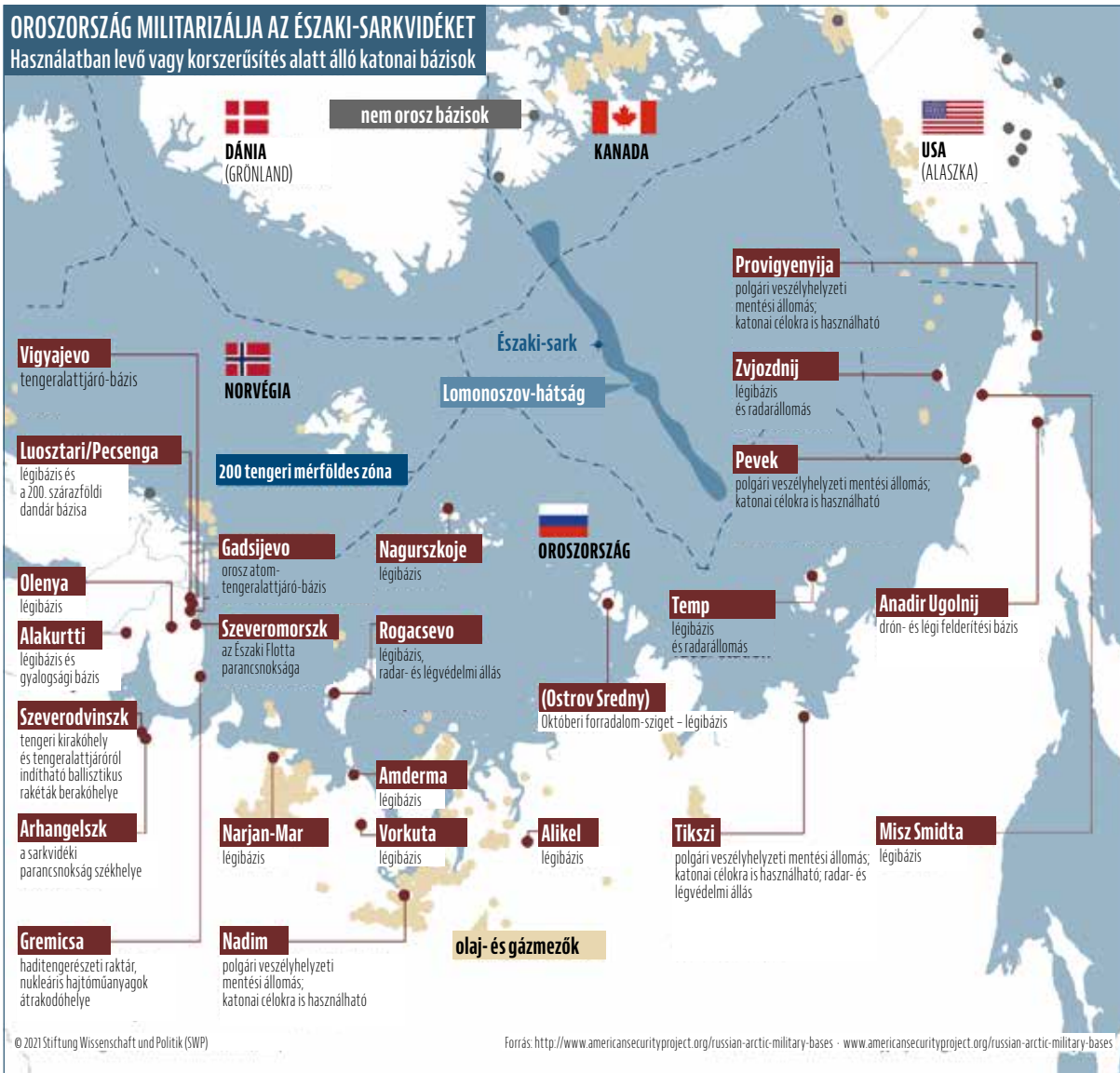
katonai bázisok felújítása és ismételt használatba vétele fontos szemponttá vált, és ezeken felül az új katonai bázisok és repülőterek építése is szükséges. Új korai és előrejelző radarok építése, a korábban építettek korszerűsítése, ezek bekapcsolása az ország légi-kozmosz rendszerébe szintén fontos fejlesztés. A katonai állomány és a családok elhelyezésére szolgáló épületek megépítése, valamint kutató- és mentőállomások telepítése is szükséges. A közlekedési utak és az infokommunikációs szolgáltatást biztosító rendszerek fejlesztése és kiépítése is napirendre került. Fontos, hogy a bázisok a szociális, az egészségügyi és a kulturális ellátás valamennyi feltételével rendelkezzenek. 2021 augusztusában jelent meg a legújabb orosz katonai doktrína, amelyben szintén fontos hangsúlyt kap az Északi-sarkvidék védelme és fejlesztése. [18] Ebből is látható, hogy Oroszország számára kiemelt jelentőséggel bír az Északi-sarkvidék.

2014 decemberében az Északi Flotta parancsnokságának a bázisán megalakult az Összhaderőnemi Stratégiai Parancsnokság. 2010 óta ez volt az ötödik parancsnokság, ezt követően 2021. január 1-jén elnöki rendelettel az Északi Flotta a fegyveres erők egyik fő katonai-adminisztratív egységévé

vált. [19] Az Északi Flotta Összhaderőnemi Parancsnokságának a 2014-es megalakulása kulcsfontosságú volt az Oroszországi Föderáció sarkvidéki katonai fejlesztése szempontjából, mivel az Északi Flottának egyenrangúnak kell lennie a többi katonai körzettel annak érdekében, hogy önálló katonai-adminisztratív egységet képezzen. [20] A 2009–2010-es orosz katonai reform értelmében a területi katonai-adminisztratív feladatok, mint például a bevetés és a mozgósítás helyett a magas készség és a haderőnemek közötti közös műveletek kerültek előtérbe. Ez előnyös az Északi-sarkvidéken végzett műveletek esetén, mivel ott alacsony a lakosság lélekszáma és ritkán lakott a térség, ezáltal jobban kivitelezhetőbbek ezek a típusú katonai műveletek. [21]

Vlagyimir Putyin orosz elnök 2020. december 21-én aláírta azt a rendeletet, amely az Északi Flottát 2021-től katonai körzetté minősíti. „Az Északi Flottát haderő-stratégiai területnek kell tekinteni, amely ellátja az orosz katonai körzet feladatait” – áll a rendeletben. [22] A dokumentumot az Oroszországi Föderáció területi integritásának és sérthetlenségének védelmét szolgáló intézkedések végrehajtása érdekében fogadták el, és 2021. január 1-jén lépett hatályba. Az Északi

OROSZORSZÁG MILITARIZÁLJA AZ ÉSZAKI-SARKVIDÉKET
Használatban levő vagy korszerűsítés alatt álló katonai bázisok



6. ÁBRA.
Orosz katonai bázisok elhelyezkedése [23]



7. ÁBRA.
Az Arktika atommeghajtású jégtörő építése 2013-ban kezdődött a Project 22220-program keretében. A hajó 2020 óta teljesít szolgálatot [25]



8. ÁBRA.
Csukotka atomjégtörő hajó (terv)
– várható vízre bocsátása: 2026 [27]

Flotta közös stratégiai parancsnoksága 2014 decemberében jött létre, alapja a Nyugati Katonai Körzetből kivont Északi Flotta volt. A rendelet értelmében a további három körzet – déli, középső és keleti – határai változatlanok maradtak. Az Északi Flotta a Komi Köztársaság (Komiföld), az Arhangelszk és a Murmanszki régiók, valamint a Nyenec autonóm terület határain belül található. (6. ábra)

1. TÁBLÁZAT.

Az NS Csukotka (атомный ледокол Чукотка) jégtörő műszaki adatai (A szerző szerkesztése [26] alapján)

JÉGTÖRŐ HAJÓK

Az Oroszországi Föderáció egyik legfontosabb stratégiai prioritása az Északi-tengeri hajózási útvonal fejlesztése. A Jeges-tenger mentén történő hajózási útvonalon a szállít-

tás volumenének növelése Oroszország számára kiemelt jelentőségű, ezért az északi-sarkvidéki területének komplex fejlesztése szükséges. Ez a fejlesztés a 22220 „Arktika” projekt keretein belül valósul meg. [24] A projekt célja, hogy az atommeghajtású jégtörőket úgy építsék meg, hogy azok az év minden hónapjában biztosítani tudják a közlekedést az atommeghajtású hajóknak. A projekt keretein belül, a tervek szerint 2030-ra hat jégtörő hajót adnak át. A hajókat Oroszország egyik legrégebbi hajógyára, a 1856-ban alapított Baltijszkij Zavod gyártja. A projekt célja, hogy Európa és Délkelet-Ázsia között a legrövidebb tengeri útvonal fejlesztését és a rendszeres teherszállítás kialakítását szolgálja az új atomjégtörők építése, és a kapcsolódó infrastruktúra korszerűsítésének biztosítása keretein belül.

Az Arktika, a Szibir és az Ural nevű jégtörők (1. ábra) már sikeresen teljesítik a feladatokat az Északi-tengeren, a Jakutiját már vízre bocsájtották, de még szerelés alatt áll, ezekhez hamarosan csatlakozik az LC-60YA-osztályú (Project 22220) Csukotka is. (8. ábra) A Roszatom 2013 óta 9 db új generációs RITM-200 típusú reaktort gyártott le az atomjégtörőkhöz. Az eddig legyártott reaktorok megfelelően teljesítenek a már üzemben lévő hajókon. A tizedik RITM-200-as reaktort a tervek szerint

2023 végéig szállítják a hajógyárba, amely a Csukotka második reaktora lesz. A projekt ötödik hajóját (Csukotka) két, egyenként 175 MW hőteljesítményű reaktor látja el energiával, amelyek együttes elektromos teljesítménye 72 MW, a hajócsavarok tengelyein mérve 60 MW; a hajót három db négyágú hajócsavar hajtja. [26]

LÉGIERŐ AZ ÉSZAKI-SARKVIDÉKEN

Az orosz katonai bázisok újjáélesztéséhez tartozik a légiereő szerepének növelése is az Északi-sarkvidéken. A cél az, hogy olyan légi járműveket állítsanak szolgálatba, amelyek a zord időjárási körülmények között is üzemeltethetők. Az ilyen típusú gépeknek a fejlesztése már 2015-től megindult, és hosszú távú célként szerepel az Oroszországi Föderáció haderejében. Az ország politikai és katonai vezetésének célja, hogy 2026-ra olyan fejlett legyen az északi légiereő, hogy az orosz légtér védelmét biztosítani tudja az Északi-sarkvidéken. Ehhez száznál több repülőgép szolgálatba állítására van szükség. Jelenleg Murmanszk mellé, modernizált MiG-31BM (9. ábra) nagy hatótávolságú elfogó vadászgépeket csoportosítottak át, mert – álláspontjuk szerint – ott fenyegetheti komoly veszély az orosz légteret, Finnország, Svédország és Norvégia irányából.

A hajótest hosszúsága [m]	fedélzeten mérve: 172,7 vízvonalon mérve: 160
A hajótest szélessége [m]	fedélzeten mérve: 34 vízvonalon mérve: 33
Teljes magasság [m]	54
Fedélzetek száma [db]	8
Víz kiszorítás [t]	max. 33,540 – min. 26,771
Maximális sebesség [csomó/óra]	jégmentes vízfelületen: 22 (41 km/h) 1,5 méteres jégvastagságig: 12 2,8–2,9 m vastag jégtorlaszokon: 2
Üzemideje egy feltöltéssel [év]	7
Személyzet [fő]	75
Szállítható utasok száma [fő]	64–128
Becsült építési költség	50 milliárd rubel (720 millió USD / 640 millió EUR)



9. ÁBRA.
MiG-31BM repülőgép
(Forrás: Shutterstock)

A MiG-31-es típusú repülőgépek nagy hatótávolságuk miatt – az orosz sarkvidéki arzenál részeként – alkalmasak az északi térség védelmére, mivel az újonnan létesített vagy fellesztett bázisok sem nyújtanak ennek a hatalmas körzetnek teljes légtérvédelme érdekében megfelelő sűrű repülőterhálózatot. A reptérfejlesztések közé tartozik, hogy négy bázist (Novaja Zemlja, Narjan-Mar, Osztrov Greembell, Rogacsevo) már megnyitottak a térségben, az orosz légierő újra használja azokat, és további 10 reptér kiépítését tervezik 2026-ig. [28] Az Iljusin Il-478-as (Il-78M-90A) típusú légiutántöltő repülőgéptípusból a légierő a 2026-ig legalább 35–40 példány hadrendbe állítását tervezi. Az Északi-sarkra felkészített Pancir–Sz1 mobil légvédelmi rendszerek telepítése már megtörtént a sarkvidéken. A légvédelmi rendszereknek képesnek kell lenniük a –50 °C-ban is működni. 2015-ben megvalósult az első Sz-400 Triumf nagy hatótávolságú önjáró légvédelmi rakétarendszer telepítése is. [29] A modern légvédelmi rakétarendszer alkalmas akár 400 km-es távolságban, és 30 km-es magasságban repülő, (pl. cirkálórakéták, ballisztikus rakéták és nem irányított felderítő vagy támadó repülőeszközök) közelítő célok megsemmisítésére. ■

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

- [1] Tóth József. Világföldrajz Akadémiai Kiadó Zrt., 2012, ISBN 978-963-058-948-2, p. 1344.
- [2] Almási T., Siposné Kecskeméthy K. The health risks of global warming and climate change – The Yamal peninsula case. In: Michal, Hrnčiar. (szerk.) Zborník príspevkov z 9. medzinárodnej vedeckej konferencie, Liptovsky Mikulas, Szlovákia, Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika, (2018) pp. 16–28.
- [3] Lattman Tamás. Olvadó jég, fagyossá váló viszonyok (Viták az Északi-sarkvidék körül), Nemzet és Biztonság, 2008. november, pp. 50–58.
- [4] Az Északi-sark országai. <https://www.bbc.com/news/world-61222653> (Letöltve: 2023. 10. 14.)
- [5] Humpert M., Raspotnik, A. (2012) The Future of Arctic Shipping. www.thearcticinstitute.org (Letöltve: 2023. 10. 14.)
- [6] Csatlós Erzsébet. (2013) Az Arktisz nemzetközi jogi helyzete. Budapest, Akadémia Kiadó, ISBN 978-963-059-354-0, p. 67. <https://doi.org/10.14232/phd.1050>
- [7] Az Északi-sarkon meglévő hajózási útvonalak. <https://transportgeography.org/contents/chapter1/transportation-and-space/polar-shipping-routes/> (Letöltve: 2023. 10. 17.)
- [8] Pharand, D. (1980) The Northwest Passage in International Law. Canadian Yearbook of International Law/Annuaire Canadien De Droit International 17, pp. 99–133. <https://doi.org/10.1017/S0069005800001454>
- [9] Vigh Vivien. Az Arktisz geopolitikai jelentősége a 21. században (2020), Hadtudományi Szemle, 13. évf. 2. szám. <https://doi.org/10.32563/hsz.2020.2.5>
- [10] Az Északnyugati-átjáró útvonala. <https://arcticportal.org/ap-library/news/343-northwest-passage> (Letöltve: 2023. 10. 30.)
- [11] Baron, Adolf Erik. Nordenskiöld, Britannica.com. <https://www.britannica.com/biography/Adolf-Erik-Baron-Nordenskiold> (Letöltve: 2023. 10. 30.)
- [12] Muscato, Ch. Mediterranean Sea Trade: Origins & Routes. <https://study.com/academy/lesson/mediterranean-sea-trade-origins-routes.html> (Letöltve: 2023. 10. 14.)
- [13] Zoltai Alexandra. Selyemút az Északi-sarkon. <http://www.geopolitika.hu/hu/2018/06/27/selyemut-az-eszaki-sarkon/> (Letöltve: 2023. 10. 10.)
- [14] Arctic security, dw.com. (2008) <https://www.dw.com/en/russia-must-cement-claim-over-arctic-resources-medvedev-says/a-3650815> (Letöltve: 2023. 10. 18.)
- [15] Márton Andrea. Az Északi-sark Oroszország stratégiai gondolkodásában, Repüléstudományi Közlemények, 2015, 26. évf. 2. szám.
- [16] Polgári és civil objektumok a Barents-tengeren <https://arcticreview.no/index.php/arctic/article/view/3338/6318> (Letöltve: 2023. 10. 20.)
- [17] Vojennaja doktrina Rosszjszkoj Fegyveracii. 30. 12. 2014. Rosszjszka Gazeta. <https://rg.ru/2014/12/30/doktrina-dok.html> (Letöltve: 2023. 10. 20.)
- [18] Russian Military Strategy: Core Tenets and Operational Concepts 2021. https://www.cna.org/archive/CNA_Files/pdf/russian-military-strategy-core-tenets-and-operational-concepts.pdf (Letöltve: 2023. 10. 25.)
- [19] Jójárt Krisztián. Az orosz haderőreform értékelése II. – Szervezet, személyi állomány, fegyverzet, Nemzet és Biztonság, 2017/3. szám, pp. 54–68.
- [20] Russian Military Strategy: Core Tenets and Operational Concepts 2021. https://www.cna.org/archive/CNA_Files/pdf/russian-military-strategy-core-tenets-and-operational-concepts.pdf (Letöltés: 2023. 10. 25.)
- [21] Bazzó-Vigh Vivien. Geopolitikai érdekek és haderőfejlesztés az Északi-sarkon (2023), Hadtudományi Szemle, 16. évf. 3. szám. <https://doi.org/10.32563/hsz.2023.3.1>
- [22] Globalsecurity.org, Arctic Strategic Command (2021), <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/vo-northern.htm> (Letöltve: 2023. 10. 20.)
- [23] Orosz katonai bázisok elhelyezkedése. <https://www.swp-berlin.org/10.18449/2022RP03/> (Letöltve: 2023. 10. 20.)
- [24] Naval Forces & Industry News, Rosatom's subsidiary makes innovative nuclear fuel for Project 22220 icebreaker Arktika (2016). https://www.navyrecognition.com/index.php/news/defense-news/2016/july-2016-navy-naval-forces-defense-industry-technology-maritime-security-global-news/4216-rosatoms-subsidiary-makes-innovative-nuclear-fuel-for-project-22220-icebreaker-arktika.html?utm_content=cmp-true (Letöltve: 2023. 10. 22.)
- [25] 2020 óta üzemben lévő aktív jégtörő hajó (Arktika). <https://www.cruisemapper.com/ships/NS-Arktika-icebreaker-1774> (Letöltve: 2023. 10. 20.)
- [26] NS Chukotka icebreaker. <https://www.cruisemapper.com/ships/NS-Chukotka-icebreaker-2170> (Letöltve: 2023. 10. 22.)
- [27] Chukotka atomjégtörő hajó (terv) – vízrebocsátás 2026. <https://www.cruisemapper.com/ships/NS-Chukotka-icebreaker-2170> (Letöltve: 2023. 10. 22.)
- [28] Russian Arctic Military Bases, American Security Project. <https://www.americansecurityproject.org/russian-arctic-military-bases/> (Letöltve: 2023. 10. 31.)
- [29] Zentay Péter. „Vitézek” a Vörös téren – nagy hatótávolságú légvédelem és autonóm fegyverek VII. rész, Haditechnika, 54. évf. 3. szám (2020), 56–32. o. <https://doi.org/10.23713/HT.54.3.05>



SZILVÁSSY LÁSZLÓ*

LELŐHETTE-E AZ UKRÁN LÉGIERŐ AZ OROSZ KINDZSAL RAKÉTÁT?

1. ÁBRA.
MiG-31K repülőgép
Kinzsal rakétával
(Forrás: Shutterstock)

BEVEZETÉS

Az orosz–ukrán háborúban számos olyan fegyvert is alkalmaztak a harcoló felek, amelyeket a közvélemény – beleértve a szűk szakmait is – korábban még nem ismerhetett. Ilyen eszköz a H-47M2 Kindzsal levegő–föld rakéta. (Oroszul: X-47M2 **Кинжал**, angolul: Kh-47M2 Kinzhal.)

2023 májusának elején nagy port kavart a nemzetközi és a hazai sajtóban is, hogy a hírek szerint az ukrán légvédelem lelőtt egy Kindzsal rakétát. [1] Kutatásom során elolvastam számos cikket, publikációt, elemzést, megnéztem jó néhány videót – amelyek néha szöges ellentétben állnak egymással –, de terjedelmi okok miatt e tanulmányban nem sorolhatom fel mindazokat, amelyekből bár nem használtam fel konkrét információt, adatot, ám a témáról kialakult véleményem megformálásában szerepet játszottak. A nagyszámú megjelent publikáció alapján nagyon nehéz megtalálni az igazsághoz közeli információt, a tények feltárásával és elem-

zésével azonban ennek a feladatnak a megoldására teszek kísérletet.

H-47M2 KINDZSAL HIPERSZONIKUS AEROBALLISZTIKUS RAKÉTA

A rakéta rendszerbe állítása – öt másik stratégiai fegyverrel együtt – 2017 decemberében történt. A hírt Vlagyimir Putyin elnök 2018. március 1-jén jelentette be. Az eszköz nukleáris töltettel is felszerelhető, hiperszonikus levegő–felszín aeroballisztikus, irányítható rakéta. A rakéta eredeti orosz jelölése 9–Sz-7660, míg a teljes

rendszer jelölése 9–A-7660. A leggyakrabban azonban a címben is szereplő jelöléssel, Kindzsalként emlegetik. (A kindzsal szó jelentése: tör.)

A rakétakomplexumba tartozó ballisztikus rakéta szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel rendelkezik. Indítási távolsága hordozóeszköz-függő, MiG-31K típusú repülőgépről indítva több, mint 2000 km, Tu-22M3 bombázóról indítva elérheti a 3000 km-t is. A hangsebesség 12-szeresével képes repülni, amely 4080 m/s (14 688 km/h) sebességnek felel meg, 20 000 m-es

ÖSSZEFOGLALÁS: Az orosz–ukrán háborúban számos olyan fegyvert is bevetettek, amelyről korábban alig rendelkezünk információval, sőt sokan még a létezésükről sem tudtak. Ezek közé tartozik a H-47M2 Kindzsal rakéta is. Ebben a tanulmányban a szerző a címben szereplő kérdésre keresi a választ.

KULCSSZAVAK: repülőfedélzeti irányítható rakéta, orosz–ukrán háború, H-47M2 Kindzsal, Patriot légvédelmi rakétakomplexum

ABSTRACT: In the Russo-Ukrainian war, several weapons were used that we had little information about before, and even their existence was not known. One of these is the Kh-47M2 Kinzhal missile. In this article I search for the answer to the question in the title.

KEYWORDS: aircraft onboard missile, Russian-Ukrainian war, Kh-47M2 Kinzhal, Patriot SAM

* PhD, NKE HHK Repülő-fedélzeti Rendszerek Tanszék, egyetemi docens. ORCID: 0000-0002-0455-4559

repülési magasságon. Valószínű körkörös eltérése 1 m, amelyet inerciális navigációval (Inertial Navigation System – INS), műholdas (Глобальная навигационная спутниковая система, Global Navigation Satellite System – GLONASS) pontosítással ér el. A harci rész (HR) tömege 500 kg, alapvetően hagyományos töltetű, de szerelhető termonukleáris töltettel is. [29]

A rakéta elsődleges feladata vezetéki pontok (beleértve a föld alá telepítettek is), repülőbázisok, lég- és rakétavédelmi rendszerek, valamint az ellenség bármilyen nem mozgó létesítményeinek, illetve korlátozottan mozgó objektumok (például csapatösszevonások és hadihajók, beleértve cirkálókat, fregattokat, rombolókat és repülőgép-hordozókat) megsemmisítése. A rakéta repülése során rádiócsatornán célkoordináta-pontosításokat kaphat, így valószínűsíthető meg a mozgó célok (pl. hadihajók) megsemmisítése.

Az orosz vezetés állítása szerint az ismert nyugati lég- és rakétavédelmi rendszerek (pl. Patriot,¹ Aegis BMD,² RIM-174 Standard ERAM vagy RIM-174 SM-63) tehetetlenek ellene. Ezt az állítást viszonylag könnyű megerősíteni, mert az ismert adatok alapján, a rakéta repülési sebessége indítási magasságon 4000 m/s körül mozog. A MIM-104 Patriot légvédelmi rakéta-rendszer rakétája változattól függően 800–1400 m/s-os sebességgel képes repülni, míg a cél maximális sebessége 2200 m/s lehet. Ez azonban azt jelenti, hogy ez az eszköz tehetetlen a rakétával szemben. Az Aegis BMD rendszer rakétája 1200 m/s-os sebességet képes elérni, valamint a RIM-174 SM-6 rakéta maximális repülési sebessége is 1200 m/s. Vagyis minkét rakéta repülési sebessége kisebb, mint a MIM-104 rakéta maximális sebessége, tehát ezek a rakéták sem képesek a Kindzsál leküzdésére. [22]

Az elgondolás alapja, hogy aeroballisztikus rakétát alkalmazzanak a MiG-31-es repülőgépről, ahol a repülőgép nemcsak hordozó- és indító-

eszköz, hanem a rakéta gyorsító fokozata is egyben. Ez azért lehetséges, mert a MiG-31-es egy nagy magasságú elfogó-vadásrepülőgép, amelynek utazósebessége 700–780 m/s (2500–2800 km/h). A H-47M2 rakéta a 9M723 Iszkander rakéta repülőfedélzetre átdolgozott változata. A hordozó repülőgépen is változtatásokat kellett végrehajtani, így kapta meg a MiG-31K modifikációs jelölést. [7] [9] [13]

Hordozó repülőgépek lehetnek a MiG-31K egy rakétával, a Tu-22M3M négy rakétával, a Tu-160-as szintén négy rakétával, 2–2 egy-egy forgódobban és tervezetten a Szu-57 típus, de a rakétát eddig csak a Szu-34-es típusra integrálták. Az egyik orosz forrás szerint [10] a hordozóeszközök száma erősen korlátozott, mert a Tu-22M3M változattól eddig csak 2 db készült el, és az átépített MiG-31K változattól, 2018-ban csak 10 db-ról tettek említést.

A nagy repülési sebesség két technikai megoldással magyarázható. Egyfelől az eredeti Iszkander (Искандер) rakétához képest megváltoztatott fúvókarésszel (2. ábra), illetve a MiG-31K típusú repülőgéppel, mint hordozóval, amely egyben betölti az első, gyorsító

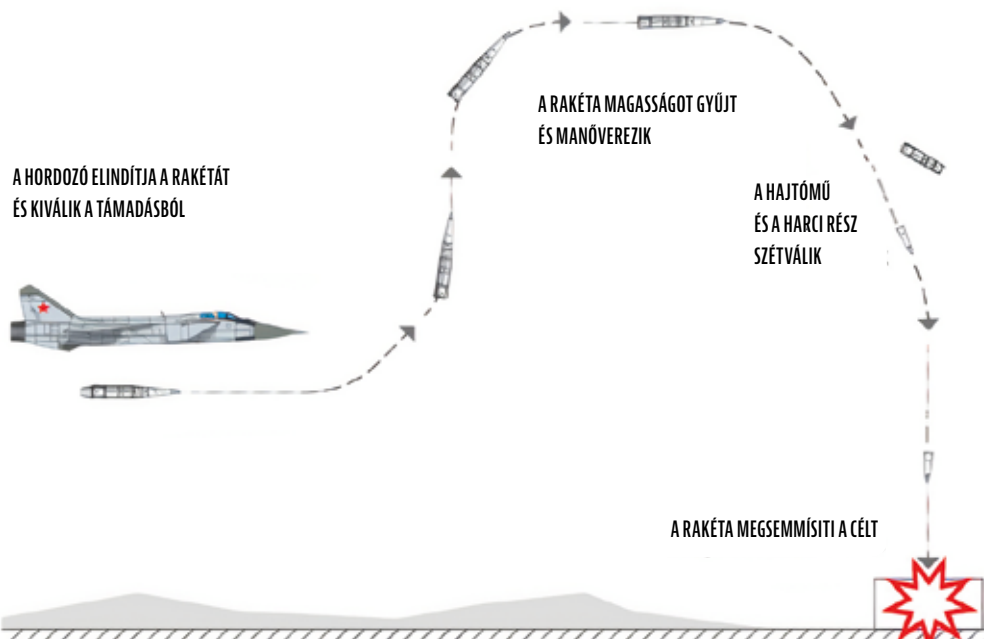


fokozat szerepét is. A MiG-31 repülőgép maximális sebessége 940 m/s, utazósebessége 700–780 m/s, amelyhez hozzáadódik az Iszkander rakéta repülési sebessége, amit a források [6] 2100 m/s-ban adnak meg. Ez együtt már 2800 m/s, ami 20 000 m magasságon megfelel 9,46 M-nek. Ehhez még hozzá kell számolni a fúvóka változtatásából adódó sebességnyereséget és azt, hogy a rakéta 20 000 m felett repül, ahol jelentősen kisebb a légellenállás, mint az alatt. Ezen a magasságon tehát könnyen elérheti a megadott 10-12-szeres hangsebességet is. [23]

Az orosz források [9] [11] [12] [13] azt állítják, hogy a rakéta szinte felderíthetetlen a jelenleg alkalmazott rada-

2. ÁBRA. A Kindzsál a) és az Iszkander b) rakéta (Forrás: Shutterstock)

3. ÁBRA. A Kindzsál rakétarendszer működési elve (A szerző szerkesztése [8] alapján)

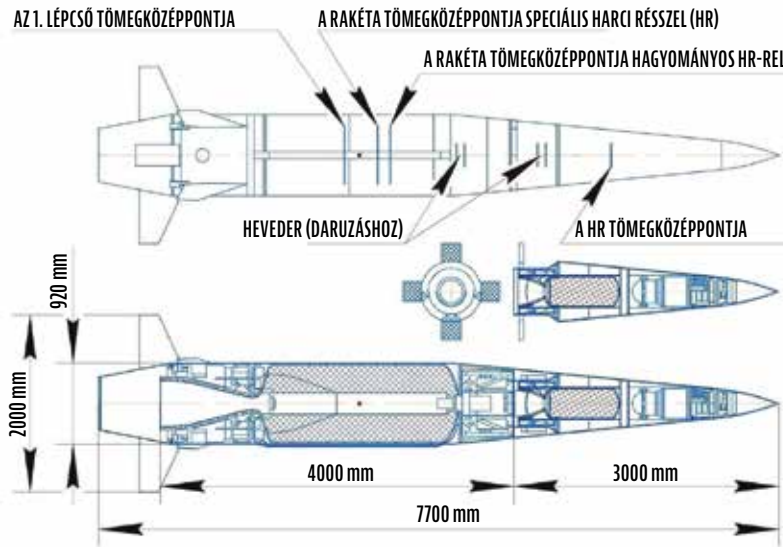


¹ MIM-104 Patriot (Surface-to-Air Missile – SAM), az Amerikai Egyesült Államokban kifejlesztett légvédelmi rakétarendszer, több modifikációban létezik és számos ország rendszeresítette. Legutóbb, 2023 tavaszán Ukrajna kapott a típusból.

² Aegis Ballistic Missile Defense System (Aegis BMD vagy ABMD). Az USA védelmi iparában tevékenkedő cégek és egyetemek közös fejlesztésű légvédelmi eszköze. Elsősorban hajófedélzetre telepített változatban jelent meg, de fejlesztettek belőle szárazföldi telepítésűt is.

³ RIM-174 Standard ERAM vagy RIM-174 Standard Missile 6 (SM-6). Az ABMD továbbfejlesztett változata, amelyet a Raytheon gyárt az USA haditengerészete számára.

4. ÁBRA.
A Kindzsal rakéta feltételezett felépítése (A szerző szerkesztése [21] alapján)



rokkal. A fent említett sebesség miatt, a Kindzsal esetében a szakértők azt feltételezik, hogy a rakéta körül áramló gázok valószínűleg ionizálódnak, amely úgynevezett „plazmalopakodást” tesz lehetővé. Vagyis a rakétának nagy mértékben lecsökken a radarkeresztmetszete, mert az ionizálódott réteg elnyeli a rádióhullámokat. Ennek eredményeképpen a lég- és rakétavédelmi eszközök nem, vagy csak nagyon kis távolságról képesek felderíteni, amikor már nem marad idő semmilyen ellentevékenységre.

Az Izvesztyija internetes oldalán [20], a Kindzsal működését bemutató animáció szerint a rakéta röppályája több szakaszra bontható.

Az 1. szakaszban az eszköz emelkedése egészen 25–30 km magasságig folytatódik. A 2. szakaszban leválik a harci rész, amelynek sebessége a 3. szakaszban eléri a maximális sebességet (3880 m/s), sőt a harci rész akár

25-szörös túlterheléses fordulókat is végezhet. Ezzel magyarázzák, hogy még a mai, korszerű légvédelmi eszközökkel sem lehet elfogni az eszközt.

A 3. és 4. ábrákon látható, hogy a rakéta leváló hajtóműfokozattal rendelkezik, amelynek leválása után kinyílnak a kormányfelületek, és beindul a második rakétahajtómű-fokozat. Az ábrákon bemutatott működési elv alapján ez a változat eddig a legjobb leírás a rakéta erősen titkolt technikai megoldásaira, és összhangban van a ballisztikus rakétákra jellemző működéssel.

Jevgenyij Damancev katonai elemző, a **Военное дело** (Katonai ügyek) internetes oldalon megjelent cikke [22] a legérdekesebb a témában fellelhető számos cikk és elemzés közül. A cikk utolsó előtti bekezdésében cáfolja az ukrán (és a nemzetközi) sajtóban bemutatott képeken látható rakétadarabok eredetét. A következőt írja: „semmilyen formában nem eshet szó a

Kindzsalról, mert a H-47M2 hiperszonikus, aeroballisztikus rakéta orr-része egy vékony falú, törékeny orrkúpval rendelkezik, amely a centiméteres tartományú rádió-célkoordinátort takarja”. Korábban arról egyetlen beszámolóban sem esett szó, hogy a Kindzsal rakéta orrában egy rádió-célkoordinátor helyezkedik el. Ez a megjegyzés rengeteg további kérdést felvet.

Az 1. ábrán egy teljesen fehérre festett rakéta látható, amely egy súlymakett-változat. Az 5. és 6. ábrákon világosszürke festésű rakéta látható, amely már a rakéta éles változata. Jól látható, hogy a rakéta orrkúpja más színű, ami arra utal, hogy ez egy festetlen anyagból készült szerkezeti elem, amelynek ilyen a színe. Maga az anyag rádióhullámokat átteresztő, amely a szovjet/országi haditechnikai eszközök esetében általában vékony falú kerámiából készül. Ezt támasztja alá az is, hogy a 6. ábrán jól látszanak a feliratok a rakétán. A kiemelésen az „Осторожно” (óvatosan) szó is olvasható. A másik három felirat „Бандаж” (heveder) és a „Ц. М.” (tömegközéppont) feliratok arra utalnak, hogy ez a kúpos rész önállóan is daruzható, és látható, hogy hol van a tömegközéppontja. Ez is azt bizonyítja, hogy ez a rész a rakéta harci része. A 4. ábrán is jelölték ezt a tömegközéppontot.

Ezek alapján valószínűsíthető, hogy az orrkúp alatt valamilyen rádióberendezés található, amely – Damancev szerint [22] – valószínűleg egy rádió-célkoordinátor. Ha nem az, akkor lehet pl. a GLONASS vételére alkalmas berendezés, amelynek szintén „nem árnyékoló” burkolatra van szüksége.

LEKÜZDHETŐ-E A KINDZSAL A RENDSZERBEN LÉVŐ LÉGVÉDELMI ESZKÖZÖKKEL?

A híradásokból olvashattunk arról, hogy 2023. május 4-én az ukrán légvédelem több Kindzsal rakétát lőtt. Az esetről nagyon ellenmondó információk láttak napvilágot. Például ukrán nyelvű anyagban bemutatott videóban [2] és cikkben [3] található képeken biztosan nem a Kindzsal maradványai láthatók, és ezt támasztja alá Damancev katonai elemző az írásában [22] is. A Forces cikke [4] is utalást tesz arra, hogy az említett videóban bemutatott eszköz marad-



5. ÁBRA.
Az éles rakéta egy MiG-31K típusú repülőgép törzs alatti tartóján [21]

ványa inkább egy BETAB⁴-500 bomba maradványaira hasonlít. Erre utal a képeken (7. ábra) jól látható, megvastagított orr-rész, illetve az eszköz kúpossága is más, mint a Kindzsal rakétáé. A fent említett videóban, a magát szakértőnek nevező személy felvesz valamit a roncsok közül, amelyen a 7660-as számot próbálja megmutatni, amivel bizonyítani szeretné, hogy a rakéta valóban egy Kindzsal volt. A rakéta típusjelzése csakugyan a 9-Sz-7660, amely utalhatna rá, de az alkatrész származhat egy becsapódott és felrobbant rakétából is. Arra nincs semmi bizonyíték, hogy az alkatrész lelőtt rakétából származik, főleg annak tükrében, hogy a BETAB-jellegű orrkúppal hozzák összefüggésbe. A híradás így meglehetősen dezinformációs jellegű.

A szándékos félretájékoztatást támasztja alá az rbc.ru cikke [12] is, amelyben arról tudósítanak, hogy egy Kindzsal rakétával megsemmisítettek egy Patriot légvédelmi üteget – a hírt 2023. május 9-én a Pentagon is megerősítette [19]. Ebben a cikkben azt is leírják, hogy amit az ukrán sajtóorgánumok a Kindzsal rakéta részeiként említenek, azokról a maradványokról megállapítható, hogy egy normál módon elműködött, vagyis a célba becsapódott rakéta alkatrészei lehetnek, és nem egy lelőtt rakéta darabjai. Ugyanez a vélemény jelenik meg a lenta.ru cikkében is. [15] Azt is megemlítik, hogy a Kindzsal és az Iszkander rakéta gyártója ugyanaz a cég, és a két eszköznek nagyon sok alkatrésze megegyezik, így az alkatrészek számozásából csak a gyártó tudja nagy bizonyossággal megállapítani, hogy



6. ÁBRA. Az éles Kindzsal rakéta orr-része (Forrás: Shutterstock)

a két említett rakéta közül melyikbe volt beépítve.

A témában az egyik legjobb cikk a CBC írása [3], amelyben Sidharth Kaushal, a londoni Royal United Services Institute védelmi és biztonsági kutatója igyekszik magyarázatot találni a Kindzsal rakétával kapcsolatos információkra. Azt közli, hogy a Kindzsal esetében az orosz tájékoztatás szándékosan félrevezető. „Hiperszonikus sebességgel repül, de tipikusan, amikor ezt a kifejezést használjuk, valami olyasmire gondolnánk, ami hiperszonikus sebességgel nagyon manőverezhető” nyilatkozza a CBC-nek. [3] Tom Karako, a washingtoni Stratégiai és Nemzetközi Tanulmányok Központ (Center for Strategic and International Studies – CSIS) Rakétavédelmi Projektjének vezető munkatársa és igazgatója egyetért azzal, hogy Oroszország állításai a Kindzsal hiperszonikus manőverezőképességéről túlzóak le-

hetnek a tipikusan hiperszonikusnak nevezett fegyverekhez, például a cirklórakétákhoz vagy a siklórakétákhoz képest – olvasható a cikkben.

Szintén ebben a cikkben olvashatunk először arról, hogy „csak” 10-szeres hangsebességet képes elérni a rakéta, azt is 350 km hatótávolságon belül. A szakértők kifejtik, hogy a Kindzsal rakéta repülése során 30–40 km magasságig is felemelkedik, majd a röppálya utolsó szakaszán egy a függőlegeshez közelítő pályán támadja a célt. Ezen a szakaszon bizonyos körülmények között lehetséges a rakéta elfogása és leküzdése, ugyanis ezen a szakaszon a sebessége már nem akkora nagyságrendű, mint ahogy azt az orosz fél állítja. [3] [5] [11]

SAJTÓHÍREK A KINDZSALRÓL

Áttekintve az orosz, az ukrán és egyéb hírportálok témában fellelhető cikkeit megállapítható, hogy azok kevésbé a műszaki megfontolások, sokkal inkább a politikai megrendelők szándéka szerint mutatják be a kérdést.

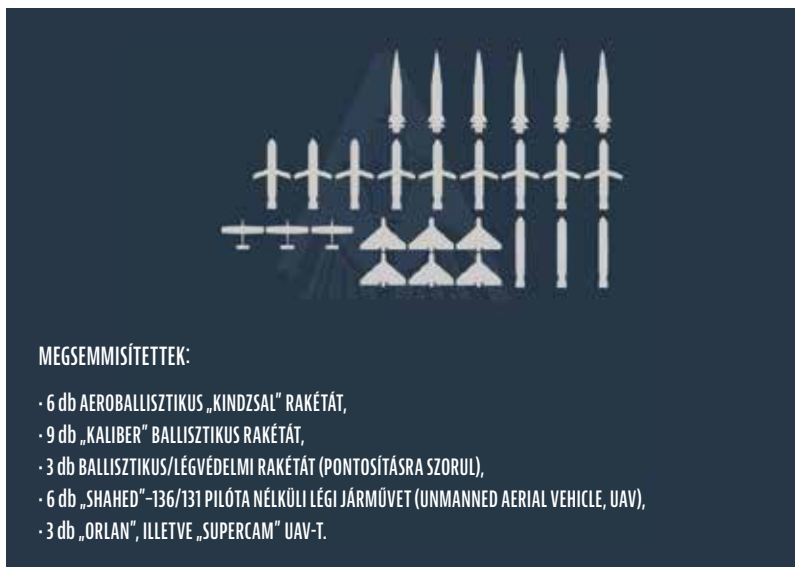
Le lehet-e lőni a hiperszonikus Kindzsalt? – teszi fel a címben is szereplő kérdést az Orosz fegyverek (rg.ru) internetes oldal. [14] A cikk legutolsó bekezdésében a következőt írják: „A Kindzsal képes megtalálni és megsemmisíteni a legvédelembe állított célt, a H-47M2 rakéta csapása kivédhetetlen. Felderíteni és lelőni azt a létező lég- és rakétavédelmi rendszerekkel gyakorlatilag lehetetlen”.



7. ÁBRA. Az állítólagos Kindzsal-maradványok [2]

⁴ БетАБ – бетонобойная авиабомба – betonátütő légibomba.

8. ÁBRA.
A 2023. május 16-i
támadás során
– állítólag –
megsemmisített
eszközök
(A szerző szerkesztése
[18] alapján)



MEGSEMMISÍTETTEK:

- 6 db AEROBALLISZTIKUS „KINDZSAL” RAKÉTÁT,
- 9 db „KALIBER” BALLISZTIKUS RAKÉTÁT,
- 3 db BALLISZTIKUS/LÉGVÉDELMI RAKÉTÁT (PONTOSÍTÁSRA SZORUL),
- 6 db „SHAHEd”-136/131 PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVET (UNMANNED AERIAL VEHICLE, UAV),
- 3 db „ORLAN”, ILLETVE „SUPERCAM” UAV-T.

Az ukrán Apostrophe interneten fel-lelhető cikke [16], már a címével is cáfol: „Nincs semmiféle hiperszonikus rakéta: a szakértő megmutatja a Kindzsal gyenge oldalát”. A cikkben szakértőként hivatkozott, jogász végzettségű Alexander Kovaljenko az Információs Ellenállás csoport politikai vezetőjeként a szovjet/országi haditechnikai eszközöket becsméri és megjegyzi, hogy a Kindzsal rakéta is ennek a régi technikának a hozadéka.

A The Jerusalem Post a következőket írja: „Az, hogy Ukrajna csütörtökön lelőtt egy orosz H-47 Kindzsal rakétát egy amerikai gyártmányú Patriot üteggel, azt jelzi, hogy a fegyver inkább túl van értékelve, mint hiperszonikus.” [17]

Az ukrán Apostrophe [18] és az orosz gazeta.ru cikkének [19] mondanivalója szöges ellentétben áll egymással. Az Apostrophe állítása szerint a május 16-i orosz támadás során lelőtték a 8. ábrán felsorolt eszközök mind-egyikét. A fenti cikk információinak szöges ellentéte: „Százmilliók a szélben. Ahogy a Patriot próbálkozott lelőni az orosz Kindzsalt”. Az orosz Gazeta azt írja, hogy 16 db Patriot rakétát indítottak, és egyik sem ért el találatot. A rakéták értékét a cikk 96 millió amerikai dollárra becsüli. [19]

A legkorrektebbnek J. Damancev, katonai elemző írását [22] tekinthetjük, aki bátran leírja azt a tényt, amit a Kreml propagandistái folyamatosan cáfolnak: a Patriot légvédelmi rendszerrel igenis lelőhető a Kindzsal. Igaz, azt is hozzáteszi, nem mindegy melyik modifikációval, és azt is leírja,

hogy nem ismert, Ukrajna melyiket kapta. Az orosz nyelvű cikk szerzője azt a szóhasználatot alkalmazza, amit kizárólag az orosz szakemberek szoktak, ha a saját eszközükről írnak: „...нашего «Кинжала» ...”, „а mi Kindzsalunk”. Ebből a kifejezésből egyértelműen kiolvasható, hogy a cikk szerzője orosz, és oroszországi szempontok szerint ír. Már a fejtegetése elején leírja, hogy a Patriot esetében több modifikációról lehet szó. A korszerűbb PAC-3MSE rendszer a MIM-104F rakétával, nagy valószínűséggel képes leküzdeni a H-47M2 rakétát. A MIM-104F légvédelmi rakéta aktív, milliméteres, Ka-sávú rádió-célkoordinátorral rendelkezik, amely nagyobb célbefogási pontossággal bír, mint a korábbi MIM-104E GEM-T típusú rakéta félaktív rádió-célkoordinátora. Ezen kívül a MIM-104F rakétát többszintű gázdinamikai rendszerrel szerelték fel, amely lehetővé teszi, hogy 0,02 s alatt keresztirányú (oldalirányú) manővereket hajtson végre. Ez nagyságrendileg 60–65-szeres túlterhelésnek felel meg. A MIM-104F rakéta harcászati-technikai adatai alapján alkalmas nagy manőverező-képességű ballisztikai célok elfogására 30–40%-os valószínűséggel, ha a cél effektív visszaverő felülete legalább 0,01–0,02 m². Létezik azonban egy lényeges paraméter, amely korlátozza a Patriot PAC-2/3 célbefogó képességét, az pedig a cél sebessége, amely maximum 2200 m/s lehet. A megadott harcászati-technikai adatok alapján a H-47M2 rakéta sebessége 4080 m/s,

amely 1,85-szor nagyobb, mint a Patriot maximálisan megengedett célsebessége. A rakéta azonban nagy magasságról repül a Föld felszíne felé, és ahogy 20 000 m magasan belép a troposzférába, a légellenállás jelentősen megnő. Ezen a magasságon a Kindzsal kb. 7–8-szoros hangsebességgel halad. A magasság további csökkenésével 7000–10 000 m-en már csak 4–5-szörös hangsebességre csökken a rakéta sebessége. Ez a sebesség már a Patriot sebességhatára alatt van, így lehetőséget ad az aeroballisztikus rakéta elfogására.

Damancev véleménye szerint az ukrán és a nyugati sajtóban publikált képek alapján a Patriot ütegekben csak M901 indítóállványok láthatók, amelyek a MIM-104E GEM-T légvédelmi rakéták indítására szolgálnak. Ezek a rakéták modernizált félaktív rádió-célkoordinátorral, rádiógyújtóval és a ballisztikus rakéták ellen jobb elfogást biztosító algoritmussal rendelkeznek. Ugyanakkor ennek a rakétának a maximális túlterhelése 30-szoros lehet, amely nem teszi lehetővé, hogy a 25–30-szoros túlterheléssel manőverező Kindzsalt elfogja. Damancev azt is megjegyzi, hogy az ukrán sajtóban bemutatott Kindzsal orrkúpjának titulált darabon kb. 70–80 mm-es lyuk található (7. ábra). Ha jól megfigyeljük, akkor masszív öntöttvas ötvözet látható ferrit-perlit szerkezettel a törési felületeken, amely alapvetően jobban illik egy szabadesésű légibombához. Így semmilyen formában nem lehet szó a Kindzsralról, mert a H-47M2 hiperszonikus, aeroballisztikus rakéta orr-része egy vékony falú, törékeny orrkúppal rendelkezik, amely a centiméteres tartományú rádió-célkoordinátort takarja.

„Ugyanakkor rendkívül vakmerő lenne, ha nem lennének résen, és alábecsülnék a továbbfejlesztett Patriot PAC-2GEM-T és PAC-3MSE légvédelmi rendszerek potenciálját, mivel a MIM-104E és MIM-104F rakéták képesek a hadművelleti-harcászati ballisztikus és cirkálórakétáink számos típusának elfogására. Ez azt jelenti, hogy mind cirkáló- és aeroballisztikus rakétákkal, mind kis magasságú kamikaze drónok tucatjaival végrehajtott tömeges csapásokra lesz szükség az ukrán légvédelmi állások hatástalanításához,



9. ÁBRA. Patriot M901 indítóállvány kétféle rakétával [27]

ehhez pedig a stratégiai rádiótechnikai és opto-elektronikai felderítésből származó operatív adatok elengedhetetlenek” – írja zárszavában Damancev [22], amivel újra megerősíti, hogy a szerző a Kreml oldalán áll, de ennek ellenére objektív elemzést tesz közzé.

Amikor Damancev azt írja, hogy az ukrán és a nyugati sajtóban publikált képek alapján a Patriot ütegekben M901 indítóállványok láthatók, meg kell jegyezzük, hogy a képek többségét valamilyen, a Patriot rendszert bemutató leírásból vették át. Olyan képet vagy videót, amely mellett ukrán katonák állnak nem találtam, pedig egy ilyen kép lehetne meghatározó a címben is szereplő kérdés eldöntésében.

A Patriot üteg felépítéséről fellelt ukrán leírások nem szólnak az indítóállványok közötti különbségről, pedig három változatot is üzemeltetnek: M901-est, M902-est és M903-ast. A képekről nem dönthető el egyértelműen, hogy melyik verzió látható rajtuk. Valószínű, hogy különböző rakéták indítására szolgáló változatokról van szó, bár a 9. ábrán egy olyan variáns látható, amelyik mindkét típust képes indítani. A különbség annyi, hogy a MIM-104E rakéta átmérője 410 mm, és állványáról 4 db harceszköz indítható, míg a MIM-104F rakéta átmérője 250 mm, és egy állványról 16 db indítása lehetséges. Így akár MIM-104F rakétát is indíthatott az ukrán légvédelem, [25] [26] amellyel már jó esé-

lye nyílt a H-47M2 Kindzsal hiperszonikus, aeroballisztikus rakéta ártalmatlanítására.

ÖSSZEFOGLALÁS

Összegezve a híradásokat, nem kapunk egyértelmű bizonyítékot arra vonatkozóan, hogy valóban lelőtte-e az ukrán légvédelem Kijev körzetében azt a 6 db Kindzsal rakétát, amit állít.

Az azonban az adatok elemzéséből megállapítható, hogy a Patriot PAC-3MSE légvédelmi rendszer a MIM-104F légvédelmi rakétával képes lehet leküzdeni az orosz légierő hiperszonikus rakétáját. A nyitva maradt kérdés az, hogy Ukrajna rendelkezik-e ezzel a változattal, vagy csak a korábbi Patriot PAC-2-es verzióval.

A fentiekből is egyértelműen látszik, hogy az orosz-ukrán háború olyan haditechnikai titkokat tárt fel, illetve tár fel a jövőben, amiről eddig csak a fejlesztésekben részt vevő szakemberek, és az adott ország magas rangú politikai és katonai vezetői tudtak.

Napjainkra ezeknek az eszközöknek bizonyos adatai, paraméterei már világszerte ismertek.

Nyilvánvalóan más országok is kísérleteznek hasonló eszköz megalkotásával, esetleg már rendelkeznek is azzal. Egy azonban biztos, a kutatások a lehető legnagyobb erőbedobással folynak, hiszen a fegyverkezési verseny sajnos nem ért véget. ■

HIVATKOZÁSOK

- [1] BBC News: Русская Служба: Ночной удар по Киеву: сколько „Кинжалов” сбила ПВО и мог ли один из них попасть в Patriot? <https://www.bbc.com/russian/features-65617096> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [2] Defense Express: „Гиперзвуковой” Х-47 „Кинжал” успешно збито ЗСУ: уламки й пояснення причини сильного вибуху уночі 4 травня над Києвом (оновлено). (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [3] CBC: Ukraine says it shot down Russian Kinzhal missiles. What is the hypersonic weapon? <https://www.cbc.ca/news/world/ukraine-russia-kinzhal-missiles-1.6845097> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [4] Forces: Did Ukraine shoot down a Russian hypersonic missile with a US Patriot? <https://www.forces.net/ukraine/did-ukraine-shoot-down-russian-hypersonic-missile-us-patriot> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [5] VoaNews: Explainer: Can Ukraine Use Patriot Systems to Knock Out Russian Hypersonic Missiles? (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [6] Звезда: Гиперзвуковой бросок «Кинжала»: конкуренты еще – в «пеленках». (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [7] Викна: Это историческое событие! Характеристика ракет Кинжал, которые сбили украинцы. <https://vikna.tv/ru/video/svit/rakety-kinzhal-harakteristiki-sverhzvukovoj-rakety-kinzhal/> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [8] Baltnews: Как работает ракетный комплекс „Кинжал”. Online: <https://lv.baltnews.com/infographics/20200129/1023656112/Infografika-kak-rabotat-raketnyj-kompleks-Kinzhal.html> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [9] Факти: Не такой уж и быстрый: что известно о ракетном комплексе Кинжал и его характеристики (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [10] Army-Today: Гиперзвуковой авиационный ракетный комплекс «Кинжал», характеристика и особенности. (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [11] RG.RU: Можно ли сбить гиперзвуковой „Кинжал”? (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [12] RBC.ru: В Минобороны рассказали, что Киев выдал за «сбитые ракеты „Кинжал». (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [13] ТАСС: Что известно о гиперзвуковой ракете „Кинжал”. (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [14] Русское оружие: Можно ли сбить гиперзвуковой „Кинжал”? <https://rg.ru/2023/05/13/mozhno-li-sbit-giperzvukovoj-kinzhal.html> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [15] Lenta.ru: В России прокомментировали «перехват» Украиной ракеты «Кинжал». (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [16] Апостроф: Нет никакой „гиперзвуковой” ракеты: эксперт назвал слабые стороны „Кинжала”. (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [17] The Jerusalem Post: Kyiv proves Russia’s Kinzhal missile more hype than hypersonic – analysis. (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [18] Апостроф: Украинское ПВО умножило на ноль российский „аналоговнет”: что известно о ракете „Кинжал”. Фото. (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [19] Газета.ru: Сто миллионов на ветер. Как Patriot пытался сбить российский „Кинжал». <https://www.gazeta.ru/army/2023/05/19/16728212.shtml> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [20] Белок из будущего: Гиперзвуковой ракетный комплекс Х-47М2 „Кинжал”. Графика. (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [21] TechInsider: Как летает ракета боевого комплекса «Кинжал»: гиперзвуковое российское оружие. <https://www.techinsider.ru/weapon/750293-kak-letaet-kinzhal/> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [22] Военное дело: Американский Patriot сбил российский „Кинжал»: совершенство систем ПРО или непрофессиональная фикция командования ВСУ. <https://voennoedelo.com/posts/id43534-amerikanskij-patriot-sbil-rossijskij-kinzhal-sovshenstvo-sistem-pro-ili-neprofessionalnaja-fiktija-komandovanija-vsu> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [23] Військовий Кур’єр: Х 47М2 “Кинжал” – “гіперзвуковий піар” російського ВПК. (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [24] News.ru: „Из области фантастики»: военэксперт о перехвате Украиной ракеты „Кинжал» <https://news.ru/society/ekspert-nazval-dovody-protiv-versii-ukrainy-o-sbitoj-rakete-vs-rf-kinzhal/> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [25] Ежедельник Звезда: ЗПК «Патриот»: миссия оказалась невыполнимой. <https://zvezdaweb.ru/news/20235251629-AXAtu.html> (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [26] HowStuffWorks: How Patriot Missiles Work. (Letöltve: 2023. 09. 14.)
- [27] Insider: This is the Patriot missile defense system that Israel just used to shoot down a Syrian warplane. Online: <https://www.businessinsider.com/patriot-missile-system-photos-tour-2018-3> (Letöltve: 2023. 09. 14.)

CSURGAI-HORVÁTH LÁSZLÓ* – BACSÁRDI LÁSZLÓ**

ŰRMÉRNÖKKÉPZÉS A HAZAI FELSŐOKTATÁSBAN

ÖSSZEFOGLALÁS: A magyar űrkorszak 1946-ban kezdődött Bay Zoltán sikeres holdradar-kísérletével. Az elmúlt több mint 75 évben a magyar űrszektor lendületesen fejlődött és növekedett, nemzetközi elismerést ért el az űrkommunikáció, az anyagtudomány, a pikoműholdak, a dozimetria és még számos egyéb területen is. Az országban azonban egészen napjainkig nem létezett olyan felsőoktatási képzés, amely az űrhöz kapcsolódó mérnöki tevékenység átfogó oktatását tűzte ki célul. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kara – Magyarországon első egyetemenként –, kidolgozta az űrmérnöki szak elindításához szükséges dokumentumokat, majd 2021 elején minisztériumi jóváhagyást kapott az űrmérnöki mesterképzés elindítására. Azt követően 2022 szeptemberében a BME-n elindulhatott a képzés az első űrmérnöki évfolyamon. A BME mesterképzése 26 tantárgyból és egy, a tárgykörhöz kapcsolódó 4 hetes ipari szakmai gyakorlatból áll. Cikkünkben felvázoljuk az űrmérnöki képzés létrejöttének folyamatát és bemutatjuk a BME által felkínált tantervet is.

KULCSSZAVAK: egyetemi oktatás, űrmérnöki mesterképzés, tanterv kialakítása

ABSTRACT: The Hungarian space age started in 1946 with the successful Lunar Radar experiment by Zoltán Bay. In the past 75 years, the Hungarian space sector evolved and grew dramatically, achieving international recognition in space communications, material science, picosatellites, dosimetry, and many more domains. However, there was no space engineering related higher education program in the country. In early 2021, the Budapest University of Technology and Economics Faculty of Electrical Engineering and Informatics at BME requested approval for its space engineering master program, the first class of space engineering students arrived to the university in September 2022. The BME master's program has 26 subjects and a 4-week-long industrial training. We outline the establishment process of the national space-engineering curriculum and introduce the curriculum of BME.

KEYWORDS: university education, space engineering master program, curriculum establishment



1. ÁBRA.

A szerzők 2022. augusztus 31-én tájékoztatót tartottak az űrmérnök szakról a frissen felvett hallgatóknak és űripari cégek képviselőinek (Fotó: Bacársdi László)

BEVEZETŐ

Az űrmérnökképzés ma már világszerte jelen van a legtöbb fejlett ország felsőoktatási struktúrájában. Az űrkutatás, az űrtudomány és az űrtechnológia manapság egyre jobban beépül a mindennapi életünkbe, ezért kiemelten fontos, hogy az oktatási intézmények ezen a területen is képzési programokat biztosítsanak. Az iparral rendelkező gazdaságoknak szüksége van olyan szakemberekre, akik sikerrel eligazodnak, továbbá szakmai munkavégzésére is képesek ezen a tudományterületen. A jelentős űrkutatási hagyományokkal, technológiával és nagy gazdasági potenciállal rendelkező országokban az űripar is nagy jelentőséggel bír. Ugyanakkor a kisebb országok is találhatnak olyan szakterületeket, ahol bekapcsolódhatnak űripari fejlesztésekbe, továbbá megnyílhatnak előttük kutatási és gyártási lehetőségek is. Az olyan nemzetközi szervezetek, mint az Európai Űrügynökség (European Space Agency – ESA) vagy az amerikai Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal (National Aeronautics and Space Administration – NASA) számos lehetőséget biztosítanak szinte bárkinek,

aki megfelelő szakmai tudással rendelkezik ahhoz, hogy bekapcsolódjon az űrrel kapcsolatos fejlesztésekbe.

Többféle szakterületen is található olyan kutatás-fejlesztési irányokat, amelyek kapcsolódnak az űrhöz. A világűr jobb megismerését célzó tudományos alaputatásokat a hétköznapi emberek is jól ismerik. Az ilyen programokban többnyire tudósok és berendezésfejlesztő mérnökök dolgoznak együtt. Az anyagtudományi, élettani, kémiai, gyógyszerészeti, biológiai és fizikai kísérletek sok fajtája szintén csak a világűrben végezhető el. Mivel a mai berendezések alapvetően informatikai háttérre épülnek, az űrberendezésekben is megjelenik a számítástechnika. Nem feledkezhetünk meg a műholdas rádiókommunikáció nemzetközi koordinálásának feladatairól, a világűr használatának jogi kérdéseiről sem, amely területek szintén megfelelő szakértelmet igényelnek.

Mindezek oktatása, a kapcsolódó szakemberképzés elsősorban a felsőoktatás feladata. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) ebben a széles körű, az űrkutatáshoz kapcsolódó témában, a mér-

* Dr. Csurgai-Horváth László, PhD, habil., egyetemi docens, a BME-VIK űrmérnök szakbizottságának elnöke, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar Szélessávú Hírközlés és Villamosság-tan Tanszék. ORCID: 0000-0002-6460-3500

** Dr. Bacársdi László, PhD, egyetemi docens, a BME-VIK űrmérnök képzés szakfelelőse, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék. ORCID: 0000-0002-7337-317X

női szakterületen az űripari szakemberek képzését tűzte ki céljául.

Bay Zoltán sikeres holdradar-kísérlete 1946-ban egy olyan jelentős esemény volt, amely kijelöli a magyar űrkorszak kezdetét is.¹ Az elmúlt több, mint 75 évben a magyar űrszektor lendületesen fejlődött, növekedett és nemzetközi elismerést ért el az űrkommunikáció, az anyagtudomány, a pikoműholdak, a dozimetria és még sok más területen. [1] Az országban azonban egészen a közelmúltig nem létezett űrmérnöki jellegű felsőoktatási képzés. [2]

A 2010-es években többször is felmerült az igény az űrterülettel foglalkozó hazai képzések iránt. A kapcsolódó gondolkodás azt követően gyorsult fel, miután 2018-ban a BME és a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) megrendezte Budapesten az Európai Űrügynökség 2. űroktatási szimpóziumát (ESA's 2nd Symposium on Space Educational Activities), amelyen számos szakmai előadás hangzott el a különböző európai országokban bevezetett hasonló képzésekről. A folyamatot a MANT 2018-ban szervezett nyári workshopja, a MANT Űrakadémia segítette tovább, amely űroktatási kérdésekre fókuszált. Végül a BME 2019-ben hivatalosan is elindította az űrmérnöki mestertanterv létrehozásának folyamatát. [3] Ennek eredményeképpen 2020 végére az illetékes minisztérium jóváhagyta az űrmérnöki mestertanterv országosan érvényes képzési és kimeneti követelményeit rögzítő szabályokat. Ez azt jelenti, hogy minden magyar egyetem, amely rendelkezik a szükséges kompetenciákkal, indíthat űrmérnöki szakot hallgatói számára. A képzés hazai létrehozását a Külügyminisztérium (mint az űrterületért felelős minisztérium) is támogatta. (2023. január 1-jétől az űripar fejlesztés a Nemzetgazdasági Minisztérium hatáskörébe került – a szerk.)

Egyetemünk ezt a hazánkban is új képzési programot, a képzési feltéte-

lek megalkotásával (hivatalos nevén az úgynevezett képzési és kimeneti követelményeket tartalmazó dokumentum létrehozásával) bevezette a magyar felsőoktatásba, kialakította a képzés részletes mintatantervét, majd ezek alapján elindította azt a hagyományos, kétéves formában működő mesterképzést (MSc), amely 2022 őszétől űrmérnököket képez a hazai ipar számára. [4]

A következőkben ismertetjük az űrmérnöki szak legfontosabb célkitűzéseit, bemutatjuk a képzés felépítését és beszámolunk az első tanév tapasztalatairól.

A HAZAI FELSŐOKTATÁSI STRUKTÚRA KIBŐVÍTÉSE AZ ŰRMÉRNÖKI SZAKKAL

A magyarországi felsőoktatás struktúrájában egy új, korábban nem létező szak elindítását meg kell előznie a szak képzési és kimeneti követelményeinek a kidolgozása. Ez a dokumentum tartalmazza az új végzettség pontos megnevezését, a megszerezni kívánt (MSc) végzettséget és a képzési területet, amely jelen esetben a műszaki terület. Meg kell határozni a képzésre történő belépés feltételeit, vagyis azt, hogy milyen típusú felsőfokú végzettség esetén nyerhet valaki felvételt. Esetünkben műszaki, informatikai vagy természettudományi alapfokú végzettséggel rendelkező hallgatók választhatják az űrmérnöki szakot, villamosmérnöki és mechatronikai mérnöki alapfokú végzettséggel pedig nem szükséges a már korábban teljesített tantárgyak körének a vizsgálata sem. Más alapképzésről érkezők esetében az előtanulmányok során felvett tárgyak vizsgálatára, majd sikeres felvételi vizsga esetén kreditpótlásra lehet szükség.

Alkalmazkodva a hazai és európai szintű 120 kredites kreditátviteli és -gyűjtési rendszerhez (European Credit Transfer and Accumulation System – ECTS) a képzés során a hallgatók 120 kredit keretében végeznek el tan-

tárgyakat, amelyek között elméleti és gyakorlati ismereteket tartalmazók egyaránt szerepelnek.

A képzési és kimeneti követelmények meghatározzák a képzés céljait és az elérendő szakmai kompetenciákat. A BME szándéka olyan mérnökök képzése, akik képesek elsősorban űrtechnológiához és űrkutatáshoz kapcsolódó tervezési, fejlesztési, gyártási és üzemeltetési feladatok ellátására. Releváns ismeretekkel rendelkeznek az űrkörnyezet sajátosságairól, a világűrbe szánt berendezések felépítéséről és létrehozásának folyamatairól, valamint az űrberendezések földi kiszolgálására szolgáló berendezések, rendszerek tervezéséről, kivitelezéséről és üzemeltetéséről. Képesek lesznek hazai és nemzetközi űripari vállalatoknál, intézeteknél kutatás-fejlesztési feladatokat ellátni, továbbá tanulmányaikat a későbbiekben doktori képzésben is folytathatják, amennyiben elhivatottságot éreznek a kutatópálya iránt. A képzésből kikerülő űrmérnökök a

1. TÁBLÁZAT.
Tantárgycsoportok a BME űrmérnöki képzésében (A szerzők szerkesztése)

TERMÉSZETTUDOMÁNYOS ISMERETEK

Matematika, fizika, anyagtudomány, űrkörnyezet és szakmaspecifikus alaptantárgyak.

SZAKMAI TÖRZSANYAG

Az űrtechnológiához és komplex egységeihez kapcsolódó eszközök és berendezések fejlesztése, tervezése, kivitelezése. A gyártásnak, minőségellenőrzésének és az ezek által létrehozott komplex szolgáltatásoknak az űrmérnöki területen szükséges átfogó elméleti ismereteinek oktatása.

KÖTELEZŐ TANTÁRGYAK

Az űrmérnöki területen képviselt szakterületek gyakorlásához szükséges anyagok, eszközök, készülékek, berendezések, rendszerek technológiájának és tervezésének speciális ismeretei. Digitális jelfeldolgozás a kommunikációban, fedélzeti adatfeldolgozó rendszerek, finommechanikai tervezés, fotonikus eszközök és optikai kommunikáció, földmegfigyelés és távérzékelés, kisműholdak szerepe az űrtechnológiában, különleges űreszközök és űrbiztonság, nemlineáris végelem-elemzés, optikai távérzékelés, rakéták, rakétahajtás, űrberendezések tervezése és energia-ellátása, űreszközök hódinamikája. Projektlaboratórium (két félév, önálló, illetve csapatmunka). Diplomamunka (két félév).

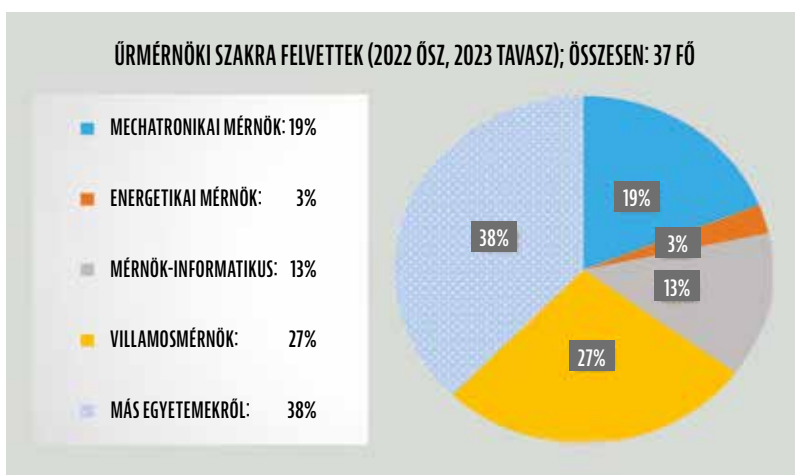
GAZDASÁGI ÉS HUMÁN ISMERETEK

Gazdasági, vezetői és menedzsment ismeretek. A komplex űrberendezések fejlesztésének, a hazai űrtevékenység koordinálása, és a nemzetközi környezethez való kapcsolódás elvei.

SZABADON VÁLASZTHATÓ TANTÁRGYAK

¹ Bay Zoltán fizikus (1900. július 24. – 1992. október 4.) a mikrohullámú technika megismerése, a radar kifejlesztése után rájött arra, hogy az új technikával ki lehetne jutni az űrbe, a mikrohullámú jelek segítségével el lehetne érni a Holdat. Elgondolásának lényege a jelek ismétléséből és a gyenge visszhangok összegzéséből állt. 1942-ben a magyar kormány felkérésére a Bay-csoport kifejlesztette a honvédségi radart: nagy területek ellenőrzésére, közeledő ellenséges légi erők észlelésére szolgált ez a radarrendszer. Bay Zoltán 1944. március elején felvetette, hogy radar segítségével kapcsolatba lehetne lépni a Holddal. A kísérletek elvégzésére a Tunggram laboratóriumában került sor. A teljesen új berendezés megépítését 1946 januárjára fejezték be. Az első sikeres kísérletet 1946. február 6-án hajtották végre. (Forrás: Évfordulóink a műszaki és természettudományokban 1995. Szerk. Molnár László et al., MTE SZ, 1995.)

2. ÁBRA.
A szakra felvett
hallgatók eloszlása
a korábbi végzettségük
alapján
(A szerzők szerkesztése)



számos hazai, az űriparban tevékenykedő vállalatnál található munkahelyet, ugyanakkor a képzés jellegéből adódóan nem kizárólag az űriparban, hanem a nagy megbízhatósági igényű, szélsőséges körülmények között üzemeltetni kívánt berendezések, eszközök tervezésében, gyártásában és tesztelésében is sikerrel tevékenykedhetnek.

A képzés a magyarországi mesterképzés szerkezetéhez igazodva természettudományi ismereteket, gazdasági jellegű tantárgyakat és űrmérnöki szakmai ismereteket nyújtó tárgyakat is tartalmaz. Már a képzési időszak első részében a hallgatók önállóan, projektlaboratórium keretében is dolgoznak, majd elkészítik diplomamunkájukat. A képzés négy féléve alatt a hallgatók egy 4 hetes szakmai gyakorlaton is részt vesznek, amelyet az egyetemünkkel szerződött ipari partnereknél végezhetnek el. A képzés támogatja a hallgatói mobilitást is, ahol külföldi kutatóintézetekben, egyetemeken szélesíthetik a hallgatók ismereteiket.

A fentiek alapján összeállított képzési és kimeneti követelményeket a felsőoktatási felügyeleti hatóságok ellenőrizték, majd a képzés bekerült azon szakok listájába, amelyek alapján egy, a megfelelő oktatási és infrastrukturális kompetenciával rendelkező felsőoktatási intézmény elindíthatja el a képzést.

A képzési és kimeneti követelményekben leírt űrmérnöki mesterképzés összhangban van a különböző európai és más nemzetközi intézményekben elérhető mesterképzésekkel. Más európai tantervekhez kapcsolód-

va az űrmérnöki mesterképzés elsősorban technológia-orientált. Megfelel az űrmérnöki területtel kapcsolatos nemzetpolitikai és ipari követelményeknek, valamint a Kulturális és Innovációs Minisztérium (az oktatásért felelős minisztérium) és az Országos Akkreditációs Bizottság követelményeinek. Ugyanakkor a mesterképzés során olyan ismeretekre tesznek szert a hallgatók, amelyekhez más képzési területen nem, illetve csak korlátozottan juthatnak hozzá. A szakemberek nemzetközi példák figyelembevételével alakították ki a magyar űrmérnöki szakot, amely illeszkedik a magyar mesterképzés hagyományos, négy féléves, 120 kredites struktúrájába, és lehetőséget ad a különböző műszaki alapszakokról érkező jelentkezők felvételére is.

**ŰRMÉRŰŐI KÉPZÉS
A BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS
GAZDASÁGTUDOMÁNYI
EGYETEMEN**

A képzési és kimeneti követelmények sikeres akkreditációját követően a BME kidolgozta a szak indításához szükséges dokumentációkat, amelyeket a felsőoktatást felügyelő szervezetek elfogadtak. Ezzel lehetővé vált Magyarország történetében az első űrmérnöki mesterképzés elindítása.

A képzésről több alkalommal is tartottunk tájékoztató, bemutatkozó előadásokat mind a BME keretein belül, mind egyéb fórumokon (többek között az Educatio Nemzetközi Oktatási Szakkiállításon). A képzés elindulása óta rendszeresen tartunk tájékoztatókat a felvett űrmérnök szakos hallgatók számára. (1. ábra)

A tavaszi és őszi félév tananyaga tartalmazza a képzés valamennyi tantárgyának részletes tematikáját, valamint az oktatásban résztvevők nevét, beosztását, tudományos fokozatát.

A képzés indulásakor a kurzuson 64 oktató vesz részt, akik közül 51 fő PhD-fokozattal rendelkezik. A hallgatók a mintatanterv szerint (ez a számukra ajánlott előrehaladási sorrend) összesen 26 tantárgyat tanulnak, amelyek között kötelező és választható tárgyak is találhatóak. A hat felajánlott természettudományos tantárgy közül egyet, míg a 12 szakmai tárgy közül kettőt a kínálatból szabadon választhatnak, amelyek megválasztása a tanuló irányultságától, szakmai érdeklődésétől függ. A program részét képezi az önálló projektmunka, a szakmai gyakorlat és a diplomamunka is. Egyes tantárgyak esetében – elsősorban a rakéatechnológiákat ismertető tantárgyak esetében – katonai előképzettséggel is rendelkező oktatók is tanítanak a képzésben.

Az űrtechnológiával foglalkozó szakirodalom [5] nagy segítséget nyújtott a képzés fő koncepcióinak kidolgozásához, hiszen ez a tématerület rendkívül szerteágazó és interdiszciplináris jellegű. A világűrbe kerülő berendezéseknek, eszközöknek, a műholdaknak számos olyan rendszerszintű eleme van, amelyek az űreszközök állandó egységét képezik. Ilyen többek között a kommunikációs rendszer, az energiaellátás, a termikus és helyzetérzékelő-stabilizáló rendszer, a fedélzeti számítógép és mérés-adatgyűjtő rendszer, vagy az űreszköz mechanikai struktúrája. Ezek működésének, szerkezetének ismerete alapvető tudást igényel egy űrmérnöktől, ezért az oktatási anyagban is hangsúlyosan megjelennek.

Űrmérnöki mesterszakra a mérnöki, informatikai és természettudományi alapképzési szakokról lehet felvételt nyerni. Megjegyezzük, hogy a Nemzeti Közszoigalati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karán végzetek számára is nyitott a képzés, mivel a szükséges műszaki képzési előfeltételeket ők is teljesítik. Mivel a képzésre különböző szakmai hátterű hallgatók érkeznek, a képzési programban biztosított választási lehetőségek segítik őket az alapképzésüknek

és érdeklődési köröknek megfelelő szakmai ismereteik elmélyítésében. Azonban bármilyen tantárgyat is választanak a hallgatók, az általuk tanult tantárgyak összessége biztosítja, hogy a képzési követelményekben felsorolt valamennyi kompetenciát megszerezzék.

Tekintettel arra, hogy az alapképzés során minden hallgató részesült már matematika-képzésben, az űrmérnöki szak esetében a természettudományos tantárgycsoport választható emelt szintű matematika tantárgya ad lehetőséget a hallgatóknak ismereteik bővítésére a legszükségesebb területen. A hallgatók négy kötelező tantárgy – a sztochasztika, az analízis, a haladó lineáris algebra és a kombinatorikus optimalizálás – közül választanak egyet. A megfelelő tantárgy kiválasztásában a matematika írásbeli felvételi vizsga alapján a szak felvételi bizottsága nyújt támogatást.

Az űrmérnöki szakmai ismeretek blokkban az összesen 12 tantárgyból kettőt kell választaniuk a hallgatóknak. Ez a lehetőség a BME munkatársainak az űrmérnök képzés különböző területein meglévő, szerteágazó tapasztalataira épül, illetve lehetőséget biztosít a hallgatóknak, hogy érdeklődésüknek megfelelően elmélyítsék tudásukat a 120 kredites tantárgyi kereten belül. Ugyanakkor a képzési követelmények által megkívánt, teljes körű szakmai ismeretek átadása minden hallgató számára a képzés kötelező tantárgyainak elvégzése során történik. Technikailag a kötelezően választható blokk 12 tantárgyából 7 tantárgyat az őszi, míg 5 tantárgyat a tavaszi félévben hirdetnek meg. (1. táblázat)

A tavaszi és őszi félévben is meghirdetjük az űrmérnöki mesterszakot, amely a hallgatók számára szeptemberben és február elején is lehetőséget biztosít a képzés elkezdésére. Ezért a képzési program tavaszi és őszi félévindítással is biztosított. A képzési program szakmai tartalma változatlan, de az egyetem – oktatásszervezési okokból – tavasszal és az őszi elején eltérő sorrendben hirdeti meg az egyes tantárgyakat. A tematikák kidolgozásakor igyekeztünk elkerülni az átfedéseket, ezért a tantárgyi témákban nem határoztunk meg előta-

nulmányi feltételeket (kivéve az egymásra épülő projektlaboratórium 1-2 és diplomatervezés 1-2 tantárgyakat). Még az űrtechnológiai laboratórium 1 és az űrtechnológiai laboratórium 2 tárgyai sem épülnek egymásra. Ezért azokat – a többi tantárgyhoz hasonlóan – a tavaszi és őszi félévben induló képzéseken is eltérő sorrendben hallgathatók.

JELENTKEZÉS ÉS FELVÉTELI AZ ŰRMÉRNÖKI KÉPZÉSRE

A BME űrmérnöki mesterképzés célja, hogy a műszaki, természettudományi és informatikai alapkörű végzettséggel rendelkező hallgatók minél szélesebb köre felvételt nyerjen a képzésre. Ezért a bekerülési feltételeket úgy határoztuk meg, hogy az előtanulmányok során megszerzett kreditpontok már elegendőek lehetnek a jelentkezéshez. Ezzel egyidőben írásbeli felvételi vizsgát is szervezünk a jelentkezők számára. A mérnöki, természettudományos vagy számítástechnikai alapképzéssel rendelkezők a sikeres felvételhez összesen hat tárgyból szabadon választhatnak hármat az írásbeli felvételi vizsgán. Ezek a tantárgyak a matematika, a fizika, a számítástechnika, az elektronika, a digitális technika és a szabályozástechnika. Sikeres felvételi esetén javaslatot teszünk a hallgatóknak az ismereteik bővítéséhez esetlegesen szükséges tantárgyak tekintetében is. Ehhez rendelkezésükre áll a BME minden karán már meghirdetett tantárgy.

Az űrmérnöki szak magas fokú interdiszciplináris tudást biztosít, ezért bízunk benne, hogy tanulmányai során minden hallgató megszerezheti a számára legmegfelelőbb tudást. A rugalmasságot a programban felkínált szabadon választható tárgyak is biztosítják.

AZ ELSŐ TANÉV TAPASZTALATAI

A BME a magyar felvételi rendszer sajátosságait követve, 2021 őszén meghirdette a programot a jelentkezők számára 2022. februári jelentkezési határidővel, 2022. szeptemberi indulással. Az előzetes tájékoztatók, fórumok alapján a képzés iránt igen nagy volt az érdeklődés. A felsőoktatási felvételi rendszerben 2022 áprilisában közzétett adatok szerint összesen 110 fő adta be jelentkezését a szakra, ezzel – tekintettel a rendelkezésre álló helyek számára – jelentős túljelentkezés alakult ki. Végül az írásbeli felvételi vizsgát követően 29 fő érte el a felvételhez szükséges szintet. Ezt követően végül 26 hallgató kezdte meg a tanulmányait 2022 szeptemberében (közülük 2 fő döntött úgy a félév végére, hogy nem folytatja a képzést). A képzést kereszt-félévben is indítjuk, 2023 februárjában további 8 hallgató csatlakozott hozzájuk (közülük 1 fő döntött úgy, hogy beiratkozik ugyan, de csak egy félévvel később kezdi meg a tanulmányait). Így az első (őszi) félévben 26 hallgató, a második (tavaszi) félévben 31 hallgató vett részt az előadásokon, a gyakorlatokon, és a laboratóriumi munkában. Változatos területekről és változatos hátterekkel érkeztek a hallgatók. Frissen végzett mechatronika alapszakostól PhD-fokozattal rendelkező fizikusig egyaránt találunk érdeklődőket a csoportokban. (2. ábra)

Úrmérnöki tanulmányaik során érdekes, tartalmas és sokszínű képzésben vesznek részt a hallgatók – s ezt mind az általuk által szóban elmondott vélemények, mind a tantárgyak lezárása után kitöltött anonim kérdőívek megerősítik.

Az űrmérnöki szakon végzetek első évfolyama 2024 elején kapja majd meg a diplomáját, amely fontos mérföldkő lesz a végzettekre jelentős elvárásokkal és fokozott várakozással tekintő hazai űripar számára is. ■

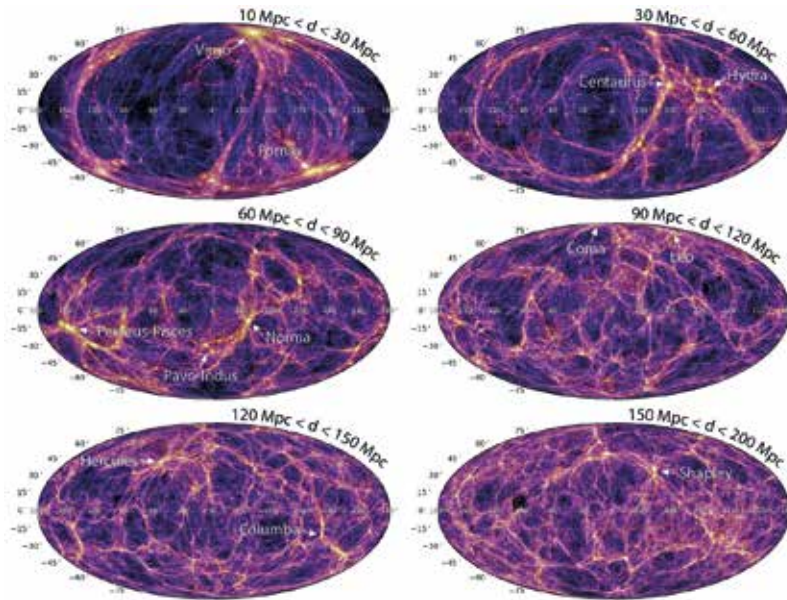
HIVATKOZÁSOK

- [1] Bacsárdi, L., Kovács, K. „Featured papers of the H-SPACE 2018 conference”, Infocommunications Journal, Vol. X, No. 3, p. 1., September 2018.
- [2] Milánkovich, D., Arnócz, I., Bacsárdi, L. „A strategy to support new careers in space sector”, In: Proc. of the 2nd Symposium on Space Educational Activities, SSEA-2018-111 [SSEA 2018, April 11–13., 2018, Budapest, Hungary].
- [3] Bacsárdi, L., Józsa, J., Kovács, K. „Towards space engineering curriculum in Hungary”, Proc. of 3rd Symposium on Space Educational Activities, September 16–18., 2019, Leicester, United Kingdom. <https://doi.org/10.29311/2020.34>
- [4] Bacsárdi, L., Csurgai-Horváth, L. „Establishment of the Space Engineering Program in Hungary”, 4th Symposium on Space Educational Activities, Barcelona, April 2022. <https://doi.org/10.5821/conference-9788419184405.068>
- [5] Ley, W., Wittmann, K., Hallmann, W. (eds) Handbook of Space Technology, Wiley, ISBN 978-047-069-739-9.

KOVÁCS ANDRÁS*

A SÖTÉT UNIVERZUM FELFEDEZÉSE AZ EUCLID ŪRTÁVCSŐVEL

1. ÁBRA. Az Euclid ūrtávcső küldetése, hogy a körülöttünk lévő anyag eloszlását „hagymahéjakként” elképzelve, egyre távolabbi héjakról készítsen minél pontosabb térképeket [5]



KOZMOLÓGIA ÉS AZ UNIVERZUM NAGYSKÁLÁS SZERKEZETE

Milyen sebességgel tágul az univerzum? Hogyan oszlanak el a szomszédos galaxisok a Tejútrendszeren? Mi a galaxisokat körülvevő sötét anyag eredete? Hogyan kell elképzelni a világegyetemünket napjainkban gyorsítva tágító sötét energiát? Ezek azok a kozmológiai kérdések, amelyekre választ keres az Európai Ūrügynökség (European Space Agency – ESA) Euclid ūrtávcsőve két, egyenként is ambiciózus, de alapvetően különálló

kutatási módszer kombinálásával [1]. A küldetés célja, hogy az eszköz egy minden eddiginél részletesebb térképet készítsen az univerzumból, és ezáltal a galaxisok térbeli eloszlásából következtetni lehessen egyebek között a sötét energia tulajdonságaira is. Utóbbit a galaxisok közti űres térben lakozó taszítóerőként szokás értelmezni, amely a sötét és a világító anyag gravitációs hatásának ellentartva, szétfeszíti a téridőt. [2] A probléma azért is kap kiemelt figyelmet az asztrofizikában, mert a modern

mérések alapján az univerzum teljes anyag-energia sűrűségét ez az ismeretlen sötét energia dominálja, így a világegyetem jövőbeni fejlődését is meghatározhatja majd milliárd éves skálákon. [3]

A fenti tudományos kérdések természetesen nem újkeletűek, hiszen az emberiség már a kezdetektől fogva igyekszik minél jobban feltérképezni környezetét és a világot alkotó elemeket. A bolygónkon kívüli világról – beleértve a Naprendszert, a Tejútrendszert, illetve az akár milliárd fényévtári távolságra lévő szomszédos galaxisokat, amelyek egy komplex kozmikus hálózatba rendeződnek – egyre pontosabb 3D-s térképek készülnek. Azt is sikerült meghatározni az elmúlt évtizedben, hogy ebben a hatalmas hálózatban a mi galaxisunk a több ezer csillagvárost számláló Laniakea szuperhalmaz részét képezi. [4] Tudjuk azt is, hogy annak egy viszonylag jelentéktelen külső régiójában, a Virgo-halmaz felé halad a térben a Lokális Csoportot alkotó többi szomszédos galaxissal együtt.

A modern kozmológiai jellegű megfigyelési programok fő motivációja, hogy a körülöttünk lévő anyag eloszlását „hagymahéjakként” elképzelve, egyre távolabbi héjakról készüljenek lehetőleg minél pontosabb, 3D-s tér-

ÖSSZEFOGLALÁS: A világegyetemet, mint egészet vizsgáló kozmológia tudományának alapvető kérdései közé tartozik az univerzumban lévő anyag- és energiafajták azonosítása és megértése, valamint a megfigyelt kozmikus tágulás sebességének minél pontosabb nyomon követése. Azonban a helyzetet nagyban bonyolítja olyan ismeretlen komponensek egyértelműsíthető jelenléte is, amelyek nem világítanak, és csupán gravitációs kölcsönhatások alapján ismerhetők meg. Ezt a sötét anyagot és a még rejtélyesebb sötét energiát vizsgálja majd az Euclid ūrtávcső, amely 2023 nyarán kezdte meg tudományos programját.

KULCSSZAVAK: kozmológia, ūrtávcső, galaxisok, univerzum

ABSTRACT: The fundamental questions of cosmology, which examines the universe as a whole, include the identification and understanding of the types of matter and energy present within it, as well as the tracking of the observed cosmic expansion's velocity as accurately as possible. However, the situation is greatly complicated by the clear presence of unknown components that do not emit light and only interact through gravity. The Euclid space telescope, which began its scientific program this summer, will investigate this dark matter and even more mysterious dark energy.

KEYWORDS: cosmology, space telescope, galaxies, universe

* PhD, a HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont munkatársa, az MTA-CSFK Lendület Nagyskálás Szerkezet Kutatócsoport vezetője. ORCID: 0000-0002-5825-579X



képek (ezáltal a kozmikus múltba is egyre inkább visszatekintve). Az égbolt minél nagyobb tartományáról gyűjtve az adatokat (1. ábra), a végső cél az univerzum nagyskálás szerkezetének tanulmányozása a galaxisok statisztikai elemzésének nyomán. Ennek eléréséhez a kozmológusoknak először a látható, avagy atomos anyagon kívül „egzotikusabb” jellegű, sötét komponensekről is további információt kell gyűjtenie, és ebben a folyamatban az Euclidnek is kiemelt szerep juthat a jövőben. Kifelé nézve a Tejútrendszerből, a saját galaxisunk kozmikus léptékben közeli szomszédságában, a 10 és 30 megaparszek (1 Mpc = 3,26 millió fényév) közti távolságtartományban található galaxisok térbeli elrendeződése meglehetősen egyenetlen eloszlást mutat a kozmikus hálóban, ahogy az az 1. ábrán is látható. Az éggömböt Mollweide-vetületben kiterítve mutató ábrákon az egyenlítőnek a Tejút síkja felel meg, a felső félkör a galaktikus északi félteke, míg az alsó a déli. A domináns közeli struktúrák a Virgo-halmaz, illetve a Fornax-halmaz, míg az égbolt másik felén egy kozmikus void, azaz egy nagy méretű, alacsony sűrűségű régió található. Tovább haladva a ga-

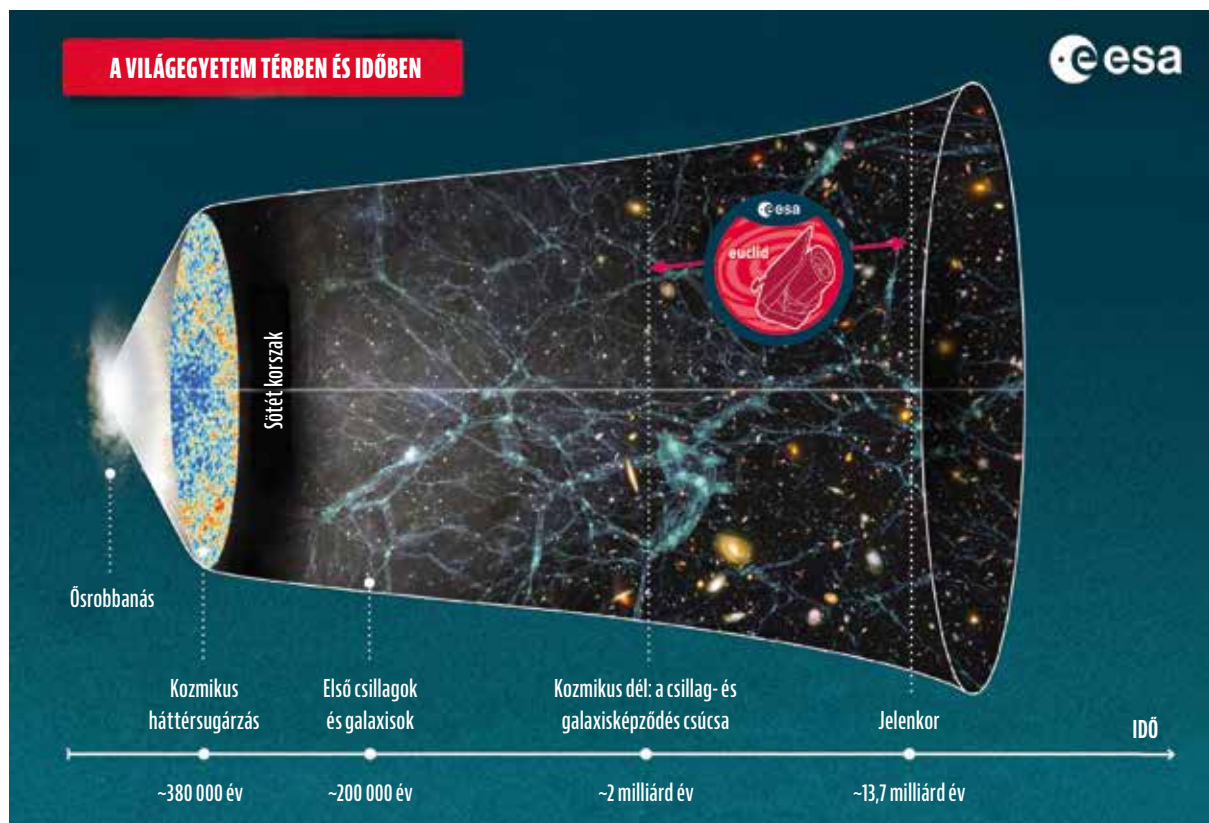
laxisunktól egyre távolabbi „hagymahéjakba”, további markáns csoportosulásokat figyelhetünk meg a galaxisok kozmikus hálójának tomografikus térképein, például a Centaurus (30 Mpc < d < 60 Mpc), a Perseus-Pisces (60 Mpc < d < 90 Mpc), Hercules (120 Mpc < d < 150 Mpc), illetve Shapley-szuperhalmazokat (150 Mpc < d < 200 Mpc). Az 1. ábra jobb alsó részén már jól látható, hogy a klasztereződésnek létezik egy felső határa, mert a filamentumok, szuperhalmazok, és a közöttük lévő üregek elrendeződése – nagyobb térfogatot vizsgálva – már az egyenletes eloszláshoz közelít. Lényeges információ, hogy a kozmikus hálót ezen a 200 Mpc méretű tartományon túl lényegesen kevésbé térképeztük fel, és a kozmológusok és a csillagászok közös célja, hogy földi távcsövek és műholdak segítségével a látható világegyetem minél nagyobb szeletéről készüljön minél részletesebb térkép. [5]

A korábban megfigyeltéknél távolabbi galaxisokra fókuszálva, az Euclid hozzávetőlegesen 10 milliárd évnnyire is képes lesz visszatekinteni az időben (2. ábra), ezáltal új tartományban tesztelve Einstein általános relativitáselméletét. Ahogy az ábra bal oldalán látható kezdeti, apró sűrűség fluk-

tuációkat mutató állapotból haladunk a napjainkban megfigyelt, sokkal bonyolultabb kozmikus hálóig, közben az univerzum tágul, és a kozmikus anyageloszlás egyre egyenetlenebb lesz. A különféle égbolttérképezési projektek ennek a 13,7 milliárd éves kozmikus történetnek különböző epizódjaira fókuszálnak, amelyek természetesen többet tudnak az anyageloszlás hozzánk közelebb eső (azaz későbbi) állapotáról. Az Euclid-misszió fő célja olyan új kozmikus térképek készítése, amelyek nemcsak a világító, hanem a sötét anyagról is készülnek majd, és mindezt egy olyan távolságtartományban vizsgálódva, ahonnan a fény több mint 10 milliárd évvel ezelőtt indult útjára a teleszkópjaink felé. [6]

**TAPOGATÓZÁS
A SÖTÉT UNIVERZUMBAN**

A kozmológiai mérések és elméleti modellek kiemelt céljai között szerepel a megfigyelt kozmikus tágulás és az azzal párhuzamosan történő gravitációs struktúráképződés együttes leírása. Ez a két jelenség oly módon is összekapcsolódik, hogy az univerzumban jelen lévő anyag okozta gravitáció – legyen az atomos vagy sötét –, minden várakozás szerint fokozatosan



2. ÁBRA.
Az Euclid-misszió vizsgálati tartománya térben és időben (A szerző szerkesztése [6] alapján)

lassítja a tágulás sebességét. Mégis, az ezredforduló környékén az a váratlan mérési eredmény adódott, hogy az univerzum tágulása jelenleg nem lassul, hanem egyre inkább gyorsul, amire (egyebek közt) távoli Ia típusú¹ szupernóvák halványodásából következtettek a kozmológusok. A kialakult helyzetet tovább bonyolította, hogy a galaxishalmazok számlálásából, és a halmazokon áthaladó fény gravitációs lencsehatásának méréseiből kapott összes kozmikus anyagmennyiség csupán a tágulás fenntartásához szükséges, a modellek részét képező kritikus anyagsűrűség kb. 30%-át fedezte. Mindez már a galaxisokat látólag körülvevő sötét anyag figyelembevételével értendő, amelyet csupán gravitációs hatásai nyomán érzékelünk eddig, és nem ismerjük a természetét.

Ma úgy gondoljuk, hogy a kozmikus energia-háztartás fennmaradó 70%-át a titokzatos sötét energia alkotja (3.a ábra). Erről az egzotikus és láthatatlan komponensről a kozmológusoknak azonban eddig nem sokat sikerült kideríteniük azon a szemléletes képen kívül, hogy az üres tér egy furcsa antigravitációs tulajdonsága lehet, és talán egyfajta általános kozmikus tasztítóerőnek tekinthető. [7] Felmerül-

het természetesen az is, hogy a relativitáselmélettel van a probléma, amely ekkora skálákon talán már nem írja le pontosan a valóságot. Ám minden egyéb területén mutatott jelentős sikere miatt az elvetéséhez ennél több bizonyítékot követel a tudományos közösség.

Fontos körülmény, hogy az általános relativitáselmélet keretrendszerében az univerzum összetétele nem csupán a kozmikus tágulás sebességét határozza meg, hanem a tér-idő átlagos geometriai tulajdonságait is. Ha éppen a tágulás fenntartásához szükséges kritikus sűrűséggel megegyező mennyiségű anyag plusz energia található az univerzumban, akkor ennek további folyománya, hogy a geometria jó közelítéssel síknak tekinthető. Ez az egyszerű eset pedig az euklideszi geometriának felel meg, ahol a háromszögek belső szögeinek összege éppen 180°-nak adódik, szemben a pozitív vagy negatív görbületű alternatívákkal (3.b ábra), amelyek akkor állhatnak elő, ha az univerzum sűrűsége a kritikusnál nagyobb vagy kisebb.

A sík világegyetem modelljét a korai univerzumban létrejött, és azóta gyakorlatilag változatlanul terjedő kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás

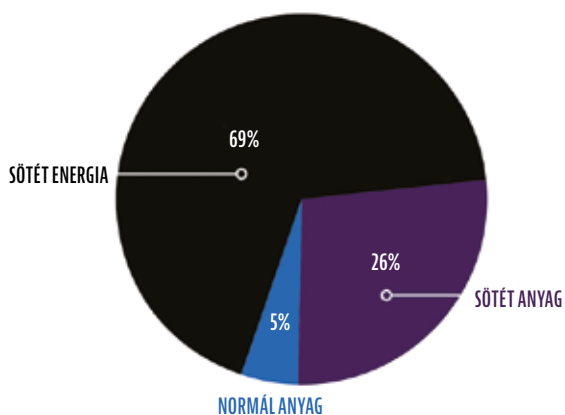
(2. ábra) hőmérsékleti fluktuációinak mérései is megerősítették. Apró hideg és meleg foltjainak a karakterisztikus méretére az egyszerű euklideszi modellszámításokkal megegyező méret adódott, nagy szignifikanciával. Ez konzisztensnek tűnik a szupernóva-mérések és a galaxisszámlálások eredményével, hiszen a csillagászok észleltek már a kritikus sűrűség hányadában kifejezve 5% atomos anyagot, 25% sötét anyagot, és mintha jelen lenne még 70% sötét energia is, és ezek összege éppen a kritikus sűrűséget adja eredményként.

A modell szépséghibája természetesen az, hogy magukról a sötét komponensekről nagyon keveset tudunk azon kívül, hogy a segítségükkel felépített Lambda-CDM modell (Lambda = kozmológiai állandó, Cold Dark Matter – hideg sötét anyag) képes matematikailag kielégítően leírni a megfigyelések többségét az általános relativitáselmélet keretében értelmezve. Az Euclid küldetés egyik kiemelt feladata annak eldöntése lesz, hogy mennyire pontosan tekinthető síknak a tér-idő (azaz mennyire jó közelítéssel mondható euklideszinek), amelynek módja mind a sötét anyag, mind a sötét energia részletes, új módszerekre épülő tanulmányozása.

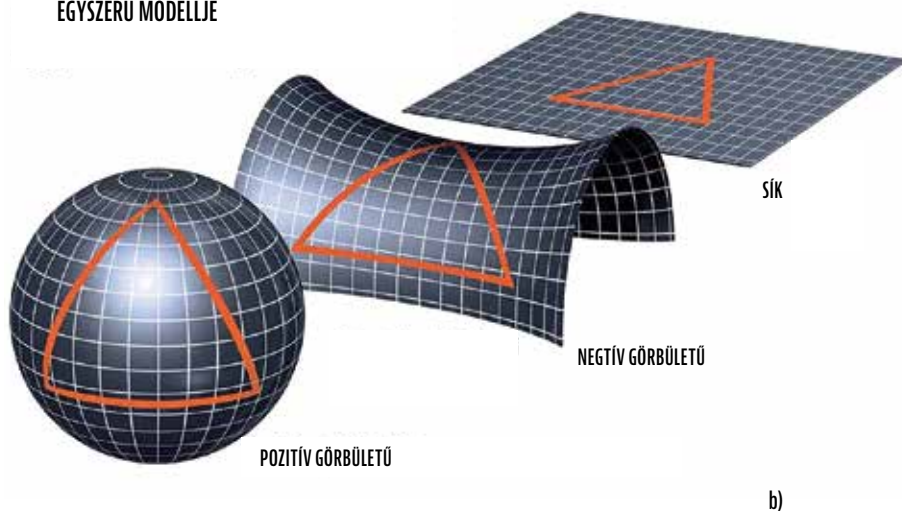
3.a ÁBRA.
Bal oldal: jelenlegi tudásunk alapján a belátható világegyetemet alkotó anyag- és energiafajták döntő többsége láthatatlan (A szerző szerkesztése a Chandra Chronicles ábrája alapján, <https://chandra.harvard.edu/chronicle/>)

3.b ÁBRA.
Az univerzumot alkotó tér-idő rendelkezik bizonyos általános geometriai tulajdonságokkal, amelyeket mérések útján meg is tudnak határozni a kozmológusok. A legelfogadottabb nézetek szerint jó közelítésnek adódik az euklideszi sík geometria, a pozitív vagy negatív görbületű alternatívákkal szemben (A szerző szerkesztése [9] alapján)

AZ UNIVERZUM ÖSSZETÉTELE



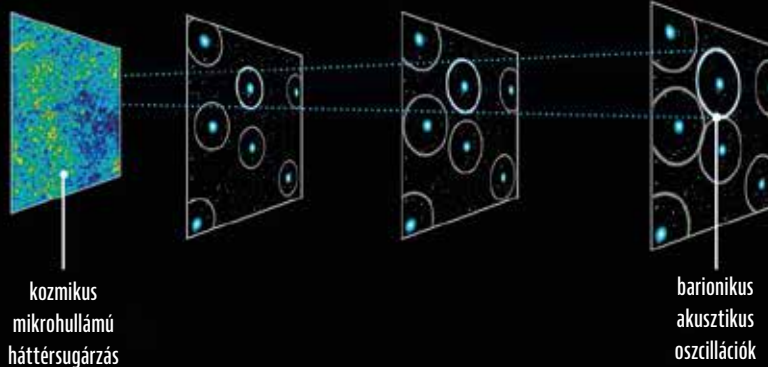
A VILÁGEGYETEM GEOMETRIÁJÁNAK EGYSZERŰ MODELLJE



¹ A szupernóvák két típusba sorolhatók: az I. típusú szupernóvák olyan objektumokból jönnek létre, amelyek nem tartalmaznak megfigyelhető mennyiségű hidrogént (pl. fehér törpe), így színképükben nincsenek hidrogén jelenlétére utaló vonalak. Az I. típusú szupernóvák között léteznek Ia típusúak, amelyek spektrumában látható erős vonal ionizált szilíciumtól származik, míg az Ib típusúak héliumot tartalmaznak, illetve az Ic típusúak, amelyek sem szilíciumot, sem héliumot nem mutat. A jelenlegi elképzelések szerint az Ib/Ic-típusok szintén nagy tömegű csillagokból keletkeznek, ezeknél azonban a csillag a külső, hidrogénben gazdag burkát a robbanás előtt szinte teljesen elveszítette. Ezzel ellentétben II. típusú szupernóvák nagy tömegű csillagok magjának összeomlásából jönnek létre, a hidrogén vonalai a színképben erőteljesek. Vinkó J., Kiss L., Sárnecczy K., Fűrész G., Csák B., Szatmáry K. Szupernóvák Meteor csillagászati évkönyv 2001. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2000, 218–236. o. [8]

Galaxisoszillációk

A galaxisok kezdeményei fudrozódásokat okoztak a korai univerzumot kitöltő gázban. A kozmikus tágulás következtében a hullámok is növekedtek, „méterrudat” szolgáltatva így a tágulás ütemének méréséhez.



Gravitációs lencsésítés

Annak mérésével, hogy a sötét anyag miként torzítja a távoli galaxisok képét, feltérképezhető az anyag csomósodása és fejlődése. A sötét energia fékezi az anyag csomósodási ütemét.



4. ÁBRA. Az Euclid az infravörös tartományban és a látható fény tartományában, az univerzumban jelen lévő sötét energiáról árulkodó fényképeket fog készíteni (Grafika: Kovács József szerkesztése C. Bickel/Science ábrája és [13] alapján)

AZ EUCLID ŪRTÁVCSŐ

Az elmúlt évtizedekben a Naprendszer és a távolabbi univerzum tanulmányozásában egyaránt kiemelt szerep jutott a műholdas projekteknek. [10] [11] [12] Az Európai Ūrügynökség éppen a sötét energia felfedezéséért odaítélt fizikai Nobel-díj évében, 2011-ben döntött a sötét univerzumot kutatni kívánó Euclid projekt támogatásáról, két, egyenként is ambiciózus kutatási projektjavaslat egyesítésének eredményeként. A DUNE (Dark Universe Explorer – Sötét univerzum-felderítő) részprojekt a gyenge gravitációs lencsehatás mérését tűzte ki célul, amelynek lényege, hogy egy megfigyelt távoli galaxis és a megfigyelő közötti anyag gravitációs hatása elhajlítja a távoli galaxisok fényét, amely a fényképeiken apró torzulásként jelenik meg. Ellentétben az erős gravitációs lencsehatással, amely óriási tömegek mellett elhaladva alakul ki, és egyes galaxisok esetén is könnyebben detektálható. A gyenge lencsehatás csak milliárdnyi galaxis képének a statisztikai elemzésével mérhető meg, mivel csupán néhány százaléknak megfelelő torzító hatás várható az egyes galaxisok alakjában. Az Euclid infravörös tartományban működő NISP (Near Infrared Spectro-Photometer instrument – közeli infravörös spektro-fotométer)

berendezésének segítségével a galaxisok 3D-s térképe a korábbiaknál nagyobb térfogatban készülhet el, és ebből a barionikus akusztikus oszcillációk segítségével a sötét energiát lehet majd vizsgálni. (4. ábra, fent) Emellett a látható tartományban érzékeny VIS-berendezés kivételesen mély és éles fényképeket készít az égbolt harmadáról a projekt 6 éves futamideje alatt, és összesen 1 milliárd galaxisról szolgáltat majd gravitációs lencsehatásméréseket (4. ábra, lent). Ezek a térképek a bennük látott kozmikus struktúrák tulajdonságai alapján azt is elárulják majd, hogy mennyi sötét energia van az univerzumban, mivel az anyag csomósodásának részleteit az univerzumot szétfeszítő kozmikus tágítóerő részletei is jelentősen befolyásolják.

Az Euclid különlegessége, hogy a látható fény tartományában (550–900 nm) érzékeny VIS (visible instrument) műszerének segítségével akár 1 milliárd galaxisról képes nagy felbontású, és a földi légkör zavaró hatásait kiküszöbölve, kivételesen mély képeket készíteni. Ebből a világító anyag, azaz a galaxisok korábbiánál pontosabb és nagyobb kiterjedésű kozmikus térképei mellett a sötét anyag minden eddiginél kiterjedtebb és részletesebb, kétdimenziós térképe

is rekonstruálhatóvá válik a galaxisok alakjában látható apró torzulások méréseiből. Ezek a torzulások elárulják, hogy összesen mennyi sötét anyagnak kell még a látható anyag környékén lennie a látóirány mentén, hogy a megfigyelt mértékű galaxis-alakváltozást megmagyarázhassuk (4. ábra).

A tervek szerint különböző távolságú kozmikus „hagymahéjakban” detektált galaxisokra vonatkozó mérésekből az anyageloszlás csomósodásának mértékét tomografikusan is meg lehet majd határozni (hasonlóan az 1. ábrán látható lokális anyageloszlás héjakban mutatott térképeihez). Ebből az is kideríthető lesz, hogy az évmilliárdok során hogyan alakult a sötét anyag és a sötét energia küzdelme a kozmikus tágulás dominálása kapcsán. A térképekben lévő információ kinyeréséhez a sztenderd statisztikai módszerek mellett napjainkban a csillagászok már rutinszerűen használnak mesterséges intelligenciára alapuló modern algoritmusokat is, amelyek képesek lehetnek maximalizálni a kinyerhető tudásanyagot, és később számos új felfedezéshez vezethetik az Euclid tudósait. [14]

Az ESA-hoz eredetileg beadott másik kutatási terv a SPACE (Spectroscopic All-Sky Cosmic Explorer – spektroszkópiai teljes-égbolt kozmikus fel-

derítő) elnevezést viselte, és az univerzum korai állapotából származó barionikus akusztikus oszcillációk² (baryonic acoustic oscillations – BAO) mérését tűzte ki célként. Ezek a formációk 380 000 évvel az ősrobbanás után keletkeztek, és a kozmikus háttérsugárzás adataiból is detektálhatók. Lenyomatuk ezenkívül még a kozmikus hálóban lévő galaxisok egymástól mért távolságának eloszlásában egy kb. 500 millió fényévnél megjelenő csúcsként is észrevehető. Az Euclid NISP berendezését arra tervezték, hogy a látható tartománynál nagyobb hullámhosszon, a közeli infravörös tartományban (900–2000 nm) készítsen fényképeket, illetve spektrumokat hidrogén-alfa emissziós vonalakat tartalmazó, és emiatt könnyen felismerhető távoli galaxis populációkról.

Kiemelt cél lesz még 35 millió kiválasztott távoli galaxis távolságának pontos megmérése egy 3D-s térkép megalkotásához. Ebből a BAO-mérések és egyéb galaxis-statisztikák alapján az elfogadott Lambda-CDM modellben állandó sűrűségűnek, és időben is változatlan erősségűnek tekintett sötét energia esetleges időbeli változására lehet majd következtetni. Továbbá, pontosan meg lehet majd határozni a sötét energia állapotegyenletét is (w), azaz a nyomásának és sűrűségének arányát. Utóbbi az Einstein által korábban már egyszer elvetett, majd a sötét energia felfe-

dezése után a köztudatba visszakerült kozmológiai állandót tartalmazó sztenderd Lambda-CDM modellben $w = -1$ értéket vesz fel, és minden ettől való eltérés rendkívül izgalmas felfedezés lenne, ami új területeket nyithat a kozmológiai kutatásokban. Legfőképpen azért, mert bármi is legyen a sötét energia, jelenleg dominálja a világegyetem anyag-energia háztartását, így annak jövőjét is vélhetően meg fogja határozni milliárd éves skálákon, és ezt a várható jövőt az emberiség is ismerni szeretné.

A 3,7 m átmérőjű talapzaton álló, 4,7 m magas Euclid űrtávcső különböző alkatrészeit több európai intézetben és NASA-ban készítették, amelyek közül a legtöbb munkát és a végső összeszerelést az olaszországi Torino közelében található Thales Alenia Space laborjában végezték. Az Euclid 1,2 m-es főtükréből a fény két különböző detektorba jut kisebb tükrök segítségével, majd a VIS-berendezés a látható tartományban készít képeket, míg a NISP-műszer a közeli infravörösben végez nem csupán fotometriai, hanem spektroszkópiai méréseket is a galaxisok távolságának pontosabb mérése érdekében. (5. ábra)

A FELBOCSÁTÁS ÉS AZ ELSŐ ADATFELVÉTEL

Az Euclid projekt megtervezéséhez és megvalósításához összesen több mint 2000 mérnök és kutató járult

hozzá. A 12 évig tartó felkészülésből több magyar szakember is kivette a részét, főként külföldi kutatóintézetekből, különböző Euclid-szimulációk és az égtérképezési program megtervezése kapcsán bekapcsolódva a kollaboráció munkájába. [17] Bár Magyarország az ESA tagországa, nem automatikusan tagja az Euclid kollaborációnak, amely a nyugat-európai ESA tagországok többségét, valamint a NASA és a Kanadai Űrügynökség kutatóit tömöríti. Jelenleg is folynak tárgyalások egy szélesebb magyar szerepvállalásról, aminek keretében a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Lendület programja által támogatott kutatócsoport a Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpontban (CSFK), kiegészülve a Svábhegyi Csillagvizsgáló ismeretterjesztésben jártas csapatával, a hamarosan érkező első Euclid adatok kiértékelésében végzett munkán túl, a tudománykommunikációs programhoz is hozzá kíván járulni.

Sajnálatos módon az Euclid projekt sem volt teljesen politikamentes, miután a háborús helyzetre reagálva az ESA megszakította együttműködést az orosz Roscosmos űripari vállalattal, amely az eredeti tervek szerint egy Szojuz rakétával vállalta a műhold felbocsátását a francia-guyanai Kourou indítóállomásról. A francia Ariane-space vállalat rakétái a korábban már elfogadott, ipari jellegű megrendelések hosszú sora miatt nem voltak megfelelő opciók a már csupán a startra váró, időközben elkészült Euclid számára, így nagy örömet okozott a megállapodás a 2023 nyári kilövésről a SpaceX vállalattal. A hozzávetőlegesen 2 t tömegű Euclid űrtávcsövet végül egy Falcon 9-es rakéta segítségével juttatták fel a világűrbe 2023. július 1-jén, magyar idő szerint 17 óra 12 perckor a floridai Kennedy Űrközpontból. (6. ábra) A sikeres start után az Euclid műhold előbb levált az újrahasznosítható hordozórakétáról, amely visszatért a Földre, majd megkezdte a közel 4 hétig tartó utazását a Naprendszer L2-es Lagrange pontja felé. Ez egyike azoknak a speciális pontok-



5. ÁBRA.
A fény a 4,7 m magas Euclid űrtávcső főtükréből két különböző detektorba jut, majd a berendezés fényképeket készít, továbbá fotometriai és spektroszkópiai méréseket végez [15]

² A barionok három kvarkból álló részecskék, amelyek mindegyik alapvető kölcsönhatásban részt vesznek. A barionikus akusztikus oszcillációk a korai univerzumban terjedő nyomáshullámok (hanghullámok) közvetlen következményei, abból a korszakból, amikor a sugárzás még nem csatolódott le a plazmáról. A BAO mérése tulajdonképpen a korai univerzumban uralkodó feltételeknek az anyag eloszlásában megőrzött lenyomatait.



6. ÁBRA.
Az ESA Euclid űrteleszkópot a floridai Cape Canaveral űrállomásról 2023. július 1-jén, közép-európai idő szerint 17 óra 12 perckor, egy SpaceX Falcon 9 rakétával indították a világűrbe [16]

nak a Nap–Föld rendszerben a térben (5 db ilyen pont létezik), ahol több test gravitációs hatása jó közelítéssel kiegyenlítődik, így az odaküldött testek minimális koordinációval ott tarthatók.

Kozmikus utazása végeztével az Euclid műhold 2023. július 29-én csatlakozott többek között a Gaia űrtávcsőhöz és a James Webb-űrteleszkóphoz a Földtől hozzávetőlegesen 1,5 millió km-re található L2 régióban. Az utazás során már lehetőség adódott – főként a műszerek üzemi hőmérsékletének elérésével kapcsolatos – az első tesztek elvégzésére. Az üzembe helyezés után elkészültek az első fényképek, amelyekről az ESA egy sajtóközlemény megjelentetésével is jelezte, hogy rendkívül jól sikerültek. (7. ábra) A bal oldalon a VIS-műszer felvétele látható, ami egy széles hullámhossz-tartományban érzékeny optikai szűrővel készült, míg a jobb oldalon a NISP-műszer infravörös tartományban készült első felvétele látható. Utóbbi is egyetlen szűrővel készült, így a vörös fények a feldolgozás során adták csak hozzá a jobb elkülöníthetőség kedvéért. Mindkét ábrán remek felbontással észlelhető egy-egy nagyobb spirál galaxis, illetve számos fényes csillag, valamint a bal oldalon több kozmikus sugárzás okozta csík is látszik, amelyeket a későbbi adatfeldolgozás során képesek lesznek majd kiszűrni, mielőtt a kozmológiai analízis kezdetét veszi. [18]

Az Euclid tehát készen áll a következő, két hónapon át tartó fázisra, amely a VIS- és NISP-műszerek valódi égboltfelmérő üzemmódban történő tudományos tesztelését foglalja magá-

ba. Ennek során lehetőség nyílik majd arra is, hogy az Euclid űrteleszkóp elkészítse saját képeit és spektroszkópiai méréseit korábban már ismert galaxishalmazokról vagy akár szuperhalmazokról, amelyekről a korábbiaknál mélyebb és tisztább felvételek minden bizonnyal további részletekkel fognak szolgálni.

VÁRT EREDMÉNYEK

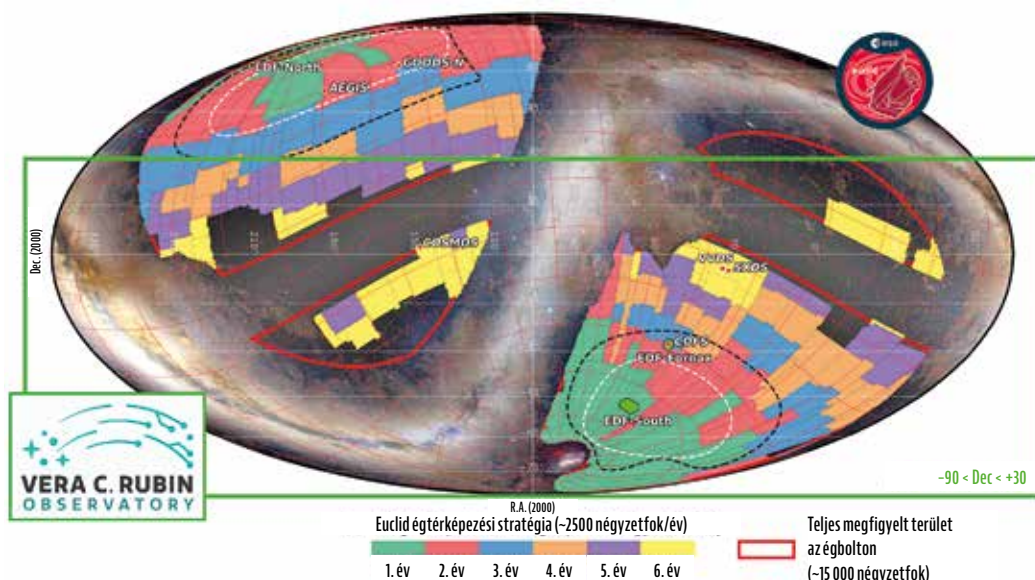
A szükséges kalibrációk és a tervezett tesztek elvégzése után az Euclid kollaboráció tagjai a 8. ábrán látható módon fognak majd hozzá az égbolt szisztematikus feltérképezéséhez, évente körülbelül 2500 négyzetfokot haladva egy 6 évesre tervezett perióduson át. Az égnek arra a legtisztább harmadára fókuszál majd az Euclid-felmérés, ahol minimalizálhatók a zavaró jellegű hatások, például a csillagok és a galaxisok összetévesztése, vagy a galaktikus por okozta fényesség-kalibrációs problémák. Ehhez a felmérés során az Euclid elkerüli majd mind a Tejútrendszer, mind a Naprendszer síkját, és azok környezetét. A fennmaradó rész-

ről jogosan várható, hogy remek minőségű adatokat tudnak majd ott felvenni az Euclid VIS- és a NISP-műszerek az optikai, illetve a közeli infravörös tartományokban. Ezeket a jövőbeli adatokat – a még jobb kalibráció érdekében – az Euclid-kollaboráció a tervek szerint összehasonlítja majd más égboltfelmérési projektek felvételeivel is.

A 8. ábrán látható, hogy a zölddel jelölt régiókban indul majd a térképezés. Fontos megjegyezni, hogy a világoszölddel jelölt EDF-South, EDF-North, és EDF-Fornax régiókban mélyebb méréseket végez majd az Euclid, így még több részlet válhat majd láthatóvá távolabbi galaxisokról. Ezek a mélyebb képek később – a fő kozmológiai jellegű méréseket kiegészítve – a galaxisfejlődés tanulmányozására lesznek felhasználhatók, és a fotók esetleg összevethetők a hamarosan szintén induló Vera C. Rubin Observatórium adataival is, amely Chiléből, a zöld téglalappal jelölt régióban végez majd fotometriai méréseket a déli égbolton. [19]



7. ÁBRA.
Az Euclid üzembe helyezése utáni első, előzetes tisztítás és szűrés nélküli felvételek kiválóan sikerültek [18]



8. ÁBRA.
Az egyes évekre megvizsgálni tervezett égiterrületeket a színek kódolják az ábrán (A szerző szerkesztése [19] alapján)

A Vera C. Rubin Observatóriummal tervezett tudományos együttműködés kiemelkedő jelentőségű. A Chilében 2024-ben induló projekt kozmológiai programja szintén a gyenge gravitációs lencsehatás mérése. Remekül kiegészítheti azonban az Euclid módszereit, mivel az égboltot többször lefényképezi majd és időbeni változásokat keres, és a két projekt

adatait 5-10 éves távlatban kombinálva, átfogó kozmológiai mérések végezhetőek majd kiváló minőségű adatok alapján. [20]

Összefoglalva, a 2023 júliusában felbocsátott Euclid űrtávcsövet elsősorban a sötét anyag és a sötét energia feltérképezésére tervezték, és jelenleg kijelenthetjük, hogy izgalmas korai eredményekkel halad előre a 6 éves

tervezett kutatási program. Az Euclid két fő berendezése (VIS, NISP) évtizedes mérnöki tervezés eredményeként valósult meg, és az első tesztek eredményei megfelelnek a várakozásoknak. Mégis, talán joggal remélhetjük azt is, hogy váratlan tudományos felfedezések is születnek majd, és többet megtudhatunk a galaxisok közepén lévő óriási tömegű fekete lyukakról vagy épp a galaxisok részletes morfológiai elemzése nyomán azok születéséről és evolúciójáról is. Bár az Euclid abszolút alapkutatói projektnek tekinthető, amely ráadásul a csillagászat egy adott részterületére fókuszál csupán, rengeteg tapasztalat szerezhető egy ilyen nemzetközi projektben egy űrteleszkóp működtetéséről vagy akár modern adattudományi kihívásokra adott új megoldásokról. A 2023. november 7-én nyilvánosságra hozott első fényképek tanúsága szerint rendkívül izgalmas idők elé néz tehát a kozmológus és csillagász társadalom, amelyhez reményeink szerint egyre több fiatal magyar kutató is csatlakozik, és ebben az évtizedben általánosságban megerősödik hazánk szerepe a világűr kutatásában. ■

HIVATKOZÁSOK

- [1] Frey Sándor. Elindult az Euclid, *Űr Világ*.hu. https://www.urvilag.hu/urcsillagaszat_europaban/20230702_elindult_az_euclid (Letöltve: 2023. 08. 14.)
- [2] Németh Judit. Mi az a sötét energia?, *Fizikai Szemle*, 2004/1., p. 1.
- [3] Pál Bernadett. A titokzatos sötét energia új fajtájára bukkanhattak, *Csillagászat.hu*. <https://www.csillagaszat.hu/hirek/a-titokzatos-sotet-energia-uj-fajtajara-bukkanhattak/> (Letöltve: 2023. 08. 14.)
- [4] Tully, B. R. et al. The Laniakea supercluster of galaxies *Nature*, Vol. 513, No. 7516, p. 71. (4 September 2014) <https://doi.org/10.1038/nature13674>
- [5] McAlpine, S. et al. SIBELIUS-DARK: a galaxy catalogue of the local volume from a constrained realization simulation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 512, Issue 4, June 2022, pp. 5823–5847. <https://doi.org/10.1093/mnras/stac295>
- [6] ESA: SCIENCE & EXPLORATION Euclid launch kit. <https://esamultimedia.esa.int/docs/science/Euclid-LaunchKit.pdf> (Letöltve: 2023. 08. 14.)
- [7] Brax, Ph. What makes the Universe accelerate? A review on what dark energy could be and how to test it. 2018 *Rep. Prog. Phys.* 81 016902. <https://doi.org/10.1088/1361-6633/aa8e64>
- [8] Vinkó J., Kiss L., Sárnecky K., Fűrész G., Csák B., Szatmáry K. *Supernóvák Meteor csillagászati évkönyv 2001*. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2000, pp. 218–236.
- [9] Casteel, K. Is the universe infinite or finite? Or is it so close to infinite that for all practical purposes it is?, *Astronomy.com*. (27 February 2012) <https://www.astronomy.com/science/is-the-universe-infinite-or-finite-or-is-it-so-close-to-infinite-that-for-all-practical-purposes-it-is/> (Letöltve: 2023. 08. 14.)
- [10] Gschwindt András. Kis műholdak forradalma, *Haditechnika*, 2020/2. szám, pp. 40–45. <https://doi.org/10.23713/HT.54.2.07>
- [11] Dr. Szabó Róbert. Űrtávcsövek reneszánsza, *Haditechnika*, 2022/6. szám, pp. 47–54. <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.08>
- [12] Horváth István. A gammakitörések irány szerinti eloszlása, *Haditechnika*, 2021/4. szám, pp. 43–46. <https://doi.org/10.23713/HT.56.2.07>
- [13] Kovács J. Sötét titkok nyomában – Felbocsátás előtt egy új európai űrtávcső. 2023. 06. 28. https://www.csillagaszat.hu/hirek/technikai_ujdonsagok/tu-foldi-tavcsovek/sotet-titkok-nyomaban-felbocsatas-elott-egy-uj-europai-urtavcsow/
- [14] Ribli, D. et al. Weak lensing cosmology with convolutional neural networks on noisy data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 490, Issue 2, December 2019, pp. 1843–1860. <https://doi.org/10.1093/mnras/stz2610>
- [15] Euclid, unveiling the secrets of the Universe. <https://www.thalesaleniaspace.com/en> (Letöltve: 2023. 08. 14.)
- [16] Euclid Exploring the dark Universe. https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/ (Letöltve: 2023. 08. 14.)
- [17] Contarini, S. et al. Euclid: Cosmological forecasts from the void size function. *A&A* 667, A162 (2022). <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202244095>
- [18] ESA: Euclid test images tease os reaches to come. https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/Euclid_test_images_tease_of_riches_to_come (Letöltve: 2023. 08. 14.)
- [19] Cuillandre, J. C. Pointing and observation strategy. <https://euclid.cnes.fr/en/pointing-and-observation-strategy> (Letöltve: 2023. 08. 14.)
- [20] Rhodes, J. et al. Scientific Synergy between LSST and Euclid, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, Vol. 233, Issue 2, article id. 21, 23. (2017) <https://doi.org/10.3847/1538-4365/aa96b0>

A mesterséges intelligencia katonai felhasználásának lehetőségei I–II.



A mesterséges intelligencia (MI) egyre nagyobb teret nyer a mindennapjainkban, a felnövekvő generáció számára e technológia alkalmazása és hasznosítása szinte beépül az alapvető készségek közé. Folyóiratunk folyamatosan tudósít azokról a nemzetközi kísérletekről, amelyeket az egyes országok fejlesztői az MI katonai–műszaki–haditechnikai adaptációja (önjáró harcjárművek, pilóta nélküli repülőgépek stb.) érdekében folytatnak.

Négyesi Imre ezredes, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Informatikai Tanszékének tanszékvezető egyetemi docense ez utóbbi nézőpontból, a katonai felhasználás oldaláról vizsgálja az MI-ben rejlő lehetőségeket. Kétrészes munkájának első kötetében meghatározza az elméleti alapokat. A legfontosabb fogalmak tisztázása után felvázolja az MI történetét és felhasználásának területeit. A téma szakértőinek és az érdeklődő olvasóknak egyaránt informatív olvasmányt kínál a kötet meghatározó, vaskos fejezete, amely a világ országainak mesterségesintelligencia-stratégiáit mutatja be. Dániától Kanadáig, Új-Zélandtól Tunéziáig színes a helyzetkép, az egyes államok, kutatóintézetek, egyetemek és vállalkozások különböző projektek-

ben, önállóan és együttműködve, egyedi stratégiák és támogatási formák mentén dolgoznak.

Önálló fejezetet kaptak a kötetben a mesterséges intelligencia társadalmi és etikai kérdései, amelyek között az egyik legfontosabb témakörrel, az MI fejlesztésének a társadalomra gyakorolt kockázatairól is szól a szerző. Négyesi Imre a továbbiakban rámutat arra, hogy a mesterséges intelligenciák szervezeti szintű szabályozása az Európai Unió egyik legégetőbb feladata, amelyre az Európai Parlament és az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság is megfogalmazta a saját válaszát. Végül nem maradhatott ki a kötetből a NATO Lisszabonban elfogadott Stratégiai Konceptiója sem, amely az alapfeladatok megvalósítását a modern technológiák, elsősorban a mesterséges intelligencia felhasználásával tervezi.

A témát tárgyaló második kötet a *Mesterséges intelligencia a XXI. századi hadművészetben és a háborúkban* alcímet viseli. A szerző, munkájában ezúttal a gyakorlati megvalósítás kérdéseinek vizsgálatára helyezi a hangsúlyt. A NATO-tagországok és a szervezetten kívüli (Izrael, Ausztrália, India) országok hadseregének bemutatása mellett, kiemelten jelenítette meg a mesterséges intelligenciát alkalmazó fegy-

vereket, fegyverrendszereket. A mindennapjainkat érintő orosz–ukrán háború jelentősége miatt Ukrajna önálló fejezetet kapott, amelyben virtuálisan felsorakoznak mindazon támogatásként átadott fegyverek és harcjárművek, amelyek működéséhez az MI elengedhetetlen. Az eszközök összegyűjtése, csoportosítása, részletes leírása, műszaki-harcászati adataik ismertetése különleges értéket ad a kötetnek.

Mindkét könyvet rövidítés- és irodalomjegyzék egészíti ki; az egyes kötetek önállóan is megvásárolhatók. (R.A.)

A 2022-ben megjelent, 232 oldal terjedelmű, puhafedélű I. kötet 3150 Ft-os áron; a 2023-ban megjelent, 283 oldal terjedelmű, puhafedélű II. kötet 2900 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, valamint közvetlenül a Zrínyi Kiadótól 25%-os helyszíni kedvezménnyel 2205 Ft-ért, illetve 2030 Ft-ért.

Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14.
Tel.: +36 30 388 4034
E-mail: ugyfelszolgalat@hmzinyi.hu
Weboldal: shop.hmzinyi.hu

HM Zrínyi Geoinformációs és Toborzástámogató Közhasznú Nkft.

1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • +36 (1) 336 2030 • www.hmzinyi.hu • titkarsag@hmzinyi.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 előállítás
- bel- és kültéri tablók, bannerek nyomtatása
- hagyományos és elektronikus montírozás, színrebonatás
- nyomóformák előállítása nyomdai filmről, illetve CTP-technológiával

GYORSSOKSZOROSÍTÁS

- színes és fekete-fehér másolás/nyomatás 330 × 487 mm méretig

PRESS – NYOMTATÁS

- ofszetnyomatás négy-, illetve hatszínnyomó gépeken, 89 × 126 cm méretig

POSTPRESS

– KÖTÉSZETI FELDOLGOZÁS

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

VÁKUUMFORMÁZÁS

- vákuumformázó szerzők, terepasztalok CNC-technológiával
- vákuumformázás

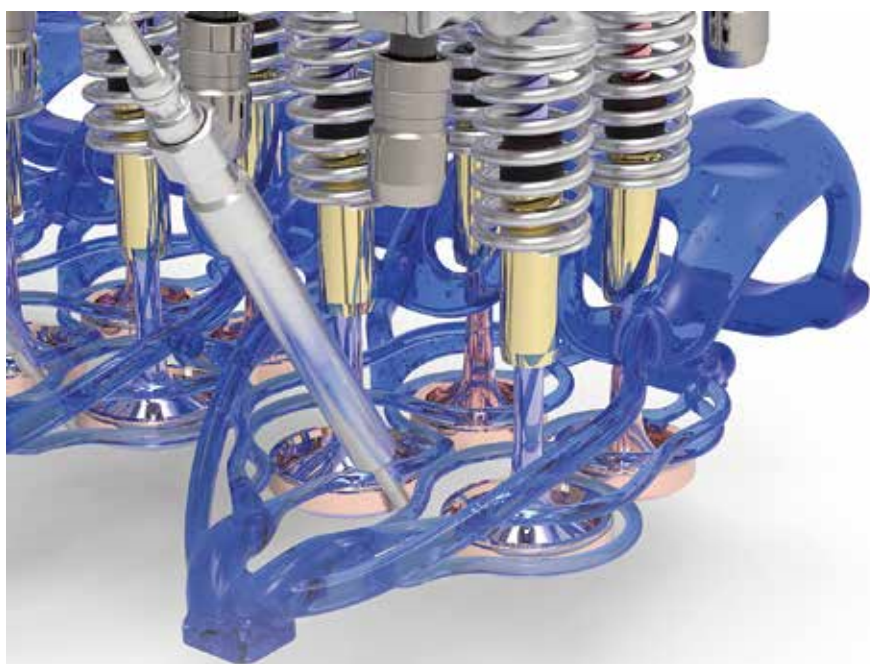
KÖNYV- ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest, Fillér u. 14. • +36 30 388 4034
www.shop.hmzinyi.hu • ugyfelszolgalat@hmzinyi.hu
Nyitvatartás: hétfő–péntek 9.00–16.30



NYOMDAI GYÁRTÁS-ELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336 2035

A 3D-S FÉMNYOMTATÁS, MINT A GÉPJÁRMŰMOTOROK GYÁRTÁSÁNAK ÍGÉRETES JÖVŐBENI TECHNOLOGIÁJA



1. ÁBRA.
Az újratervezett
hengerfejben
található keresztáramú
hűtőrendszer
(kék színnel
ábrázolva) [2]

ÖSSZEFOGLALÁS: A belső égésű hőerőgép ma már általánosan elterjedt, hétköznapi eszköz. A 3D-s fémnyomatás egyre nagyobb sebességgel terjedő és fejlődő gyártástechnológia. Számos járműipari vállalat foglalkozik 3D-s fémnyomatott alkatrészek előállításával, amelyeket belső égésű hőerőgépekbe szerelnek és tesztelnek, hiszen jelentős előnnyel jár az ezen technológiával előállított alkatrészek alkalmazása. A fémnyomatással előállított alkatrészek tesztelésének pozitív eredményei miatt, a különböző polgári járműipari cégek tesztelésének eredményei katonai szempontból is jelentősek. A szerző a nemzetközi példák említését követően ismerteti a Széchenyi István Egyetem hallgatóinak és az Audi Hungaria mérnökeinek együttműködésében megvalósuló 3D-s nyomtatott motor fejlesztési projektjét.

KULCSSZAVAK: 3D-s fémnyomatás, belső égésű hőerőgépek, teljesítménynövekedés, tömegcsökkentés

ABSTRACT: Internal combustion engines are an important part of our everyday lives. Metal 3D printing is a manufacturing technology that is growing and developing at an ever-increasing speed. Many automotive companies are producing metal 3D printed parts to be assembled and tested in internal combustion engines, as there are many advantages to using parts produced by this technology. The results of testing by various civilian automotive companies are also significant from a military point of view, due to the positive characteristics of the metal printed parts. After mentioning international examples, the author describes the development project of a 3D-printed engine implemented in the cooperation between students of Széchenyi István University and engineers of Audi Hungaria.

KEYWORDS: Metal 3D printing, internal combustion engine, performance improvement, weight reduction

BEVEZETÉS

A műanyagok alkalmazása területén, az elmúlt évtizedekben az additív gyártástechnológiák jelentős fejlődésen mentek keresztül. A már csaknem negyed évszázada szabadalmaztatott műanyag szálolvasztásos (Fused Deposition Modelling – FDM) módszer mára a legelterjedtebben használt gyártási eljárássá vált, sőt sikeresen alkalmazott technológia a 3D-s fémnyomatás területén is. Ezzel a módszerrel csaknem egyidős a szelektív lézeres szinterezés (Selective Laser Sintering – SLS) technológiája, amelyből később a szintén porágyfúzió elvén működő additív gyártási módszer, a szelektív lézeres megolvasztás (Selective Laser Melting – SLM) keletkezett, amely mára a fémnyomatás területén az egyik vezető eljárássá vált. Ehhez a módszerhez nagyon hasonló elven működik az elektronsugaras megolvasztás (Electron Beam Melting – EBM), amely a műanyag eszközök előállítása mellett – a fémponbólól fókuszált elektronsugár segítségével – szintén alkalmas különböző gyártmányok előállítására. [19]

A 3D-s fémnyomatás ugyanakkor egy relatív új gyártástechnológia, amely a belső égésű motorok fejlesztési és gyártási területén nagy potenciált rejt magában. Ez a gyártástechnológia, számos pozitív tulajdonságát tekintve rendkívül meghatározó lehet. A 3D-s fémnyomatott szerszámgépek napjainkban egyre jobban terjednek, Sés akár kis vállalatok számára is egyre elérhetőbbé válnak.

Az additív gyártást kezdetekben prototípusok elkészítéséhez, kis számban gyártott alkatrész-sorozatok esetében alkalmazták, [15] [16] azonban a 3D-s nyomtatással egyszerű módon

* Nemzeti Közszolgálati
Egyetem HHK BSc.
hallgató. ORCID:
0009-0003-3698-0426

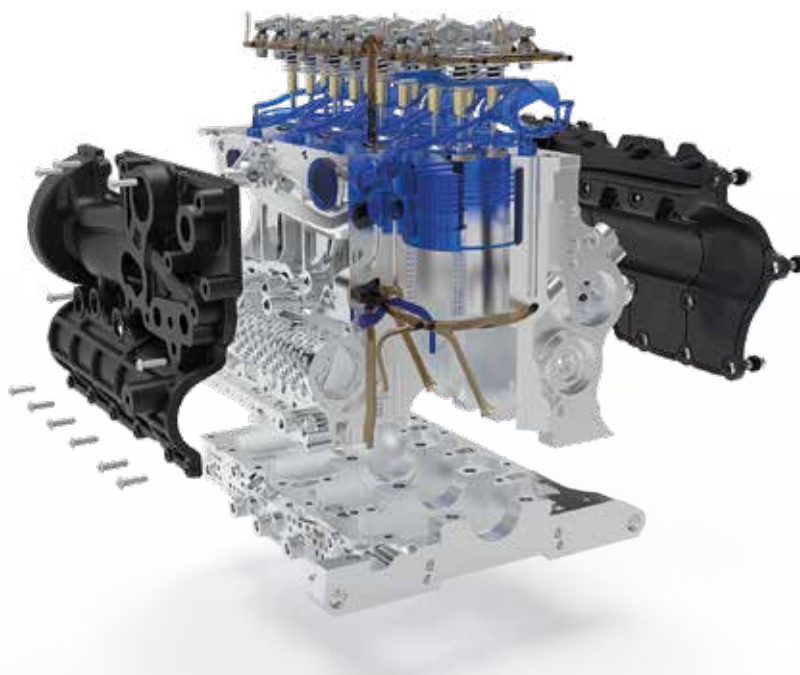
kivitelezhető olyan szerkezetek és gyártmányok, amelyeknek a tömege kisebb, emellett ugyanolyan, vagy jobb szilárdságtani mutatókkal rendelkeznek, mint a hagyományos gyártású eszközök. [17] Az új módszert a gyártástechnológia ezen sajátosságai miatt kezdték el alkalmazni belső égésű motorok gyártása és tesztelése során. Jelen tanulmány néhány olyan példát ismertet, ahol 3D-s fémmnyomatással állították elő motoralkatrészeket. A publikáció azt kívánja bemutatni, hogy az eljárás milyen változásokat eredményezett a hagyományos gyártástechnológiával előállított alkatrészekhez képest.

A nyomtatás folyamán felhasznált anyagok köre egyre bővül, ugyanakkor ezek nagy része káros a környezetre, és az egészségre is. A 3D-technológia elterjedésével és az alkalmazott anyagok körének bővülésével párhuzamosan szem előtt kell tartani, és foglalkozni kell a környezetszennyezési, és az egészségre káros hatások feltérképezésével is. Adott 3D-s fémmnyomatási technológiánál különösen veszélyes lehet a nagy mennyiségű ultra finom por, amely a tüdőbe, majd a véráramba jutva komoly egészségügyi kockázattal jár. [20]

A 3D-S NYOMTATOTT DÍZELMOTOR FEJLESZTÉSE NÉMETORSZÁGBAN

Németországban a Leichtbau Motor (könnyűszerkezetes motor) kutatási projektben szelektív lézerolvasztással készítettek belső égésű motoralkatrészeket, amely közel 21%-os tömegcsökkentést okozott. [1] Emellett a hűtőrendszer és az olajkör hatékonyságát is növelték. A nagy hengerűrtartalmú dízelmotor hengerfejét és forgattyúházát alumíniumöntés helyett szelektív lézerolvasztással állították elő. Por alapanyagként az AlSi10Mg alumíniumötvözetet használták. Ebből az anyagból az additív módon gyártott részegységek mintegy 21%-kal könnyebbek. 3D-s nyomtatással készült a dugattyú is. A dízelmotor egyes elemeit szálerezítésű kompozitanyagból készítették.

A továbbfejlesztett olajkör hidegindításkor, és normál üzemben is előnyösnek bizonyult. A nyomásvesztéset 22%-kal csökkentették a hen-



2. ÁBRA.
A könnyűszerkezetes dízelmotor hengerfejét és forgattyúházát 3D-s nyomtatással állították elő. (Kék szín jelöli a továbbfejlesztett olajkört) [2]

gerfejben és a forgattyúházban. Egy fordított szifon megakadályozza, hogy a motor leállásakor az olaj lefolyjon. Ennek eredményeként, a motor indítása után a szelepekben gyorsabban beáll a megfelelő olajnyomás, és az olaj visszavezetéséhez üreges válaszfalak használhatók.

Az újratervezett hengerfej, az eredeti alkatrészhez képest 2,3 kg tömeget, azaz 22%-ot takarít meg. A könnyű és egyúttal merev szerkezet szempontjából a legjobb arányt a kettős T-profil, és az integrált, zárt cellák kombinációja jelentette. A kipufogócsatorna is elkészíthető az additív gyártás segítségével. Ennek eredményeként a kipufogógáz-utókezelő rendszerek gyorsabban felmelegedhetnek, és ezáltal megnő az eszköz turbófeltöltő hatásfoka is. A keresztáramú hűtőrendszer lehetővé teszi a hengerek hőmérsékletének célzott csökkentését, és azzal egyidejűleg a

szükséges hűtőfolyadék-mennyiség csökkentését is. Az egyik fő tervezési különbség az, hogy a hengerfejben a nagy térfogatú vízköpeny helyett egyedi hűtővezetékeket alkalmaznak. (1. ábra) Ez a megoldás akár 40%-kal csökkenti az égéstér hőmérsékletét. Annak ellenére, hogy 40%-kal kevesebb hűtőfolyadékot használnak, a hengerfalak hőmérséklete jelentősen alacsonyabb, mint a hagyományos motoroké. Ennek eredményeként a hidegindítást követő bemelegedési fázis lerövidíthető, és a vízszivattyú meghajtási teljesítménye is csökkenthető.

Az újratervezett forgattyúház az eredeti alkatrészhez képest 5,1 kg-mal könnyebb lett. A forgattyúház válaszfalai nyitott, vízszintes teherhordó szerkezeteket kaptak, amelyeket a megfelelő pontokon kompozit keresztbordák merevítettek. További merevítést biztosít a kiegyensúlyozó tengelyek területén két csökkentett



3. ÁBRA.
3D-s fémmnyomatott dugattyú metszete. A könnyített szerkezet mintegy 25%-kal csökkenti a szerkezeti elem tömegét [3]

tömegű összekötő cső is. Topológiai elemzések alapján, az alacsony terhelési zónákat rácsszerkezetekkel és üregekkel optimalizálták. A forgattyúház oldalsó burkolatai üvegszál-erősítésű fenolgyantából készülnek, és így mintegy 15%-kal könnyebbek az eredetinel. (2. ábra)

A motor 3D-s nyomtatott dugattyúját az IAV (Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr) cég készítette. A német autóiipari mérnöki vállalat erőátviteli, elektronikai és járműfejlesztési termékeket tervez. A 3D-s nyomtatással a dugattyút rétegenként lehet létrehozni, szilárdságát egy méhsejtszerű rácshoz köthető, így a szerkezeti elem tömege 25%-kal csökkenthető. (3. ábra)

Az IAV a hagyományos öntészeti eljárások helyett a fémdugattyúk 3D-s nyomtatásával a gyakorlatban bizonyította, hogy a dugattyút könnyebbé, a magas hőmérsékletnek ellenállóbbá, és gyorsabban gyárthatóvá lehet tenni. Eközben optimalizálták a kritikus területek hűtését, csökkentették a súrlódást, és az anyagtulajdonságokat a hagyományos dugattyúhoz képest 75%-kal javították. [4] Ha könnyebb a dugattyú, akkor könnyebb lehet a hajtókar és a forgattyús tengely is. Ezáltal kevesebb terhelés jut a csapágyakra, és kisebb a súrlódás. A hőtágulás miatt az a tény, hogy a 3D-s nyomtatás során összetett geometriájú hűtőcsatornák hozhatók létre a dugattyúban, úttörő je-

lentőségű, mert ezáltal nagyobb teljesítménysűrűség érhető el.

Az IAV további lehetőségeket lát a belső égésű motorok alkatrészeinek, például a dugattyúcsapok, a motorblokkok, a turbina- vagy kompresszoralkatrészek 3D-s nyomtatására. A 3D-s nyomtatott hengerfejek előállításánál elért jelentős eredmény a teljes tömeg 30%-os, és a megmunkálás 50%-os csökkentése, valamint a kipufogóselephíd hőmérsékletének 10%-os csökkentése.

A PORSCHE 911 GT2 RS MOTORJÁNAK 3D-S NYOMTATOTT DUGATTYÚJA

A Porsche – a Mahle és a Trumpf közös projektjében –, a Zeiss-szel együttműködve 3D-s nyomtatással, generatív tervezési eljárásokkal gyárt dugattyúkat a Porsche 911-es egyik modelljének, a GT2 RS-nek a nagy teljesítményű benzinmotorjához. (4. ábra) A projekt célja dugattyú prototípusok gyártása, és ezáltal az alkatrészek hatékonyságának javítása mellett egy olyan additív gyártási folyamat kifejlesztése, amely képes megfelelni a legmagasabb minőségi követelményeknek, ugyanakkor gazdaságos marad, hogy lehetővé tegye a sorozatgyártást. A gyártási folyamat alapját egy, a Mahle által kifejlesztett speciális ötvözetből készült fémpor képezi.

A port rétegről rétegre viszik fel a Trumpf fém 3D-s nyomtatójában, és lézerrel egyes pontokon összeolvaszt-

ják, tehát a gyártás szelektív lézeres olvasztással (Selective laser melting – SLM) történik. A dugattyúk kialakításához 12 óra alatt 1200 réteget hordanak fel. [6] A topológiai optimalizálás a terhelések szimulálására, és ezáltal a terheléseknek megfelelő struktúra meghatározására szolgál. A hagyományos gyártástechnológiával előállítottokhoz képest 10%-os tömegcsökkentést tud elérni a dugattyúiban. A 3D-s nyomtatott dugattyúk komplex geometriájú integrált hűtőcsatornával is rendelkeznek, ez a hagyományos gyártási módszerekkel nem lenne lehetséges. A Porsche projektvezetője, Frank Ickinger szerint: „A dugattyú mintegy 30 LE teljesítménynövekedést is generálhat a 700 LE-s ikerturbós motorban, egyúttal magasabb hatásfok mellett”. [7] A Zeiss hatékony minőségbiztosítási eljárással állítja elő a Porsche 911-es modelljének, a GT2 RS nagy teljesítményű motorjához szükséges 3D-s nyomtatott dugattyút. A vállalat számos megoldást alkalmazott a por minőségének elemzésére, a hibák azonosítására, és az alkatrészek végső minőségének vizsgálatára.

A HONDA ÁLTAL FEJLESZTETT 3D-S FÉMNYOMTATOTT FORGATTYÚS TENGYELY

2016-ban a Honda japán autógyártó bemutatva Micro Commuter nevű kis haszonjárművét, amelyet részben már a 3D-s nyomtatás gyártástechnológiá-



4. ÁBRA.
A Porsche 911 GT2 RS szelektív lézeres olvasztással előállított dugattyúja [5]



jának figyelembevételével terveztek, és részben additív eljárással gyártottak le. A vállalat ennek kapcsán négy évvel később 2020-ban egy fémből készült, 3D-s nyomtatott forgattyústengelyt mutatott be.

A Honda már évek óta alkalmazza az additív gyártást különböző alkatrészek (biztonságiöv-tartók, motorvezérlő egységek, motorkerékpár-vázak) tömegének csökkentése érdekében. Így merült fel a fémm nyomtatott forgattyústengely ötlete. Az autógyártó az Autodesket hívta segítségül, amely vállalat számos 3D-s tervező szoftverről, például az AutoCAD és a Fusion 360-ról ismert.

Az Autodesktel együttműködésben létrehozott alkatrész tervezését teljesen újragondolták, hogy csökkentsék az alkatrész végső tömegét, valamint a tüzelőanyag-fogyasztást. A forgattyústengely az autó motorjának alapvető fontosságú, szilárdságot és tartósságot igénylő alkatrésze, amely hagyományos gyártási módszerekkel acélból készül. Az additív gyártás alkalmazása azonban – a hagyományos gyártástechnológiájú forgattyústengelyhez képest – tömeget takarít meg. A Honda egyelőre csak egy működő prototípust mutatott be, de a végső cél a méretnövelés és a tömeggyártás. (5. ábra)

A 3D-s nyomtatott forgattyústengely a Honda fejlesztői szerint 50%-os tömegcsökkentést mutat. [9] Hagományos gyártási módszerekkel lényegében nem tudtak volna ilyen

geometriájú alkatrészt előállítani. Nem hozták nyilvánosságra, hogy milyen 3D-s fémm nyomtatási technológiát és milyen anyagot alkalmaztak, de egyértelmű eredmény, hogy a 3D-s nyomtatás és a generatív tervezés lehetővé tette egy jobb teljesítményű alkatrész előállítását. Természetesen a prototípust még tesztelni kellett, jelenleg az Autodesknek még finomítania kell a terven, hogy a forgattyústengely még hatékonyabb legyen.

A RENAULT ÁLTAL FEJLESZTETT 3D-S NYOMTATOTT SZELEPHIMBÁK

A francia Renault vállalat mérnökeinek és tervezőinek egy csoportja a 3D-s fémm nyomtatást alkalmazza a motorok teljesítményének növelésére. A 3D-s nyomtatást a DTI 5 négyhengeres, Euro 6-os besorolású teherautómotor fejlesztéséhez alkalmazták. A projekt során additív gyártástechnológiára optimalizálták a teljes motort, így az eredetivel összevetve 25%-os tömegcsökkentést tudtak elérni. [10] Végül a hőerőgép szelephimbáit fémm nyomtatták, és beépítve tesztelték. A cég mérnökei elégedettek voltak az eredményekkel, ugyanis az additív gyár-

tástechnológiával előállított alkatrészek tartósnak bizonyultak a 600 órás teszten. Számításaik alapján a 3D-s nyomtatásnak köszönhetően nagymértékben csökkenthetik majd a motor alkatrészeinek számát is. (6. ábra)

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

ÖSSZEZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

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

Jelen publikáció egy új fejlődési tendencia – a 3D-s nyomtatás megjelenése a gépjárműmotor-gyártásban – lehetséges alkalmazási területeit vizsgálta, amelynek alkalmazásával csökkenthető a benzin- és dízelmotorok tömege. A tanulmányban bemutatott példák alapján elsősorban azt célszerű kiemelni, hogy a 3D-s fémm nyomtatás alkalmazásával különböző gépjármű-

5. ÁBRA. A Honda és az Autodesk közös projektjében tervezett és 3D-s nyomtatott forgattyústengely [8]



6. ÁBRA. Renault DTI 5 motor eredeti szelephimbája a) és a 3D-s nyomtatott szelephimba b) [11]

HIVATKOZÁSOK

- [1] Stark, Alexander. 3D printed engine is 20 percent lighter, ETMM, 2021. 02. 09. <https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-a-998651/> (Letöltve: 2023. 01. 25.)
- [2] Forrás: <https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-gal-998651/?p=6#gallerydetail> (Letöltve: 2023. 02. 04.)
- [3] Forrás: <https://www.wardsauto.com/engines/iav-sees-huge-potential-3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023. 02. 04.)
- [4] Murphy, Tom. IAV sees huge potential with 3D-printed pistons, WardsAuto TM, 2018. 04. 12. <https://www.wardsauto.com/engines/iav-sees-huge-potential-3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023. 01. 26.)
- [5] Forrás: <https://media.porsche.com/mediakit/porsche-innovation/en/porsche-innovation/3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023. 02. 04.)
- [6] Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG. 3D printing technology optimises pistons for the powerful Porsche 911 GT2 RS. <https://media.porsche.com/mediakit/porsche-innovation/en/porsche-innovation/3d-printed-pistons> (Letöltve: 2023. 01. 20.)
- [7] Rais, Ahlam. 3D printed pistons deliver high performance, ETMM. <https://www.etmm-online.com/3d-printed-pistons-deliver-high-performance-a-1046022/> (Letöltve: 2023. 01. 20.)
- [8] Forrás: <https://www.3dnatives.com/en/honda-3d-printed-crankshaft-120320205/> (Letöltve: 2023. 02. 05.)
- [9] Carlota, V. Honda designs lightweight 3D printed crankshaft, 3DNatives, 2020. 03. 12. <https://www.3dnatives.com/en/honda-3d-printed-crankshaft-120320205/> (Letöltve: 2023. 02. 05.)
- [10] Saunders, Sarah. Metal additive manufacturing helps Renault trucks reduce weight of 4-cylinder engine by 25% using 3D printed components. 3Dprint.com, 2017. 01. 11. <https://3dprint.com/161346/renault-3d-print-engine-components/> (Letöltve: 2023. 02. 05.)
- [11] Forrás: <https://3dprint.com/161346/renault-3d-print-engine-components/> (Letöltve: 2023. 02. 05.)
- [12] A 3D nyomtatás és a motorfejlesztés fúziója. Széchenyi István Egyetem, Formula Student Development Team. <https://szengine.hu/3d-nyomtatott-motor/> (Letöltve: 2022. 08. 12.)
- [13] Drone Engine Maker Illustrates How Additive Manufacturing Well Suited to OEMs. <https://www.additivemanufacturing.media/articles/drone-engine-maker-illustrates-how-additive-manufacturing-well-suited-to-oems> (Letöltve: 2023. 06. 13.)
- [14] Combustion engine cylinder head sink designed by Cobra Aero. <https://www.ntop.com/innovation/combustion-engine-cylinder-head-sink-designed-by-cobra-aero/> (Letöltve: 2023. 06. 13.)
- [15] Ember István. (2022) Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata, Haditechnika, 56 (6), pp. 15–20. <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- [16] Ember István. (2022) 3D nyomtató alkalmazási lehetősége egyes speciális robbantási feladatoknál. In: Daruka Norbert. (szerk.) Fűrés-Robbantástechnika, Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2022, Budapest, Magyar Robbantástechnikai Egyesület, pp. 75–83.
- [17] Gyarmati József et al. Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson-váltó: Harckocsi-sebességváltó modell kialakítása 3D nyomtatással oktatási célból (2022), Műszaki Katonai Közlöny, 32. évf. 3. szám, pp. 113–126. <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.7>
- [18] Hegedűs Ernő. (2023) Szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának hadiipari alkalmazási lehetőségei 1. rész, Haditechnika, 57 évf. 4. szám, pp. 62–66. <https://doi.org/10.23713/HT.57.4.12>
- [19] Gál Bence, Németh András. Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére, Hadmérnök, 2019/1. szám, pp. 231–249. <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok/article/view/142/3397> (Letöltve: 2023. 01. 18.)
- [20] Rákosi Sára, Sebők István, Szalai Tamás, Vég Róbert László. (2023) A 3D-nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai, Műszaki Katonai Közlöny, 33. évf. 1. szám, pp. 133–148. DOI: 10.32562/mkk.2023.1.10; <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/6546> (Letöltve: 2023. 09. 10.)
- [21] Végvári Zsolt. (2023) A 3D nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában, Katonai Logisztika, 33. évf. 1–2. szám, pp. 177–198. <https://doi.org/10.30583/2022-3-4-177>



7. ÁBRA. Léghűtéses kétütemű UAV Otto-motorjának új geometriájú, 3D-s nyomtatással előállított, optimalizált hűtésű hengere [13] [14]

gyártók 20–25% közötti tömegcsökkenést értek el a gépjárműmotorok esetében. A jövő, részben 3D-s nyomtatott német dízelmotorja („Leichtbau Motor” project) például 22%-kal könnyebb.

A témának léteznek hazai vonatkozásai is, hiszen a Széchenyi István Egyetem járműmérnök hallgatói is foglalkoznak 3D-s nyomtatott motor fejlesztésével. A Széchenyi István Egyetem Formula Student Development közleményében olvasható: „A 3D-s nyomtatott motor ötlete az Audi Hungaria mérnökeivel folytatott konzultáció során merült fel, majd 2016-ban szoros együttműködésben megkezdődött a fejlesztése. Célunk elsősorban a 3D-s nyomtatás gyártástechnológiájának és autóiipari felhasználásának vizsgálata, valamint a kutatás-fejlesztési lehetőségek vizsgálata volt. Az Audi Hungaria Zrt. Pilot Engine Manufacturing Center és az általuk használt fém 3D-s nyomtató, amelyet az SLM Solutions AG fejlesztett ki, segítette ezt a célt. A kutatás tárgyát képező egység alapját a csapatunk által korábban kifejlesztett és összeszerelt EVO4 motorkonstrukció alkotta, amelynek alkatrészeit a nyomtatási technológia igényeinek megfelelően módosítottuk. A henger, a hengerfej, a teljes forgattyúház és a motort körülvevő összes burkolat 3D szinterezett alumínium alkatrészekből készült. Nyomtatás után minden alkatrész CNC-megmunkálásra került. ... A belső égésű motor legnagyobb alkatrészei sokkal kedvezőbb és hatékonyabb gyártástechnológiával készülnek, amelyek további előnye a jobb anyagszerkezet, súly- és költséghatékonyság az egyedi,

prototípus alkatrészek vizsgálatánál. Ezen kívül összetett geometriák elkészítések a lézeres szinterezésnek köszönhetően lehetőség nyílik a hagyományos konstrukcióktól eltérő alkatrésztervek kipróbálására is”. [12]

A kisebb kategóriába tartozó – pl. léghűtéses, kétütemű benzinmotorok – erőforrások területén is alkalmazható a 3D-s nyomtatás gyártástechnológiája. (7. ábra)

További lehetőségeket nyit a jövőben, a részben 3D-s nyomtatott német dízelmotorprogram, hiszen a 22%-kal könnyebb erőforrás elősegítheti a repülőipari alkalmazást is. A motoralkatrészek 3D-s nyomtatással történő előállításának elterjedése új távlatokat nyithat a harctéri logisztikai támogatás területén is. [21]

Összességében a 3D-s nyomtatás alkalmazása dízelmotorok gyártásánál – elsősorban az ezáltal elérhető jelentős tömegcsökkenés miatt – számos előnnyel járhat a járműiparban személygépkocsik, haszongépjárművek, repülőgépek, de akár harcjárművek esetében is.

Megjegyzendő továbbá, hogy – figyelembe véve a fenti példában (Leichtbau Motor) bemutatott szálerősítéses műanyag motorszerkezeti elem megjelenését – a fémnyomtatás mellett a motorgyártásban a jövőben a nagy szilárdságú folyamatos szálerősítéses műanyagok 3D-s nyomtatása is szerephez juthat. [18]

Megállapítható, hogy a 3D-s fémnyomtatás egyre nagyobb léptékben fejlődik, ezért egyre szélesebb körben terjed el, így egyre nagyobb mértékben alkalmazzák majd a motorok fejlesztése, és gyártása során is. ■

HORVÁTH TAMÁS* – ÖRDÖGH ATTILA** – BORKÓ MÁTÉ***

DRÓNDETEKTÁLÓ FEJLESZTÉS



1. ÁBRA.
Drónraj szimulációs
teszt, Budapest
(A szerzők felvétele)

AZ ELSŐ PILÓTA NÉLKÜLI JÁRMŰVEKET NAGY-BRITANNIÁBAN ÉS AZ USA-BAN TERVEZTÉK AZ I. VILÁGHÁBORÚ ALATT.

A brit gyártmányú Aerial Target egy kis méretű, rádióvezérelt légi jármű volt, amelyet 1917 márciusában teszteltek először. Ezzel párhuzamosan fejlesztették az amerikai Aerial Torpedo elgondolás alapján a Charles Kettering tervezte Kettering Bug elnevezésű eszközt, amely 1918 októberében repült először. A Bugot felszállás után robotpilóta irányította a kijelölt cél irányába, majd azt elérve a motor leállt, a szárnyak leváltak, és a robbanóanyaggal töltött test rázuhant a megsemmisítendő célra. (2. ábra) Annak ellenére, hogy mindkét eszköz ígéretes eredményeket produkált, végül egyiket sem vetették be a háború során.

A két világháború között elsősorban a britek folytattak érdemi fejlesztéseket a rádióvezérelt légi járművek terén. 1935-ben elsősorban céltárgyként használták az eszközöket légvédelmi lövészyakorlatokhoz, amelyekhez hasonlókat az USA-ban is gyártottak, és ugyanerre a célra alkalmazták.

ÖSSZEFOGLALÁS: Az utóbbi évtizedben a drónpiac robbanásszerű fejlődésnek és rendkívül széles elterjedésnek indult. Míg a drónok néhány évvel ezelőtt még a modellezők hobbi-célú játékaiként számítottak, addig napjainkban már széles körben alkalmazzák azokat (többek között távvezetékek vizsgálatára, légi fotózásra, videózásra, élő közvetítésekre, veszélyes helyek megközelítésére, áruszállításra stb.). A polgári felhasználás mellett a katonai műveletek során is jelentős szerepet kaptak az olcsón előállítható és könnyen üzemeltethető drónok. Az engedély nélküli felhasználásuk által okozott potenciális veszély mértéke is megnőtt. Tanulmányunkban ezen esetek preventív lehetőségeire, a rosszhaszemű használat visszaszorítására, illetve a védelmi ipari fejlesztésekre fókuszálunk, bemutatva a különböző drónelhárítási és detektálási lehetőségeket, kitérve a BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. által fejlesztett dróndektáló rendszerre.

KULCSSZAVAK: UAV, VTOL, ISM, FPV, BVLOS, RF szenzor, aktív/passzív radar, mikro-Doppler, szenzorfüzió

ABSTRACT: Over the past decade, the drone market has exploded and spread widely. While a few years ago drones were considered as a hobby, nowadays they are widely used (e. g. inspection of power lines, aerial photography, videography, broadcasting, approaching dangerous places, transport of goods, etc.). In addition to civilian use, cheap to produce and operate drones also played a significant role in military operations. Furthermore, the potential danger caused intentionally or unintentionally by their unauthorised use increases. In this article, we focus on the preventive possibilities of these cases, the reduction of malicious use and defence industrial developments, presenting the various drone prevention and detection options, including the drone detection system developed by BHE Bonn Hungary Electronics Ltd.

KEYWORDS: UAV, VTOL, ISM, FPV, BVLOS, RF sensing, active/passive radars, micro-Doppler, sensor fusion

* Hardvertervező mérnök, MSc., Aerospace and Defense Project Manager, BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. ORCID: 0009-0002-2590-2599

** Távközlési mérnök, BSc., CUAS Projekt Manager, BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. ORCID: 0009-0004-6211-8247

*** Villamosmérnök, MSc., Project Manager, BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. ORCID: 0009-0005-0585-0551



2. ÁBRA.

A Charles F. Kettering amerikai mérnök tervei alapján épült Bug repülő torpedó [1]



A felderítő és megfigyelő drónok a vietnámi háború során jelentek meg először nagy mennyiségben. Ezek a járművek már sokkal fejlettebbek voltak elődeiknél: rakétatámadást tudtak indítani, illetve hosszabb repülési idővel és nagyobb repülési magassággal rendelkeztek. [1] [2]

Az UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli légi jármű) nem csak a katonai felhasználás szempontjából jelentenek értéket. Az utóbbi évtizedben egyre könnyebben érhető el bárki számára ez a technológia: a piacon sorra jelennek meg a különböző kis méretű, nagy hatótávolságú drónok, amelyeket bárki megvásárolhat.

A drónok egyre növekvő száma mellett a diverzitásuk is növekszik: a kívánt alkalmazásnak megfelelően számos típusú és méretű drón kapható a különféle forgószárnyú megoldástól (multikopterek) a merevszárnyú eszközöktől, a VTOL-képességűtől (Vertical Take-Off and Landing – függőleges fel- és leszállás) a hagyományos felszállásúig. Olcsó előállításuk miatt elsősorban a forgószárnyas drónok kerültek a figyelem középpontjába.

Az intelligens, önvezető technológiák napjainkban egyre nagyobb szerephez jutnak. Az önvezető autók mellett a légi forgalom (áruszállítás,¹

anyagmozgatás, személyszállítás, utazás) is egyre hangsúlyosabb.

2016-ban jelent meg az első önvezető személyszállító UAV-konceptió, amely jól mutatja a szektor fejlődésének potenciálját és irányát. Az egyre növekvő számú drónok a legális és jóhiszemű használat mellett a rossz szándékú, sőt kifejezetten károkozó célú felhasználás is tapasztalható, amelynek hatására a drónok napjaink egyik kiemelt veszélyforrásává váltak. [3]

Ez utóbbiak eklatáns példái a háborús- és válságövezetek mellett a közelmúltban történt incidensek, amelyeket a közszereplők ellen átépített, de üzletek polcairól beszerezhető drónokkal indítottak. [4]

Figyelembe véve a drónok egyre növekvő számát, egyre könnyebb kezelhetőségét, egyre nagyobb hatótávolságát, repülési idejét és teherbíró képességét, az egyre csökkenő árakat, valamint az interneten terjedő oktatási anyagokat, továbbá a nemzetközileg egységes szabályozás hiányát – könnyen belátható, hogy a drónok által képviselt potenciális veszély rohamos arányban növekszik.

Ahhoz, hogy a rosszindulatú alkalmazások ellen védekezni tudjunk, először azonosítanunk kell ezen felhasználások kategóriáit. A veszély többféle módon jelentkezhet a csempészet

különböző irányzataitól (határon átnyúló, börtönbe, zárt létesítményekbe irányuló) a veszélyeztetésen át a szándékos pusztításig.

Veszélyeztetett területek a teljeség igénye nélkül (a kritikus infrastruktúrák): [5]

- repülőterek,
- erőművek,
- védett intézmények (pl. határátkelőhelyek, bankszféra, energetikai ellátórendszerek, távközlési csomópontok, gáz és olajfinomítók stb.),
- tömegrendezvények.

A rádióengedély nélkül használható frekvenciasávokban működő különféle vezeték nélküli átvitelt használó eszközök (pl. a PMR-rádiók [Personal Mobile Radio – személyi mobil rádió], UAV-k) alkalmazása nem kötődik engedélyhez vagy regisztrációhoz,² ezért a rosszindulatú felhasználók, valamint a bűnözői körök is széles körben használják ezen megoldásokat. Megfelelő detektáló eszköz hiányában a védelmi feladattal megbízott szervek nem, vagy csak túl későn szereznek tudomást az illegális cselekményről (egy átlagos drón sebessége 20 m/s, de a DJI FPV közel 40 m/s sebességre is képes lehet [6]), így nincs módjuk a szükséges intézkedések megtételére.

Az érintett területek közelében naponta tapasztalható illegális drónhasználat, ennek ellenére válaszlépések általában csak akkor születnek, ha incidens történik. Jó példa a 2018. decemberi gatwicki eset [7], ahol a repteret ért incidenst követően mindkét londoni reptéren drónfelderítő és -elhárító rendszert telepítettek. Figyelembe véve, hogy napjainkban a drón-detektálás még jelentős fejlődés előtt álló, fiatal szakterület, a publikusan elérhető információk korlátozottak.

Mint említettük, a legnagyobb problémát a kis méretű, kis bekerülési költségű drónok használata jelenti szabotázs és veszélyes helyzet előidézésére. Egy néhány százezer forintos drón is képes lehet 400–500 g robbanószert szállítani, és a cél felett megfelelő pontossággal ledobni. Külön veszélyt jelent a „házi készítésű” drónok alkal-

¹ <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/amazon-prime-air-delivery-drone-reveal-photos> (Letöltve: 2023. 10. 24.)

² A frekvenciahasználatuk tipikusan a szabad felhasználású ISM-sávban (Industrial, Scientific and Medical – ipari, kutatási és egészségügyi elektronikus berendezések, illetve alkalmazások számára jelölték ki) történik.

mazása, amelyek adott esetben nem a standard, szabványosított rádiófrekvenciákat használják, vagy a megnövelt kommunikációs hatótávolság miatt magasabb adóteljesítményt alkalmaznak.

Belátható tehát, hogy a drónok rosszindulatú felhasználása elleni védekezés kritikus fontosságú. A légtérfigyelés, illetve a légi járművek detektálása már a II. világháborúban megkezdődött: az első lokátorokat először a britek alkalmazták légvédelmi feladatokra. [8] Azóta a rádiolokátorok, illetve a radarok széles körben elterjedtek civil és katonai alkalmazásra egyaránt.

Az aktív radarokon felül, az 1930-as években elindultak az első kísérletek a passzív radarokkal kapcsolatban is. Ezek az eszközök nem bocsátanak ki elektromágneses hullámokat, hogy azok visszaverődéséből állapítsanak meg a céltárgyra vonatkozó következtetéseket, hanem oly módon képesek objektumokat észlelni és nyomon követni, hogy a környezetben előforduló forrásoktól (pl. analóg-digitális műsorszórás) származó reflexiókat vizsgálják. Ezen rendszerek óriási előnye, hogy nem kötöttek rádióengedélyhez, ezáltal bárhol és bármikor telepíthetők és üzemeltethetők. Katonai szempontból még nagyobb előnyük, hogy a kisugárzás alapján nem felderíthetők és nem támadhatók.

Mind az aktív, mind a passzív radarok alkalmasak nagy méretű földi és légi járművek, továbbá kis méretű drónok vagy akár emberek detektálására és klasszifikálására, de az alkalmazásuk módja szerint kompromisszumokat kell kötni.

A passzív detektálásnak egyéb módja is létezik, ugyanis a drónok kommunikációra és videókép-sugárzására használt frekvenciatartománya bemérhető, majd iránymérő algoritmusok segítségével a forrás iránya meghatározható. A pontos pozíció ismeretéhez három mérőeszköz szükséges: a három mérési eredmény alapján a céltárgy(ak) pontos (GPS-pozíció) helyzete egyértelműen meghatározható. Ez a legelterjedtebb dróndetektálási

megoldás, a piacon előforduló berendezések zöme így működik.

A BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft. munkatársai egy ilyen iránymérő detektort fejlesztettek ki,³ a későbbiekben ezt részletesen bemutatjuk.

A passzív és aktív szenzorok együttes alkalmazásával, továbbá adott esetben optikai kamerával, akusztikus szenzorral kiegészítve egy komplex, minden igényt kielégítő detektáló rendszer hozható létre, amely nagy hatótávolsággal és jó megbízhatósággal képes a drónok érzékelésére, pozíciójuk megjelenítésére.

Alapvető elvárás a dróndetektáló berendezéssel szemben a napszaktól és az időjárási viszonyoktól független, folyamatos és megbízható üzemeltetés.

Objektum típusú védelem esetén lényeges egy védőzóna kialakítása, amely fizikailag elkerített, őrzött területet jelent. Ezen a területen belül már védekező lépésekre van szükség. A detektálásnak a védőzónán kívül kell megtörténnie, figyelembe véve a környezetet és a szenzorcsoportok nagyságát/komplexitását, valamint a szenzorcsoportok hibaszázalékát is. A támadóeszközt a védőzónán belül már hatástalanítani kell.

Fontos, hogy a rendszer legyen képes kezelni a rajban megjelenő drónok veszélyét is. Legyen szó akár független, akár központilag irányított, akár egymással kommunikálni képes drónokról, a több eszköz által jelentett potenciális veszély hatványozott. Az objektum védelmének tervezésénél, a berepülést végző drón sebességének függvényében figyelembe kell venni az érzékelőzóna nagyságát, a szenzorok hatótávolságát. A védelmi rendszernek nem lehetnek vakfoltjai – ezeket megfelelő rádióterjedési és egyéb mérési szimulációk révén kell megtervezni –, felderítő képessége nem lehet korlátozott egyetlen berepülő eszközre, mert így a védendő objektum védtelen maradna a más irányból érkező eszközökkel szemben.

A fentiekben túlmutatóan a környezeti sajátosságok (terepviszonyok, vá-



3. ÁBRA.
A BXDD10 iránymérő terepi tesztje Zichyújfalu határában, érzékelési távolság: ~6000 m (A szerzők felvétele)

rosi környezet stb.) is nagyban befolyásolják a jelek mérhetőségét (fading jelenségek,⁴ többutas terjedés stb.) és azonosíthatóságát.

Az alábbiakban bemutatunk néhány, a piacon elérhető dróndetektáló berendezést.

R&S ARDRONIS

Ez a német rendszer a távirányítás (RC – Remote Controller) jeleinek detektálására képes, illetve azok (mind a drón, mind a pilóta) irányát is meghatározza. Az eszköz működése azonban korlátozott, ugyanis csak az FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum – Frekvenciaugratásos szórt spektrumú hozzáférés) modulációval ellátott vezérléseket érzékeli. A rendszer képes klasszifikálni is a drónokat, ugyanis egy adatbázis alapján az FHSS-jeleket meg tudja különböztetni. Ezt az adattárat folyamatosan frissíteni kell, a rendszer ugyanis csak ilyen módon lesz naprakész („monitor and match” funkció). A rendszer képes a videójel dekódolására, ezáltal ugyanaz a kép megjeleníthető, amelyet a pilóta is lát.

ApolloShield

Az ARDONIS-hez hasonlóan az izraeli ApolloShield rendszer az RC kommunikációs csatorna által használt RF (Radio frequency – rádiófrekvenciás)

³ NKFI által meghirdetett pályázat – 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00187 azonosító számú, a „Rádióengedély nélkül működtethető rádió távirányítású eszközök és rádió berendezések sugárzása detektálására, valamint a sugárzás helyének meghatározására szolgáló iránymérő rendszer fejlesztésére” – keretein belül.

⁴ Fading jelenség: rádióvételnél fellépő, a rádióhullámok interferenciája miatti hangerő-ingadozást okozó jelenség.

4. ÁBRA.
A BXDD10 RF detektor
képernyője, iránykeresési
eredményekkel
(A szerzők felvétele)



jeleket képes detektálni és egy adatbázis alapján klasszifikálni. Bizonyos dróntípusok esetén a rendszer kiegészíthető jammer (zavaró) funkcióval is, amelynek hatására a drón elveszíti a kapcsolatot a távirányítóval, és kapcsolat hiányában visszatér a pilótához.

A berendezés különböző kivitelekben, különböző detektálási hatótávolsággal és irányszöggel érhető el. Több szenzor esetében háromszögelési opcióval is kiegészíthető, ezáltal az irány mellett a pozíció is meghatározható.

AARTOS

A német AARTOS cég különböző termékei szintén a különböző RF-jelek analizálására képesek, ezáltal meghatározva a drón, illetve a pilóta pozícióját. Ezek a rendszerek a mesterséges intelligenciát (Artificial Intelligence – AI) használják az RF-jelek analizálására. Az eddig felsorolt modellek mellett ez is csupán a piacon elérhető, és titkosítás nélküli csatornát használó drónokat képes felismerni, azok RF-jeleinek analizálásával.

Többféle modell érhető el különféle hatótávolságokkal (1–2 km; 2–5 km; 5–14 km) és különféle pontossággal (4–6°; 2–4°; 1–3°). Az egyes rendszerek mobil, valamint fixen telepített megoldással rendelkeznek. A komolyabb és drágább berendezések radarral egészülnek ki (ezáltal pontosabbak), illetve az eszközökhöz igény szerint jammer funkció is rendelhető.

Általánosságban elmondható, hogy egy iránymérő berendezés háromszögelés esetén biztos, hogy rendelkezik valamekkora szöghibával, amely javítható, ha az iránymérőt aktív radarral egészítjük ki.

Meg kell jegyezni, hogy az elektromos nyalábformálással rendelkező ún. mikro-Doppler radarok önmagukban akár 10 km távolságról is (pl. Blighter UADS [9]) képesek drónt detektálni és klasszifikálni. Az ilyen radarokat elsősorban haditechnikai célokra alkalmazzák; beszerzési áruk az átlagos eszközöknél magasabb.

SZENZORFÚZIÓ

A nagyobb megbízhatóság, illetve a magabiztosabb detektálás érdekében az iránymérő berendezés különböző egyéb rendszerekkel kiegészíthető. Ebben az esetben több különféle berendezést, szenzort kell egyidejűleg alkalmazni, hogy megfelelő alapossággal megbizonyosodjunk a fenyegetés mozgásáról, helyzetéről. Az iránymérő kiegészíthető aktív radarral, ezáltal pontos pozíció- és magassági adatokat nyerhetünk ki.

Ha ismert az irány és a magasság, optikai kamerát irányíthatunk a céltárgyra, ezáltal a kezelőszemélyzet pontos képet kap az adott fenyegetésről. Ez akkor is hasznos funkció lehet, ha valamely okból nem lehet egyértelműen klasszifikálni annak típusát. Az eddigieken felül akusztikus szenzorral is kiegészíthetjük a rendszert, amely tipikusan a drón légcsavarjainak hangját keresi, majd mesterséges intelligencia alkalmazásával kiszűrhető a környezeti zaj és azonosítható a hangminta. Meg kell említeni, hogy minden szenzornak megvan a fizikai, technológiai korlátja. Tehát a fúzió abban tud segítséget nyújtani, ha minden szenzor megfelelően konfigurált, jól megtervezett, elég számszággal bír az adott védendő terület mértékéhez, valamint jól beállítottak a hibahatárok az adott környezethez,

terepviszonyhoz képest. A rendszer így a hibaszázalékok alapján átlagol, mérlegel, kijeloz vagy éppen ignorál egy incidenst.

Minden esetben a környezeti tényezők, a drón sebessége, nagysága, anyaga, repülési magassága fontos, és egyben kizáró ok is lehet annak tekintetében, hogy egy a kereskedelemben kapható, kommersz drónt időben, preventíven tudjunk jelezni, mielőtt kártékony küldetését elvégezné.

BHE BXDD10 IRÁNYMÉRŐ

A BHE Bonn Hungary Kft.-nél egy, a rádiófrekvenciás spektrumban működő, jeldetektálást, osztályozást és iránymérési feladatokat végrehajtó eszközt fejlesztettünk ki. Az eszköz globálisan alkalmas mind az engedély nélkül használható kézirádiók, mind a drónok detektálására. Képes a drónokra telepített kamera, illetve a drón vezérlésére használt távirányító RF-jelének detektálására, valamint a jelforrás irányának meghatározására is. (3. ábra)

Az adott környezetben telepített rádiófrekvenciás iránymérő szenzor a területet kétdimenziósan, 360°-ban fedile. A drónok rádiós mintáját érzékeli, és ez alapján kiértékeli, klasszifikálja az eszközöket, valamint irányukat és pozíciójukat is meghatározza (pozíció meghatározáshoz kedvező lokációnál kettő, de a biztos pozíció meghatározásához legalább három ilyen eszköz szükséges). Ahhoz, hogy megfelelően gyors eredményeket kapjunk a megjelenítő szoftvereken (C2 – Command and Control), valamint annak érdekében, hogy a rendszernek ne kelljen az egész rádiós spektrumot végigpásztázni, szükséges az adott UAV rádiós mintáját előre felvenni, rögzíteni.

A BXDD10 elnevezésű rendszer segítségével nemcsak az irány, hanem a forrás pozíciója is meghatározható, ha legalább három szenzor érzékeli a jelet. A külső interfész lehetővé teszi a rendszerinformációk és állapotok integrálását más meglévő rendszerekbe (pl. biztonsági rendszerek, riasztórendszerek, légiirányítási rendszerek stb.). (4. ábra)

Az észlelt drón- és vezérlőjelekről szóló információk felhasználóbarát felülettel ellátott térképen jelennek meg. A rendszer képes más érzékelők

HIVATKOZÁSOK

- [1] Palik Máttyás, Rohács József. UAV, UAS, RPA, drón, robotrepülőgép – új technológiák alkalmazása 1. rész, Haditechnika, 56. évf. 2022/5. szám, pp. 19–24. <https://doi.org/10.23713/HT.56.5.04>
- [2] Palik Máttyás, Rohács József. UAV, UAS, RPA, drón, robotrepülőgép – új technológiák alkalmazása 2. rész, Haditechnika, 56. évf. 2022/6. szám, pp. 21–26. <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.04>
- [3] Oszváth Sándor. A Magyarország területén lehetséges drónalapú támadások szakmai és biztonsági kérdései, Haditechnika, 55. évf. 2021/2. szám, pp. 52–55. <https://doi.org/10.23713/HT.55.2.10>
- [4] <https://www.washingtonpost.com/news/post-nation/wp/2015/01/26/when-a-drone-crashed-in-front-of-germanys-angela-merkel/> (Letöltve: 2023. 10. 24.)
- [5] Chovančíková, N., Dvořák, Z., Leitner, B. Safety indicators as a basis for increasing the resilience of critical infrastructure, Haditechnika, 55. évf. 2021/3. szám, pp. 25–30. <https://doi.org/10.23713/HT.55.3.04>
- [6] <https://www.droneblog.com/what-is-the-fastest-dji-drone/> (Letöltve: 2023. 10. 24.)
- [7] <https://www.theguardian.com/uk-news/2020/dec/01/the-mystery-of-the-gatwick-drone> (Letöltve: 2023. 10. 24.)
- [8] Sárhidai Gyula, Hajdú Ferenc. A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézetből a HM Technológiai Hivatalig. HM Technológiai Hivatal, 2005, pp. 67–70.
- [9] <https://www.blighter.com/products/auds-anti-uav-defence-system/> (Letöltve: 2023. 10. 24.)
- [10] 448/2023. (X. 3.) Korm. rendelet A pilótánélküli légi jármű-védelem veszélyhelyzeti intézkedéseiről, Magyar Közlöny, 2023/140. szám.
- [11] US Air Force Museum, Public domain, via Wikimedia Commons. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8e/Kettering-bug-1.jpeg> (Letöltés: 2023. 11. 03.)

(pl. radar, kamera stb.) által szállított észlelési és nyomkövetési információk kezelésére, és képes azok ugyanazon a felhasználóbarát grafikus felületen (Graphical User Interface – GUI) történő megjelenítésére. (5. ábra)

A berendezés fix, vagy gépjárműre telepíthető, illetve hordozható kivitelű is lehet. Karbantartási költsége alacsony – mert nem tartalmaz forgó mechanikus alkatrészeket –, illetve időjárásálló kialakítású (az ODU esetében), továbbá működését teljes egészében saját fejlesztésű hardverek és szoftverek biztosítják.

3 × BURW10 (KÜLTÉRI EGYSÉG: OUTDOOR UNIT – ODU)

10 GB ETHERNET (SZÁLOPTIKAI VEZETÉKES HÁLÓZAT)



A rendszer szabad rálátás mellett ~6 km hatótávolságig is képes UAV-t észlelni és annak irányát meghatározni (ha a drón legalább 100 mW adóteljesítménnyel rendelkezik), míg a távirányító észlelése akár 1500 m-ig lehetséges szabad rálátás és 100 mW adóteljesítmény mellett. Pozícióbecslés legalább kettő érzékelő egyidejű használata mellett lehetséges.

A felhasználó igényeinek megfelelően a rendszer képes riasztásjelzést adni (automatikus értesítéssel) SMS-ben vagy e-mail-ben. A rendszerintegrációhoz – igény szerint – titkosított, szabványos interfész is elérhető, valamint az Ethernet interfészének köszönhetően helyi és távoli vezérlés, valamint felügyelet is elérhető.

MŰKÖDÉS VALÓS KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

Tanulmányunk végén szeretnénk kitérni arra, hogy a 2023. október 3-án megjelent Magyar Közlöny [10] szerint Magyarországon is megkezdődik a kritikus infrastruktúrák drón elleni védelmének felmérése, annak kiépítése. Fontos feladattá válik a technológiailag alkalmas beszállítókon keresztül nemcsak a megfelelő védőzónák kialakítása a kijelölt intézményekben, létesítményekben, hanem ezen rendszerek folyamatos üzemben és karbantartása is. A BHE a közelmúltban – számos rendvédelmi szerv jelenlétében –, az Állampisztai Országos Büntetés-végrehajtási Intézet Vezetőinek hathatós támogatásával végrehajtott egy, az objektumvédelem szempontjából értékelhető tesztet. A forgatókönyv alapján több drón, több irányból repült a védendő objektum felé. A detektáló rendszerünk számára nem

csak az volt a feladat, hogy észleljen – adott esetben – 3 db UAV-t a levegőben különböző irányokban, hanem, hogy azok kezelőit, vezérlőit is a megfelelő szögekben észlelje és azzal egyidőben klasszifikálja. (1. ábra)

A sikeres végrehajtás után, a távolsági tesztek következtek, amelyek alkalmával egy DJI Mavic 2 pro-t közel 5,5–6 km-ről vezettek az objektum felé úgy, hogy közben vezérlője körülbelül 200 m-rel lemaradva, mögötte haladva egy gépjárműből irányította azt. Itt érdemes megemlítenünk, hogy a szenzor előterében a kiemelési nagysága nem érte el a 3 m-t. Az elfogásra végül 3,8 km-en került sor, míg vezérlőjét 1200 m-en detektálta és klasszifikálta a BHE BXDD10 UAV RF rendszer.

ÖSSZEZÉS

Az eddigiek alapján kijelenthető, hogy a drónok detektálása nem triviális feladat, minden igényt kielégítő, olcsó és egyszerű megoldás jelenleg nem azonosítható. A dróntechnológia folyamatos fejlődése kihívás elé állítja a civil és katonai-védelmi ipart egyaránt, lépéseket kell tenni a veszélyt jelentő új technológiák beazonosítására, és megelőző stratégiák alkalmazása szükséges ezekkel szemben. A különböző detektálási módszerek közül a passzív rádiófrekvenciás iránymérés terjedt el a legszélesebb körben, annak számtalan előnye miatt.

Mivel világszerte az egyes kormányzati szervek jelentős lépéseket tesznek a drónok használatának szabályozására, ezért a közeljövőben a dróndetektálásra szánt eszközök elterjedése, fejlődése is egyre nagyobb léptékben növekedésnek indul. ■

5. ÁBRA.
A BHE BXDD10 UAV RF detektor és iránykereső rendszer áttekintése osztott topológiával

PALIK MÁTYÁS* – POGÁCSÁS IMRE** – TÖRŐCSIK TÍMEA*** – SZABÓ NIKOLETTA****

HATVANÉVES A SZAKKÖNYVTÁR

A REPÜLŐSZAKEMBER-KÉPZÉS ÉS A REPÜLÉSTUDOMÁNY SZOLGÁLATÁBAN

1. ÁBRA.
A szolnoki Kari Könyvtár
Repülőműszaki
Gyűjteménye olvasóterme
(Fotó: Palik Mátyás)



ÖSSZEFOGLALÁS: A Nemzeti Közszerződési Egyetem Egyetemi Könyvtár Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Kari Könyvtár Repülőműszaki Gyűjteménye hatvan éve áll az olvasók rendelkezésére Szolnokon. A könyvtári állomány közel felét a repüléssel foglalkozó magyar és angol nyelvű szakirodalom alkotja. A gyűjtemény gerincét a Jobbik István Szakkönyvtár 5000 kötetes anyaga, és Fekecs Gábor hajómérnök egykori magángyűjteménye képezi. A dokumentumok főként a hadtudomány és a katonai műszaki tudomány köréből kerülnek ki. Emellett a könyvtár szépirodalmi állománnyal is rendelkezik.

KULCSSZAVAK: könyvtár, szakgyűjtemény, Nemzeti Közszerződési Egyetem, repüléstudomány

ABSTRACT: The Aviation Technical Collection of the Ludovika University of Public Service, University Library, Faculty of Military Science and Officer Training, Faculty Library has been at the disposal of readers in Szolnok for sixty years. Nearly half of the collection consists of literature in Hungarian and English on aviation. The backbone of the collection is the 5000-volume István Jobbik Technical Library and the former private collection of ship engineer Gábor Fekecs. The documents are mainly from the fields of military science and military engineering, but the library also has a collection of fiction.

KEYWORDS: library, specialist collection, Ludovika University of Public Service, aeronautics

A NEMZETI KÖZSZERZŐDÉSI EGYETEM EGYETEMI KÖNYVTÁR HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR KARI KÖNYVTÁR REPÜLŐMŰSZAKI GYŰJTEMÉNYE HATVAN ESZTENDEJE, 1963 ÓTA ÁLL AZ ÉRDEKLŐDŐ OLVASÓK RENDELKEZÉSÉRE SZOLNOKON. Az elmúlt évtizedek számos próbatételnek tették ki a könyvtárat, amelynek sorsa mindig összefüggött a repülőtisztképzés intézményével.

A KEZDETEK

A repülőtisztképzés 1949-ben, az akkor alapított Kilián György Repülő Hajózó Tiszti és a Vasvári Pál Repülő Szakkiképző Iskola keretei között

* Ezredes, katonai repülési dékánhelyettes, egyetemi docens. NKE HHK Repülés-irányító és Repülő-hajózó Tanszék. ORCID: 0000-0002-2304-372X

** Dandártábornok, PhD, NKE címzetes egyetemi docens. ORCID: 0009-0008-5672-1014

*** Könyvtáros, NKE EK HHK Kari Könyvtár Repülőműszaki Gyűjtemény. ORCID: 0009-0003-8954-1195

**** Könyvtáros, NKE EK HHK Kari Könyvtár Repülőműszaki Gyűjtemény. ORCID: 0009-0002-2452-6042

indult el Szolnokon. A képzést az 1956-os forradalmat követő ötéves szünet után, 1961 augusztusában indították újra. A 4000 kötetes szakkönyvtár a Kilián György Repülőtisztai Iskolában 1963. szeptember 19-én kezdte meg működését. A gyűjtemény – folyamatos állománygyarapítás mellett – 1967-től, már a Kilián György Repülőtisztai Főiskola könyvtáraként üzemelt, közel 20 000 darab dokumentummal. Az 1970-es években komolyabb technikai korszerűsítésre került sor.

1973-ban az újonnan épült, új hallgatói kollégiummal közös épületben kapott helyet a könyvtár, amelynek fejlődése töretlen volt a következő évtizedekben. Az 1980-as évek végétől a gyűjtemény nemcsak a könyvállomány összetételében változott, hanem az épület is megújult, korszerűsödött, majd az 1990-es évek elején, a digitalizáció jeleként, a könyvtárban megjelentek az első számítógépek.

Az 1992-ben a Zrínyi Miklós Katonai Akadémiával kötött együttműködési megállapodás újabb jelentős mérföldkőnek számított. Ekkor kezdődött el a könyvtár informatikai fejlesztése, a szakmai kiadványok és dokumentumok számítógépes feldolgozása. 1996-ban, a katonai felsőoktatási intézmények átszervezése során, a szolnoki könyvtár a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem fenntartásába került. Ettől az évtől kezdve már közös könyvtári rendszer működött, elindult a dokumentumok vonalkóddal történő el látása. [1]

A GYŰJTEMÉNYEK TÖRTÉNETE

A kétezres évek közepén került sor a könyvtárnak helyet adó épület teljes körű felújításra. Az intézmény 2005-ben került fel a Nyilvános Könyvtári Jegyzékbe, két évvel később jelentős számítógépes fejlesztés és állománybővítés történt. Ennek az időszaknak egyik jelentős szakmai eredménye, hogy a szolnoki könyvtár (2010-ben) befogadta a Jobbik István Szakkönyvtár gyűjteményét.

A Jobbik István Szakkönyvtár története 1992-ben kezdődött. Abban az évben az MH Repülőfőnökségből kivált a repülőműszaki szakterület, és az Anyagi-technikai Főcsoportfőnökség részeként létrejött a Magyar Honvédség Repülőműszaki Szolgálat-

főnökség, amelynek alárendeltségében alakult meg a Magyar Honvédség Repülőműszaki Intézet. Az akkori szolgálatfőnök, Jobbik István mérnök ezredes, az anyagi-technikai főcsoportfőnök, Hollósi Nándor mk. vezérőrnagy egyetértésével és támogatásával úgy döntött, hogy az intézetnél létre kell hozni egy úgynevezett „etalon” könyvtárat, amely a repülőeszközök műszaki leírásainak, légi üzemeltetési, földi kiszolgálási, javítási utasításainak hatályos gyűjteménye lesz. Ez az etalon könyvtár az évek során szakkönyvtárrá alakult, egyre több olyan szakirodalmi kiadvány, könyv tartozott az állományába, amely a napi munkához, és különösen a szakmai fejlődéshez nyújtott támogatást. A Repülőműszaki Intézet felszámolása után, az MH Logisztikai Főigazgatóság megalakulásával a Repülőműszaki Szolgálatfőnökség vette át a könyvtárat. Újabb átszervezést követően az MH Összhaderőnemi Logisztikai és Támogató Parancsnokság, jogutódként nemcsak átvette, de a tudományos igényeknek megfelelően továbbfejlesztette. [2] A szakkönyvtár abban az időszakban közel 5000 kötettel rendelkezett. [3]

A szakkönyvtár névadóját egész életében magas fokú hivatástudat, lelkiismeretesség, helytállás és szakmaszeretet jellemezte. Felelős beosztások ellátása mellett sokat olvasott, tanult, publikált, a magas színvonalú katonai szakmai folyóiratok és szakkönyvek

A szolnoki Repülőműszaki Gyűjtemény és előd szervezeteinek vezetői

1963–1967 **Tarr Ferenc**
 1967–1970 **Dr. Brunsvik Pálné**
 1973–1988 **Kiss Sándorné**
 1988–2016 **Nagy Imréné**

az állandó olvasmányai közé tartoztak. (Lásd keretes írásunkat.) A katonai repülés kapcsán különösen a harci alkalmazás, a repülés dinamikája, az aerodinamika, a repülésvezérlés, a vezérelhetőség problémái és a hajtóművelmélet tartozott az érdeklődési körébe. Az említett témakörökben tudományos értékű szakfordításokat és tanulmányokat jelentetett meg. Legjelentősebb munkája „A korszerű repülőgépek aerodinamikai jellemzői”, „A változtatható geometriájú szárnyal felszerelt repülőgépek aerodinamikai és repülési jellemzői, valamint – sajátosságai” című, összefoglaló két-kötetes tanulmány. Az általa írt művek is gazdagítják az átadott könyvtár anyagát. [4]

A gyűjtemény átvétele alkalmából ünnepi emlékülést és koszorúzást tartottak, ott merült fel, hogy a könyvtár felvegye a Jobbik István Szakkönyvtár nevet.

Az elmúlt időszakban a szakemberek az állományt teljes mértékben feldolgozták, a szakirodalom immár kereshető az online katalógusban is. A gyűjtemény állománya jelenleg kö-



A GYŰJTEMÉNYEK NÉVADÓI

JOBBIK ISTVÁN (1943. október 28. – 2000. január 16.) középiskolai tanulmányait Pécsen végezte, amelynek utolsó évében belépett a Magyar Honvédelmi Szövetségbe. Eleinte az ejtőernyőzés vonzotta, majd érdeklődése a repülőszervezetek felé fordult. 1962-ben sikeres felvételt nyert a Kilián György Repülő Tiszti Iskola sárkány-hajtómű szakára. A főiskolát 1965-ben kiváló diplomával fejezte be. Eredetei tervei szerint Szolnokon kívánt maradni oktatóként, ám a csapatoknál nagyfokú technikushiány miatt Taszárra került. Az ottani Repülőezred Mérnök-műszaki Szolgálathoz helyezték javítótechnikusi, később hibafelvételező részlegparancsnoki, majd csoportparancsnoki beosztásokba. 1969-ben akadémiai előkészítőre vezényelték, majd megkezdte mérnöki tanulmányait a moszkvai Zsukovszkij Repülőmérnöki Akadémián. 1974-ben diplomázott, később a Repülőezred Mérnök-műszaki Szolgálat üzemeltető mérnökeként ismét Taszárra került. Rövidesen az ezred mérnök-műszaki szolgálatfőnökeként nevezték ki. Ebben a beosztásban egészen 1984 júniusáig dolgozott, majd júliustól az időközben megalakult veszprémi légvédelmi hadtest repülőfőnökségre helyezték mérnök-műszaki osztályvezetői beosztásba. 1986 januárjában helyezték át Budapestre, a Repülő Főnökségre. A folyamatosan változó elnevezésű szervezetnél a Légvédelmi és Repülő Parancsnokságon osztályvezető helyettes, majd osztályvezető lett, 1991-től technikai helyettesé nevezték ki. Időközben, 1992-ben – repülő műszaki szolgálatfőnökként – áthelyezték a Magyar Honvédség Anyagi Technikai Főcsoport Főnökség szervezetéhez. Ebben a beosztásban dolgozott nyugdíjba vonulásáig.



Jobbik István katonai szolgálati ideje alatt a balesetmentes repülést helyezte központba. Folyamatosan képezte magát, és a megszerzett ismereteit, tapasztalatait rendszeresen közreadta. Számátlan cikke, több könyve született a balesetmentes repülés biztosítása érdekében. Halála után magángyűjteménye a Maléter Pál laktanyába került, amelyet egy honvédelmi intézkedés következtében 2010-ben ki kellett üríteni. A gyűjtemény akkor került az akkor Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki és Légvédelmi Intézet könyvtárába. [5]

FEKECS GÁBOR (1929. október 27. –) repülőmérnöknek készült, ezért már középiskolás korában belépett az akkori Műegyetemi Sportrepülő Egyesületbe. Érettségi után a Budapesti Műszaki Egyetemre nyert felvételt, de a történelmi események keresztülhúzták a terveit. A harmadik év elején, amikor a további tanulmányokat már szakosítva végezték, a repülőtagozatot az akkor alakult hadmérnöki karhoz csatolták. Mivel Fekecs Gábor nem vállalta a katonai pályát, mint katonaköteles fiatalembert behívták sorkatonai szolgálatra, és átvezényelték a Honvéd Kollégiumba. A harmadik év végén leszerelték, és szabadon választhatott a műegyetem polgári tagozatai közül. A döntésére mindössze 48 óra állt rendelkezésére. Végül másik két társával a hajómérnöki tagozatot választotta, ugyanis úgy tűnt, ott tudják legjobban hasznosítani a repülőtagozaton megszerzett ismereteiket. Négy különböző vizsga és további egy év tanulás után 1952-ben fejezte be az egyetemi tanulmányait.



Ezt követően Balatonfüreden helyezkedett el, majd 1954-ben került a váci székhelyű Dunai Hajógyár Budapestben működő tervezőirodájába. Az '50-es évek közepétől aknamegesztő hajók helyett motorkerékpár-oldalkocsik gyártásába fogtak. A sorozatgyártás beindítását Fekecs Gábor irányította. Fő tevékenysége azonban hajók és csónakok tervezése maradt. 1956 nyarától főkonstruktörként irányította a tervezési munkákat. Vízipuszok, motorcsónakok, tengeri mentőcsónakok, szárnyas csónakok és szárnyas személyszállító hajó készültek szakmai irányításával. A motorcsónakok és szárnyas motorcsónakok tesztelésében három éven keresztül személyesen is részt vett. [6]

A hatvanas évek közepén egy nagyobb átszervezés miatt elhagyta Vácot, és Budapestre, a Magyar Hajó- és Darugár központjában dolgozott. 1968-tól az Országos Terhivatalban az Ipari Főcsoport informatikai felelőse lett. 1972-től – egészen 1989-es nyugdíjba vonulásáig – az általa szervezett új osztály vezetője a Számítástechnikai Központban. A repülés, főként a vitorlázórepülés iránti szeretete életre szóló szenvedély maradt. [7]

rülbelül 5000 kötetet számlál. Jelentősége a kiváló szakmai szemmel összeválogatott repülő törzsanyag rész, amely mellett számos tudományterület képviselteti magát. A könyveken és kéziratokon kívül a gyűjteménynek emléktárgyak is részét képezik.

A szakkönyvtár 2015-ben – Fekecs Gábor hajómérnöknek köszönhetően – újabb magángyűjteménnyel gyarapodott. Az igen gondosan összeállított könyvkollekció kizárólag a repüléssel kapcsolatos szak- és szépirodalomból áll.

A szakmai könyvek között magyar, angol, német, valamint olasz és francia nyelvű könyvek is találhatóak; a szépirodalmi művek magyar vagy angol nyelvűek. Ritkaság számba menő folyóiratok bekötött számain is tartalmazza a gyűjtemény, többek között a Magyar Szárnyak teljes első évfolyamát is megtalálhatja az olvasó.

A gyűjtemény összetételét az adományozó érdeklődési területei jellemzik: a repülés korai története; a forgalmi repülés és a repülőgépgyártás története az Amerikai Egyesült Államokban; a repülés biztonsága; a repülés II. világháborúban játszott szerepe; a vitorlázó és a motoros repülőgépek tervezése és gyártása Magyarországon; úttörő nők a repülésben; az északi – alaskai, valamint északkanadai – „vadon” repülés története; a repülésmeteorológia, és végezetül a repülés nemzetközi szervezetének, a Nemzetközi Repülő Szövetségnek (Fédération Aéronautique Internationale – FAI) sportrepülésre vonatkozó szabályzatai. A könyvek beszerzését a gyűjtő számára az tette lehetővé, hogy hivatalos külföldi útjain jó kapcsolatot alakított ki a használt könyveket forgalmazó vállalkozásokkal, amelyekről a helyszíneken, illetve levelezés útján vásárolt a gyűjtőkörébe tartozó köteteket. Sok könyvhöz és szabályzathoz úgy jutott hozzá, hogy vállalta azok magyar nyelvre történő fordítását.

A repülőműszaki könyvtár hírneve, a speciális szakirodalom iránti érdeklődők javaslata és ajánlása jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy ez a különleges gyűjtemény végül Szolnokra került. A gyűjtemény szakszerű gondozása, a kutatók számára elérhetővé tétele, a korrekt kapcsolattartás

az adományozóval, mind azt igazolta, hogy jó döntés született.

A KÖNYVTÁR GYŰJTŐKÖRE

A könyvtár fennállása óta gyűjti a repülés minden területére kiterjedő szakirodalmat. Állományának közel felét a repüléssel kapcsolatos angol, illetve magyar nyelvű szakirodalom alkotja. Ezek a kiadványok főként a hadtudomány és a katonai műszaki tudomány köréből kerülnek ki.

Speciális részét képezik a gyűjteménynek a repülési szabályzatok. Ezek a kiadványok úgynevezett „használati-, alkalmazási útmutatók”, amelyek egyrészt a repülőgépek, helikopterek különböző rendszereinek, berendezéseinek működését, felépítését ismertetik, másrészt a légi járművek harci alkalmazására vonatkozó elveket és módszereket tartalmazzák.

A könyvtári állományba vett – különböző felsőfokú képzésekben készült – mintegy kétezer szakdolgozat 1972-ig visszamenőleg tematikusan is kereshető.

Az ugyancsak rendelkezésre álló szépirodalmi állomány az utóbbi években kevésbé gyarapodott. Ezek a könyvek korábban a Szolnokon tanuló hallgatók szabadidejének eltöltésében kaptak szerepet, illetve támogatták az alpműveltség fenntartását.

A kart Erasmus+ nemzetközi hallgatói mobilitás program keretében külföldi hallgatók is látogatják. A könyvtár számukra is szolgál angol nyelvű szépirodalommal.

Az úgynevezett kézikönyvtárban elsősorban lexikonok, enciklopédiák, illetve nagyobb értékű, ritka szakönyvek találhatóak.

Az eltelt évek során az intézmény szorosan együttműködött a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Egyetemi Könyvtár Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Kari Könyvtárával, majd 2016-ban szervezettel is betagozódott abba. Az új beszerzésű számítógépek, és a hálózatfejlesztés segítségével megtörtént az informatikai rendszer felzárkóztatása.

A könyvtár legfontosabb célkitűzése a hallgatók, oktatók és minden repülés iránt érdeklődő olvasó számára a magas színvonalú szakmai- és tudományos szolgáltatás biztosítása. Ennek érdekében a szakemberek a

könyvtári szolgáltatásokkal igyekeznek megfelelni a digitalizációs követelményeknek. A katalógus online felületen is elérhető, emellett az érdeklődők és kutatók számára a könyvtár több mint ötven hazai és nemzetközi adatbázis hozzáférést biztosítja. Ezek közé tartozik többek között az Arcanum Digitális Tudománytár (ADT), ahol bő terjedelemben olvashatók a Magyarországon vagy magyar nyelven megjelent heti- és napilapok, lexikonok és válogatott monográfiák; a Brill International Law & World Order, Gale OneFile – Military and Intelligence, Gale OneFile – War and Terrorism Collection adatbázisok, amelyeken keresztül számos idegen nyelvű folyóirat is elérhető.

A könyvtár számos nyomtatott szaklapot – elsősorban a repüléssel és hadtudománnyal foglalkozó periodikákat – is előfizet, amelyek mellett műszaki és természettudományi folyóiratok is elérhetők.

A könyvtár a Magyar Honvédség Kiss József 86. Helikopterandár területén helyezkedik el, így az egyetemhez kötődő oktatók, kutatók és hallgatókon kívül kiszolgálja a bázis területén települő katonai alakulatok könyvtárlátogató állományát is. A 75 fő befogadására alkalmas oktatóterem, valamint a nagy méretű olvasóterem tudományos előadások, szakmai tanfolyamok, PhD-műhelyviták helyszínéül is szolgál. Az elmélyült tanuláshoz és kutatáshoz két teljes felszereltségű, internethozzáférést biztosító önálló kutatószoba áll rendelkezésre. A szolnoki könyvtárosok felkészülten, szakmai háttérrel várják az érdeklődőket, legyen szó tudományos kutatásról, oktatásról, tanulásról, vagy akár a repülés világáért rajongásról.

A szolnoki repülőszakember-képzés érdekében könyvtári munkát végzők előtt tisztelegve, a könyvtár megalakulásának 60. évfordulója alkalmából, a tudomány napi rendezvényekhez kapcsolódva 2023. november 30-án, „Kihívások és lehetőségek a műszaki tájékoztatásban – 60 éves a szolnoki Repülőműszaki Gyűjtemény. Könyvtár- és információ tudományi konferencia” címmel tudományos tanácskozársra került sor, amelyre meghívást kaptak a könyvtár korábbi munkatársai is. ■

HIVATKOZÁSOK

- [1] Huszár Katalin. Könyvtári helyzetkép a haderőátalakítás tükrében. https://www.mhht.eu/hadtudomany/2006/1_2/2006_1_2_15.html (Letöltve: 2023. 10. 26.)
- [2] 103/2002. (HK 30.) HM utasítás a tudományos információellátás rendjéről. <https://uj.njt.hu/jogszabaly/2002-103-B0-15> (Hatályos: 2003. 01. 08. – 2023. 02. 08.) (Letöltve: 2023. 10. 26.)
- [3] Katonai logisztika, 13. évf. 2005/1. szám. http://epa.niif.hu/02700/02735/00053/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_2005_1_279-299.pdf (Letöltve: 2023. 10. 26.)
- [4] Ungvár Gyula. Pro Militium Artibus A Hadtudományért. Budapest, Zrínyi Kiadó, 2014, p. 143., illetve A kitüntetésben részesültek rövid életrajza. <https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/PMA.pdf> (Letöltve: 2023. 10. 28.)
- [5] A Honvédelmi Minisztérium Közigazgatási Államtitkára és a Honvédelmi Minisztérium Honvéd Vezérkar Főnöke 48/2010. számú együttes intézkedése. <http://www.kozlonyok.hu/kozlonyok/Kozlonyok/13/PDF/2010/10.pdf> (Letöltve: 2023. 10. 26.)
- [6] „Rakétával kilőtt fecske.” <https://www.autoszektor.hu/hu/content/raketaval-kilott-fecske> (Letöltve: 2023. 10. 10.)
- [7] „A kalandos életű repülőgép alkotói vérbeli mérnökök voltak.” https://www.bme.hu/hirek/20170530/A_kalandos_eletu_repulogep_alkotoi_verbeli_mernokok_voltak (Letöltve: 2023. 10. 10.)



POSZTERMELLÉKLET

A posztermellékletünkön látható Leopard 2 ARV3HU (Bergepanzer 3 Büffel) mentő-vontató harcjármű harcászati-műszaki adatai (Forrás: https://militaerfahrzeuge.ch/unterkategorie_13_12_35.html)

Hosszúság [m]	9,55
Szélesség [m]	3,58
Tolólapszélesség [m]	3,42
Magasság [m]	2,98
Tömeg [t]	64,7 (MLC 70)
Motor	MTU MB 873 Ka-501 V12 turbódízel
Teljesítmény [kW/LE]	1100/1475 (2600 f/percnél)
Max. sebesség előre [km/h]	68
Max. sebesség hátra [km/h]	31
Talajnyomás [kg/cm ²]	0,86
Nyomatékváltó	Renk HSWL 354, hidrodinamikus automata, 4 előre-, 2 hátrameneti fokozat
Hatótávolság [km]	470
Emelkedő-kapaszkodó képesség	60% (31°)
Oldaldőlés	30% (17°)
Lépcsőmászó képesség [m]	0,92
Árokáthidaló képesség [m]	3,0
Fordulókör átmérője [m]	11,5
Hasmagasság [m]	0,45
Főcsőrő vonóerő [kN]	343
Daru teherbírás [t]	30
Személyzet [fő]	2-4
Gyártó	Rheinmetall Landsysteme GmbH



HAJDU PÉTER*

A MAGYAR PHÖNIX C.I-ES REPÜLŐGÉPEK TÖRTÉNETE

I. RÉSZ

1. ÁBRA. Egy, a 121-es gyártási sorozatba tartozó Phönix C.I-es, a repüléstechnikai újdonságnak számító Sparmann-féle ferde szárnyal. A repülőgép kiválóan megfelelt tüzérségi tűzirányítói, bombázói, földi támogatói és felderítői feladatokra is [2]

A MAGYAR KATONAI REPÜLŐGÉPEK KEVÉSBÉ ISMERT, DE FONTOS TÍPUSA AZ I. VILÁGHÁBORÚ VÉGÉNEK EGYIK LEGJOBB OSZTRÁK–MAGYAR FELDERÍTŐGÉPE [1; 4. O.], A PHÖNIX C.I-ES VOLT. Rövid ideig alkalmazták Magyarországon (1918–1921), de az első magyar légitársaság meghatározó repülőgépeinek számított, az új szárnyformája pedig mintául szolgált több magyar tervezésű repülőgéphez is. A hiányos források miatt a gépekről néhány téves információ is bekerült a köztudatba, de a napjainkban végzett kutatások pontosítják a magyar Phönix C.I-esek történetét.

A világháború végén Magyarország részben a Phönix stadlaueri gyárából vásárolt ilyen típusú repülőgépeket (az elsőt lefoglalták), másrészt az aszódi Lloyd Repülőgyárban licenc alapján építettek hazai példányokat. 1920-tól már három különböző motorral gyártották a típust Aszódon.

A SPARMANN SZÁRNY

Az Osztrák–Magyar Monarchia repülőgépipara a kis termelési kapacitás és

a rossz gyártási technológiák miatt nem volt képes lépést tartani az antant országok repülőgépgyártásával, sőt a központi hatalmak gyártásának is csak közel tizedét adta (a többi német volt). [3] A háború vége felé a nemzetiségi problémák és a nyersanyag hiánya miatt ez a helyzet csak tovább súlyosbodott. A mennyiségi mellett minőségi problémák is jelentkeztek, nem tudtak légi fölényt biztosító, modern repülőgépet tervezni, emiatt – néhány kivételtől eltekintve – német eredetű licencként alapján történő építésre kényszerültek áttérni. [1] [4] [5] A monarchia kevés sikeres fejlesztéseinek egyike volt a Phönix gyár kétülékes, duplafedeles felderítő repülőgépe.

1917 márciusában, az elavulófélben lévő Brandenburg C.I-es leváltására a Fliegerarsenaltól¹ (Flars) a wien-stadlaueri Phönix Flugzeugwerke A.G. is megkapta a megrendelést az új 96 db Brandenburg C.II-es, német licenc alapján történő megépítésére. [4] Amikor az első, a 121.01 gyári számú Brandenburg C.II-es (Ph) (a 2-es a Phönix gyárat, a két 1-es ebben az esetben

ÖSSZEFOGLALÁS: Az I. világháború végén, az osztrák tervezésű Phönix C.I-es kétülékes felderítő és általános célú kétfedélű repülőgép korának egyik legjobb gyorsfelderítője volt. A nagy háborút követően néhány ország légereje még tovább üzemeltette különböző változatait, így a gép aktív részese volt a háborút követő konfliktusoknak is. A Phönix C.I-esek építése Magyarországon is elkezdődött (az aszódi Magyar Lloyd Repülőgép és Motorgyár Rt. 1919 első felében kezdte meg a gyártását). A már leszállított példányokat az újonnan kikiáltott köztársaság, később a Tanácsköztársaság és a Nemzeti Hadsereg is használta hazánkban. A szerző cikksorozatában az eddig csak szűk szakmai körben publikált dokumentumok és források alapján ismerteti a Magyarországon repült Phönix C.I-esek alkalmazásának történetét.

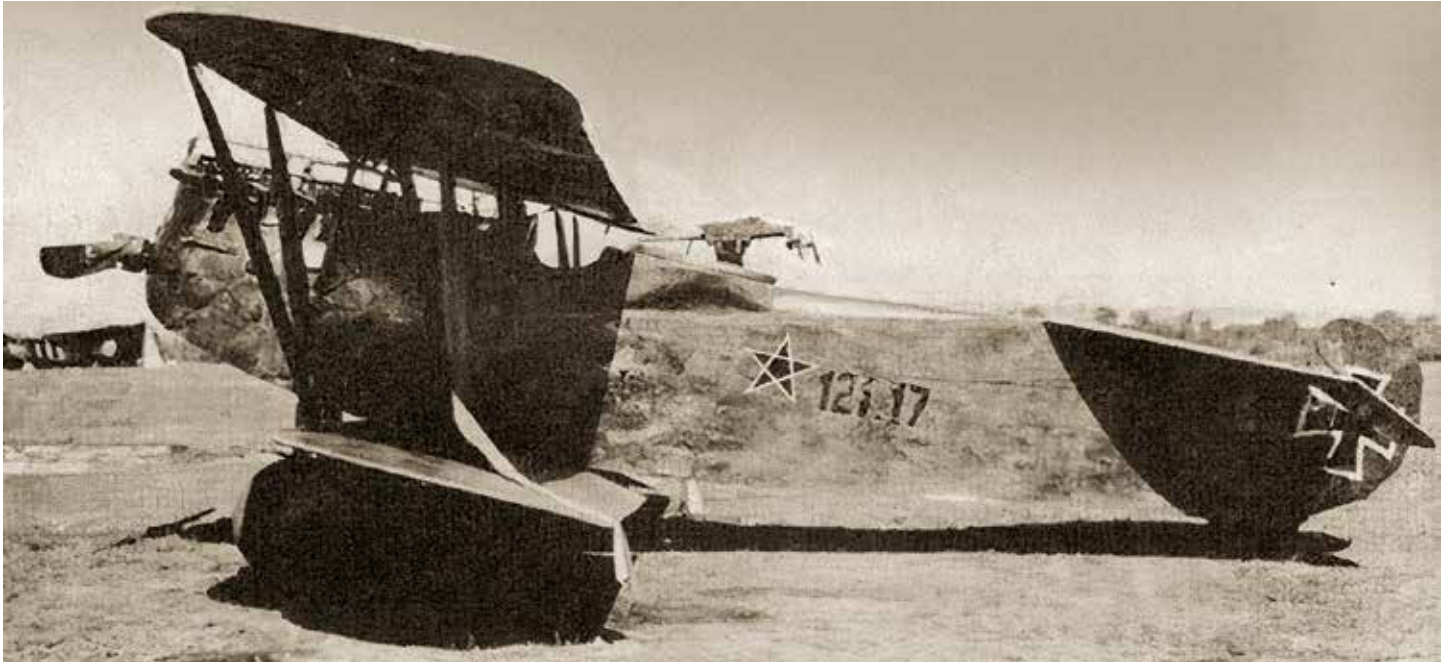
KULCSSZAVAK: I. világháború, Phönix C.I, Magyar Aeroformalmi Részvénytársaság, Sparmann szárny, Phönix Flugzeugwerke, Lloyd Repülőgépgyár, Leo Kirste

ABSTRACT: At the end of World War I, the Austrian-designed Phönix C.I reconnaissance and general-purpose Biplane was one of the best scout aircraft of its age. After the Great War, the air forces of some more countries continued to operate, and aircraft were also active participants in the post-war conflicts. Building the Phönix C.I.s also began in Hungary (production began at the Aszód site in the first half of 1919). The aircrafts already delivered, were also used in Hungary by the newly proclaimed republic, later by the Soviet Republic and the counter-revolutionary troops. The article describes the history of the employment of Phönix C.I.s that flew in Hungary, based on documents and sources published only in a narrow professional circle.

KEYWORDS: World War I, Phönix C.I, Hungarian Air Traffic Corporation, Sparmann wing, Phoenix Aircraft Works, Hungarian Lloyd Aircraft and Motor Works, Leo Kirste

* Repüléstörténeti kutató, szakíró. ORCID: 0000-0002-8841-4173

¹ Repülőarsenál (Fliegerarsenal) koordinálta az osztrák–magyar légierő anyagi és személyi ellátását, utánpótlását és fejlesztését.



a 11. gyári modellt jelölte) 1917 júniusában a levegőbe emelkedett az asperni repülőtérén, komoly problémák jelentkeztek a tesztelésnél. [1] A kedvezőtlen repülési tulajdonságokon kívül rövid volt a repülőgép törzse, a felső szárny a pilóta ülése felett helyezkedett el, emiatt baleset esetén a pilóta nehezen tudott menekülni. Azonban az újabb módosítások sem javítottak a repülési képességeken. Az alsó és felső szárny – az addig standardnak tartott – egyforma téglalap formájú volt. [1] A hibák javítására Leo Kirste², a Phönix gyár tehetséges 25 éves mérnöke, és Edmund Sparmann³ a gyár berepülő mérnök-pilótája, áttervezte a repülőgépet. [1; 2–4. o.] Meghosszabbították a törzset, így a pilótaülés kikerült a felső szárny alól. Sparmann javaslatára új szárnykonstrukcióval próbálkoztak. A felső félszárnyakhoz képest az alsók keskenyebbek, rövidebbek lettek, és a szárnyvégeket ellipszis formára tervezték át. A Brandenburg bonyolult szárnymervítőit ugyanakkor egyszerűbbekre cserélték. Ez az új szárnyforma a „Sparmann szárny” vagy „Sparmann ferde szárny”, amely ké-

sőbb „másfél szárny” néven vált ismertté. [1] Az 1917 júliusában a repülési tesztelésre az asperni repülőtérre⁴ érkezett 121.02-es gyári számú repülőgépen még 185 LE-s Daimler motort alkalmaztak, a későbbi példányokon azonban már ezt erősebb 230 LE-s Hiero motorra cserélték. [1; 2. o.] A Flars bizalmat szavazott az új szárnykonstrukciójú repülőgépnek, és egy 24 db-os tételt rendelt [1] az immár Phönix C.I-esnek nevezett kétülékes felderítő repülőgépből. Az augusztusi tesztpéldány új törzzsel, kétrészes felsőszárnyal és dupla „V” szárnymervítővel érkezett Aspernbe. Ezt rövidesen követte a második 24 db-os rendelés is. [1; 1–10. o.] A gép további érdekessége volt, hogy furnérborítású, keskeny, magas törzse a farokrészig terjedt, így ez a technikai megoldás pótolta a függőleges vezérsíkot, és az eszközön csupán oldalkormányfelületet alkalmaztak.

A Phönix mellett érdemes összehasonlítani a másik magyarországi Brandenburg C.II-es továbbfejlesztéssel, amit az albertfalvai Ungarische Flugzeugwerke A.G. (UFAG) készített 161-es típusjelzéssel. [6] Az UFAG-ban

is egy aránylag jól repülhető gépet terveztek, de megmaradtak a hagyományos alul-felül egyforma méretű szárnykonstrukciónál, igaz a szárnyvégeket lekerekítették. Az UFAG C.I-es (más néven U.C.I vagy UCI) is 230 LE-s Hiero motort kapott, és túljutva a teszteléseken és kisebb módosításokon, már 1918 februárjában bevetésre alkalmasnak nyilvánították. [6] Ezzel szemben a Phönix C.I-es tesztelése akadozott, felmerült a program lefújása is, sőt a Phönix gyárat 40 db UFAG C.I-es legyártására utasították (123-as széria). [1] Kezdetben az U.C.I-t azért favorizálták, mert kis magasságban stabilan repült, és kissé gyorsabb volt a Phönixes vetélytársánál. Ezen a két típuson alapult az új „gyorsfelderítő” harcéljárás, ahol egy kétülékes repülőgép vadászkíséret nélkül repül be az ellenséges légtérbe. [4] A gyorsfelderítőket a megfigyelő körösínes M16-os, 8 mm-es géppuskáján kívül még egy, a motor bal oldalára szerelt, mereven előre tüzelő, szinkronizált M16-os géppuskával is ellátták, amely a gépet korlátozott mértékben vadász feladatokra is alkalmassá tette. [1] [4] Bombázáskor 4 db 12 kg-os

2. ÁBRA.
A korai gyártású és festésű 121.17-es Phönix az olasz fronton. A törzs formája miatt elhagyták a függőleges vezérsíkot, ezért csak oldalkormánnyal rendelkezik a repülőgép [2]

² Kirste, Leo Emil Eduard (Bécs, 1892. március 8. – Bécs, 1965. április 22.) osztrák repülőgéptervező és egyetemi oktató. Angol, német, osztrák, francia repülőgyárakban dolgozott tervezőként.

³ Sparmann, Edmund Ernst Karl (Bécs, 1888. június 16. – Stockholm, 1951. június 24.) osztrák repülőgéptervező és repüléstechnikai feltaláló. Stockholmban repülőgépgyárat alapított.

⁴ Flughafen Aspern: 1912-ben avatták fel Aspern repülőterét Bécs külvárosában, ahol az I. világháborúban a kísérleti és a prototípus repülőgépek tesztelése folyt. Napjainkban helyén lakó és ipari övezet húzódik.

3. ÁBRA.

A 4. számú aszói Lloyd Repülőgépgyárban a Phönix C.I-es szárnyát készítik. A szárnyformája a továbbfejlesztett „kései” verzió [8]



vagy 2 db 25 kg-os bombát vihetett magával, amelyeket a megfigyelő lábainál helyeztek el, és kézzel dobtak a célterületre.

A Phönix C.I-eseket a mérnökök folyamatosan fejlesztették, részben a tesztek, másrészt a fronttapszalatok nyomán. A turbulenciák miatt 121.11-es gyáriszámtól a megfigyelő csővázas géppuska körsínjét lecserélték az oldalról zárt, áramvonalas Priesel integrált géppuska körsínre. Az első két rendelési tételben elkészültek korai gyártásának nevezik. A 121.50-es gyári számtól kezdve azonban, a kései példányoknál több jelentős módosítást végeztek. [1] A felső szárnyon nagyobb lett a pilóta feletti kivágás, az alsó szárnyból pedig a törzs mellett is vágtak le a jobb kitekintés érdekében. A Priesel géppuska körsínt is lecserélték egy újabb, aerodinamikailag jobb, kutatók által kései gyártásának nevezett körsínre. A 121.49-estől lehetőség volt a megfigyelő bal lába mellé egy kamera beszerelésére, majd a 121.111-estől rádió, és kipufogóláng-rejtők alkalmazására az éjszakai küldetésekhez. A 121.08-ast felszerelték egy zsákmányolt Villar Perosa 9 mm-es duplacsöves megfigyelő-géppuskával

(valójában géppisztoly), valamint néhány példány alkalmassá vált az alsó szárnyanként 6 db 12,5 kg-os PuW⁵ légibomba hordozására is. [1; 2–32. o.]

AZ OLASZ FRONTON

A Phönixek végső szárnystatikai terheléstervezteje 1918. március 7-én sikeresen megtörtént, és áprilisban elkezdődött a repülőgépek frontra szállítása. Az első hivatalos veszteség április 17-én történt, a 121.23-as számú gépet akkor lőtte le egy brit Shopwith Camel vadászgép. Közben az ellenfélnél jelentések érkeztek a pilótáktól az olasz parancsnokságra egy nagy magasságban repülő, gyors ellenséges gépről, amelyet képtelenek voltak elfogni. Akadt, olyan pilóta, aki azt is észlelte, hogy a repülőnek kisebbek az alsó szárnyai. [1; 3–9. o.]

A 121-es szériából csak néhány került ki az olasz frontra. [1] Az 1918. június 15–24-ig, a Piave folyónál zajló [3] szárazföldi offenzívát kísérő légi-ütközetek (a „Fekete Hét”) előestéjén az alábbi volt a Phönix C.I-esek helyzete: 5 példányt a Flars visszatartott tesztelésre, 6 db előzőleg megsérült, 4 db a szállításkor semmisült meg, és 4 példány a korábbi harcokban

vesztett oda [1]. Az olasz fronton 9 felderítőszázad (Flik⁶) között osztottak szét összesen 15 db Phönix gyorsfelderítőt, 1–3 db-ot alakulatonként. [1; 6. o.] [4] A „Fekete hét” [1] [3] alatt az Isonzó hadsereg repülőcsapatai súlyos veszteségeket szenvedtek, elvesztették a pilóták 22%-át, a megfigyelők 19%-át és a repülőgépek 41%-át. Három Phönix is veszteséglistára került, de ez elenyésző volt a többi típushoz képest. [1; 6. o.] A tapasztalok azt mutatták, hogy a Phönix képes volt áttörni és visszatérni a Piave-folyó feletti antant vadászok által uralt légtéren, amely már az igáslónak számító Brandenburg C.I-esnek szinte lehetetlen volt. [23] [4] A típus hírnevét öregbítette az is, hogy június 19-én a 121.17-es gyári számú⁷ repülőgép megfigyelője⁸ lelőtte [1; 6–7. o.] a 34 légi győzelemmel rendelkező olasz repülőász, Francesco Baracca SPAD VII-es vadászrepülőgépét⁹.

A 121-es szériából a hadvezetés továbbra sem tudott nagyobb mennyiséget a frontokra küldeni. 1918. augusztus 1-jén például a típusok darabszámának aránya az UFAG C.I-esek javára 16:76 volt, és ez az arány csak tovább csökkent, október 20-án már

⁵ P. u. W. (Prüfanstalt und Werft der Fliegertruppen – A [német] légierő tesztintézete és hajógyára). Az új bomba karcsúbb bombatesttel, irányított pörgést biztosító szárnyakkal rendelkezett. A „régebbi” cseppformájú bombákhoz képest pontosabban lehetett vele célozni.

⁶ Flik = Fliegerkompagnie, azaz repülőszázad.

⁷ A repülőgépek gyári számát (gyártási azonosító számát) a légierőnél lajstromszámként is használták. És a '121' szériaszámot a korabeli forrásokban a típus azonosítására is használták: a '121-es típus' vagy '121-es szériájú repülőgép' lásd [1].

⁸ A Phönix legénysége: Max Kauer szakaszvezető pilóta és Arnold Barwig főhadnagy megfigyelő a Flik 28/D-ből.

⁹ Az osztrák–magyar jelentésekben olvasható eset leírásával szemben, az olaszok szerint a légvédelmi tűz okozta a veszteséget. A konszenzus általában az, hogy Francesco Baracca halálának pontos körülményei máig tisztázatlanok.

csak 6:51 volt [1] [6]. Pedig a frontapasztalatok alapján a Phönixet értékelték jobbnak, egy átlagos pilóta is ugyanolyan jól repülte, mint a Brandenburg C.I-est, az UFAG C.I-es azonban komolyabb pilótatudást kívánt, hasonlóan a Berg C.I-eshez. A legfőbb probléma az U.C.I-val az volt, hogy megterhelve, nagy magasságban instabillá vált, váratlan farnehézség lépett fel, nem is beszélve arról, hogy ezt a magasságot csak nehezen érte el. A pilóták a 4000 m feletti bevetéseknél a Phönix C.I-eseket preferálták. [1] A háború vége felé olyan tervek is születtek, hogy a Monarchia front légierejét teljesen át kell szervezni, amely 2/3 rész vadászrepülőből és 1/3 rész [1] 121-es szériájú gyorsfelderítőkből állt volna. Ezt a koncepciót támogatva, még májusban megkapta a Phönix gyár a harmadik 112 db-os rendelését, ezenkívül augusztustól bevonták a licencgyártásba az aszódai Lloyd repülőgyárat is [1] [7], és az – U.C.I típus kifutása után – az albertfalvai UFAG-ot is. A távlati tervekben 565 db Phönix C.I-es repülőgép rendelése szerepelt [1], de ebből csak a Phönix gyár 121-es szériájából 98 db-ot szállították le a háború végéig. Végül az 1918. októberi katonai vereség és a monarchia felbomlása [1] [3] megakadályozta a Phönix C.I-esek tömeggyártását.

A háború után az Osztrák–Magyar Monarchia utódállamaihoz került néhány a 121-es gyártmányból [1], ennek részletezése szétfeszítené a tanulmány kereteit. A 121.105-os példány megvétele után a Phönix C.I-es licencét is megvásárolták Svédországban, több szériában összesen 26 db-ot építettek „Dron” néven, és egészen 1935-ig [1; 12–16. o.] repülték a gépeket. Néhány repülőgépbe 250 LE-s Isatto, illetve 300 LE-s Hispano-Suiza motort [1; 1–22. o.] szereltek, amely jelezte a repülőben rejlő továbbfejlesztési lehetőségeket.

A NÉPKÖZTÁRSASÁG ELSŐ PHÖNIX C.I REPÜLŐGÉPE

1918 novemberének elején, rögtön a fegyverszünet [3] után a Magyar Általános Gépgyár (MÁG) mátyásföldi

gyári repülőterén, a gyárban fellelt hat „papírszárnyú” Aviatik Berg D.I vadászgéppel megalakult az I. Légi Rendőrségi Osztály. November 6–16. között összesen nyolc 1-3 repülőgépes bevetést végeztek Budapest 100 km-es sugarában karhatalmi, és röpcédulaszórás feladattal. [9] [10] [11] Vidéken több helyen zavargások törtek ki [10], ahol a hangadók többnyire katonaszökevények¹⁰ voltak. Bevetéseken a 6 db-ból három Berg vadászgép is kényszerleszállást hajtott végre, ezek pótlására kapták meg a „légi rendőrök” az aszódai gyárban lévő kétüléses Phönix C.I-es mintagépet. [9] [12] [5] [11] A 121.53-as lajstromszámú gyorsfelderítő az osztrák Phönix gyár tulajdonát képezte, a gyártást segítő volt a Lloydnál. Először november 9-én utalták ki az albertfalvai légi posta osztálynak, de valamiért a mátyásföldi vadászok kapták meg, ők azonban addig csak együléses repülőket használtak [9] [13]. Az albertfalvai osztály volt a másik működő repülőalakulat [22] a tervezett 13 repülőosztályból (1918. 11. 12-ei rendelet), ekkor a „légi postások” 7 db 369-es Hansa-Brandenburg C.I típusú felderítőgéppel rendelkeztek. November 16-át követően, már nem rendelkezünk a vadász egységről adatokkal. Valószínűleg tovább folytatták a bevetéseket; tudjuk például, hogy Kecskemét vezetése két repülőgépet kért karhatalmi célokra november 18-án a HM-től. [14] A légi karhatalmi bevetéseken fegyverhasználatra nem került sor. [11]

Télen, a kiképző repüléseket végző alakulat az új szervezeti rendben már I. repülőosztályként, az egyetlen magyar vadászrepülő alakulatként szerepelt. 1919. február 3-án az osztálynak kiutalt repülőik között volt három zsákmányolt német, és hét új Fokker D.VII-es, valamint három D.VI-os. Ezen a napon csak a 93.01-es D.VII-es és a 121.53-as Phönix volt bevethető. [9] [12] Március 13-án az egység hadrafoghatósága javult, a Phönix mellett az új D.VII-esek is bevethetővé váltak. [9] [11]

A Tanácsköztársaság kikiáltásával kitört a nyílt háború. [15] [3]. Utasították a gyárakat a termelés beindí-

tására, és a már kész gépeket átadták az alakulatoknak. Nyár közepére a gyártás úgy felfutott, hogy már a cinkotai szertárban kellett tárolni az új repülőgépeket. [7]

Az új szervezeti egységben a Fokker vadászokat a 8. vörös repülőszázadban vonták össze, míg az 1–7. felderítő (bombázó) repülőszázadokat 1-1 hadosztály mellé osztották be, de némelyiket még néhány Berg vadászgéppel is megerősítették. Budapest körül légi figyelő láncolatot építettek ki, miközben Mátyásföldön egy vadászrepülőgép reggeltől estig, egy másik enyhébb fokozatban állt készenlétben. [9] [14] [5] [16] Amíg a román előretörést a Székely Hadosztály egymaga képtelen volt feltartóztatni [3], az alatt a harci repülőik az új – fehér mezőben vörös csillagos – felségjellel Budapesten tartottak légi bemutatókat [17] a munkásdemonstrációk felett április 23-án és május 1-jén. Az Aviatika újság így tudósított a május 1-jei légi

1. TÁBLÁZAT.
A Phönix C.I harcászati-műszaki adatai
(A szerző szerkesztése [1; 32. o.] alapján)

Harcászati-műszaki jellemzők	Phönix C.I	
Szárnyfeszítávolság (felső) [m]	11	
Szárnyfeszítávolság (alsó) [m]	8,6	
Szárnyfelület [m ²]	29	
Törzshosszúság [m]	7,52	
Magasság [m]	2,95	
Üres tömeg [kg]	820	
Üzemanyag tömege: benzin (150 l + 20 l)-olaj-víz [kg]	215	
Hasznos tömeg [kg]	205	
Max. felszállótömeg [kg]	1240	
Maximális sebesség [km/h]	175	
Csúcsmagasság [m]	5400	
Repülési idő [h]	2:50	
Hatótávolság [km]	260	
Személyzet [fő]	2	
Emelkedés	1000 m	4'30"
	2000 m	10'45"
	3000 m	20'35"
	4000 m	34'50"
	5000 m	55'
Hajtómű	1 db 230 LE-s hathengeres, soros, vízűtéses Hiero 6 motor	
Fegyverzet	2 db 8 mm-es M16 Schwarzlose-géppuska	

¹⁰ A monarchia egyes vidékein „zöld kádernek” nevezett katonaszökevények zöme behívó elől bujdosó volt, bandákba szerveződtek, és a birodalom felbomlásakor gyakran kirabolták a földesúri birtokokat és a zsidó tulajdonú boltokat is.



4. ÁBRA. A Rákosi 3. vörös repülőszázad által alkalmazott repülőgépek: balra a 49.02-es Phönix C.I-es, középen egy Brandenburg C.I-es, jobbra az UFAG C.I-es gyorsfelderítő
(Forrás: Winkler Aero Archiv)

résztevőkről: „Legelőször Horváth szaktárs repült el a Phönix géppel. Ő érkezik meg először Budapest fölé ..., Vérmező fölött berreg Horváth propellere, egy fordulat és már a vörös Milleneumi szoborcsoport fölé kering a gépmadár. Alig hogy egyenesbe jutott, a Margitszigetnél van. Majd a Keleti Pályaudvar vöröscsillagát váltja a Nemzeti Palota, melyet azonnal a Városliget követ... 600-800 m magasból”. [17; 34–35. o.] A közhiedelemmel ellentétben ez a Phönix¹¹ nem a mátyásföldi századhoz tartozott, hanem Rákosról szállt fel Horváth Mihály pilótával és Gara Imre megfigyelővel a felvonulás fényképezésére. [18] Amiatt sorolhatták a Mátyásföldiekhez, mert ők ugyanakkor húztak át a Vérmező felett, egy 7 vadászgépes „A” alakzatban. Albertfalváról és Rákosról később szálltak fel a repülők. Májusban a románokat a Tiszánál megállították, később a cseheket kezdték visszaszorítani. [9] [15] [3].

A 8. vörös harci repülőszázad jelentéseiben feltűnnek kétüléssel repülőre vonatkozó bevetések, de a lajstromszámokat nem dokumentálták. Tudjuk azonban, hogy például a H.08-as jelzésű Fokker C.I-es kétüléssel felbukkant a mátyásföldi repülőtéren [9] [11], a század nem kizárólag csak a 121.53-as Phönixet használhatta. A század, május végén Mezőtárkány leszállóhelyre [19] települt, Háy László parancsnok, Horváth Ágoston pilóta június 4-én követte őket egy kétüléssel repülőgéppel. Aznap még kétszer átrepültek [20] Ongára, majd egyszer vissza [19] Mezőtárkányba. Másnap

HIVATKOZÁSOK

- [1] Varriale, Paolo. Phönix C.I [Windsock Datafile 150], Albatros Productions Ltd., Berkhamsted UK, 2011.
- [2] Forrás: <http://www.airwar.ru/enc/other1/phonixc1.html> (Letöltve: 2021. 12. 10.)
- [3] Magyarország az Első Világháborúban. Lexikon. Budapest, Petit Real Könyvkiadó, 1999.
- [4] Csanádi Norbert, Nagyvárad Sándor, Winkler László. A magyar repülés története. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1977.
- [5] Nagyvárad Sándor, M. Szabó Miklós, Winkler László. Fejezetek a magyar katonai repülés történetéből. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1986.
- [6] Czírók Zoltán. Az UFAG C.I felderítőgép I., Haditechnika, 2012/4. szám, pp. 16–21.
- [7] Czírók Zoltán. „A magyar repülőcsapatok 1918–1919. évi történetéhez”, Hadtörténelmi Közlemények, 122. évf. 3. szám (2009), pp. 603–634.
- [8] https://aszod.hu/wp-site/wp-content/uploads/2017/01/aszodi_tukor_2020_oktober_interaktiv2.pdf (Letöltve: 2021. 11. 11.)
- [9] Czírók Zoltán. „Az első légi háború Magyarország felett – 1919”, Hadtörténelmi Közlemények, 124. évf. 2. szám (2011), pp. 335–364.
- [10] Horváth Lajos. Katonák a Rákos és a Galga mentén 1918–1919-ben. Gödöllő, Művelődési Központ, 1989.
- [11] 100 éves a Mátyásföldi repülőtér. Czigler Klára. (szerk.) Kertvárosi Helytörténeti és Emlékezet Központ, Budapest, 2017.
- [12] Czírók Zoltán. Katonai repülők Mátyásföldön (1918–1919). Magyar Repüléstörténelmi Társaság évkönyve, 2014, pp. 54–70.
- [13] Czírók Zoltán. „Az „E-akció”, avagy kísérlet a magyar katonai aviatika megmentésére – 1920–1921”, Hadtörténelmi Közlemények, 126. évf. 3. szám (2013), pp. 791–801.
- [14] Gellért Tibor. Adalékok a magyar polgári demokratikus forradalom és a Tanácsköztársaság légierejének történetéhez, Hadtörténelmi Közlemények, 1965. 3. szám, pp. 502–523.
- [15] Hajdu Péter. A magyar Fokker D.VII-es vadászrepülőgépek története II. rész, Haditechnika, 2020/4. szám. <https://doi.org/10.23713/HT.54.4.14>
- [16] Vajdáné Csizmarik Irén. A Magyar Tanácsköztársaság légiereje, Hadtörténelmi Közlemények, 1969. 2. szám, pp. 350–387.
- [17] Eperjesi László. A magyar pilóták első érdekvédelmi szervezete 2., Aero História, Budapest, Közlekedési Múzeum, 1989. december, 6. évf.
- [18] Lobogó, 1959 (1. évf.), 4. szám, 1959. 04. 29.
- [19] Czírók Zoltán. Katonai repülők Mezőtárkányon – 1919. A Heves Megyei Levéltár közleményei 19., Eger, 2010, pp. 177–190.
- [20] Czírók Zoltán. „Repülőszázadok Ongán – 1919” 2. rész, Ongai Kékdaru, 2009. december, 11. o. <http://www.okeonga.hu/documents/om/repesz.pdf> (Letöltve: 2020. 02. 12.)
- [21] Néphadsereg, 1968. 11. szám, p. 3.
- [22] Czírók Zoltán. Felderítők Albertfalván (1918–1919). Magyar Repüléstörténelmi Társaság évkönyve, 2012, pp. 17–36.
- [23] Boksay Antal. A felhők katonái. Budapest, Aquila, 2001.

Ongáról [20] felderítést végeztek Sátoraljaújhely és Kassa felett, Klein Béla pilótával és Barkász Emil megfigyelővel. Egy vadászrepülőgép is kísérte őket Udvardy Nándor pilótával. Hogy a repülő kísérletet kapott, inkább a Phönixet valószínűsíti, mert azt tudjuk, hogy a más századnál repült H.02-es jelzésű Fokker C.I-est egyedül repülték, [15] és vadászként is alkalmazták. Június 7-én Háy László százados Engel József politikai biztossal visszarepült Budapestre. Engelt még másnap el is szállították Ongára, [20] majd vissza Budapestre. Mivel a századot a legérzékenyebb frontszakaszokon vetették be, idővel áthelyezték Győrbe, később Vácra, majd

Párkányánára. Július elején Mátyásföldön pihentek, azt követően a tiszai offenzívát Újszászról támogatták, és onnan vonultak vissza a Dunántúlra. [9] Kétüléssel repülőgép alkalmazásáról nem sok információ maradt fenn ebből az időszakból, az egyik ilyen Berényi Sándor visszaemlékezése [21], amelyben említi, hogy Vácra ő szállította Szamuely Tibor népbiztost a fővárosba, majd még aznap visszarepültek. A Phönixet főleg futárszolgálatra és parancsnokok szállítására használták.

(Folytatjuk)

Köszönet ifj. Winkler Lászlónak, hogy hozzájárult a képek publikálásához.

¹¹ Bár magáról a 121.53 számú repülőgépről nem rendelkezünk fényképpel, de az azzal egyidőben készületekről igen (pl. 121.50, -52, -55, -57). Ezeknek a terepszín mintája hasonló volt az Aszódon gyártottakéhoz, annyi különbséggel, hogy a 121-eseknél a motorlemezeket is lemázolták. Hogy a laikusok nem tudtak különbséget tenni az Aszódi Phönixek és a 121.53-as között, vélhetően azt bizonyítja, hogy a festésük hasonló lehetett. (A gyártási különbségeket a cikksorozat következő részében mutatjuk be.)

PAP PÉTER*

A NALAVA GÉPPISZTOLY

ÖSSZEFOGLALÁS: Az 1940-es évek első felében a harcoló Magyar Királyi Honvédség felszerelése, azon belül a gyalogsági lőfegyver ellátottsága több kívánnivalót hagyott maga után. A hazai fegyvergyárak (pl. Fémáru-, Fegyver- és Gépgyár Rt.) és lőfegyverkonstruktőrök (pl. Gebauer Ferenc) nem tudtak lépést tartani a felmerülő igényekkel. A lőfegyver-utánpótlás és -fejlesztés (pl. a 1943 M ismétlőpuska), mellett ebben az időszakban kellett átállítani a nehézfegyvereket peremesről hornyos töltényre (pl. 1907/1931 M Schwarzlose-géppuskát 1943 októbertől havi 150-150 darabos tételben). [16] Ebben a helyzetben a Haditechnikai Intézet minden lehetőséget kihasználva próbált könnyen gyártható konstrukciókat keresni, és új gyártási kapacitást találni (pl. Vadásztölténygyár, Nagytétény). [1]

KULCSSZAVAK: lőfegyvergyártás, géppisztoly, kísérleti lőfegyver, pisztolytöltény, puskaműves

ABSTRACT: In the first half of the 1940s, the equipment of the fighting Royal Hungarian Army – including the infantry firearms supply – left much to be desired. The domestic arms factories (e.g. Fémáru-, Fegyver- és Gépgyár Rt.) and firearms designers (e.g. Ferenc Gebauer) could not keep up with the emerging needs. In addition to the replacement and development of firearms (e.g. 1943 M repeating rifle), it was during this period when heavy weapons had to be converted from rimfire to grooved cartridges (e.g. 1907/1931 M machine gun in batches of 150-150 pieces per month from October 1943). [16] In this situation the Institute of Military Technology tried to look for constructions that are easy to manufacture and to find new production capacities (e.g. Hunting Ammunition Factory Nagytétény). [1]

KEYWORDS: firearms production, sub-machine gun, experimental firearm, pistol cartridge, gunsmith

NALAVA pisztolyok és szerkesztők			
Öntöltő pisztoly		Forgópisztoly	
Szabadalom	Apa	Fiú	Szabadalom
			
HU116818 (1936)	1890–1975	1920–1987	HU129017 (1940)

A NALAVA JELZET

Nagy Lajos (1890–1975) magyar puskaműves, 1890-ben a délvidéki Pácséron született. Nem tudható, hogy a család mikor telepedett le Vácon. Az első dokumentum a Vác város tanács I. fokú iparhatóság 8252/1920. számú véghatározata, amely két évnél hosszabb segédi, szakmába vágó gyakorlat és a megkívánt képesítés alapján Nagy Lajost az iparajstromba bevezette és feljogosítja, hogy a puskaműves ipart Vác város területén önállóan folytathassa. Nagy a lőfegyverrel kapcsolatos tevékenységet 1920 és 1945 között gyakorolta, a fegyver- és lőszerkereskedés mellett 1925-től vas-, majd 1927-től autó- és autófelszerelési, valamint kerékpár- és műszaki cikk kereskedő iparengedéllyel is rendelkezett. 1945-ben, politikai okból a Vác megyei város igazolóbizottsága iparjogosítványának gyakorlásától eltiltotta. A határozatot a Budapesti Népbíróság 1948-ban megváltoztatta, két évre mérsékelte az eltiltást. Ezt követően előbb mezőgazdasági gépek fejlesztésével foglalkozott, később géplakatos kisiparosként tevékenykedett. A váci kisiparos sajtó, valamint fia szabadalma alapján 1936 és 1945 között készítette el a NALAVA (Nagy Lajos Vác) jelzetű öntöltő és forgópisztolyokat. [2] (1. ábra)

A GÉPPISZTOLY

A Hadtörténeli Múzeum fegyvertárában, mint megannyi nagy múltú gyűjteményben a sok neves, becses műtárgy között megbúvik egy-egy

szerény kivitelű, névtelen darab is. A lőfegyver leírókartonja szerint 1948-ban került a gyűjteménybe a fegyverszertárból (14. tüzei fegyverszertár, illetve fegyverbázis, MN 5624, ill. MN 7215 Tápiószecső) román (ORITA) géppisztolyként. Ennek ellentmond a függőcímké felirata: „USA kísérleti géppisztoly” (talán az 1928 M Thomson géppisztoly kompenzátora ihlette a „névadót”). Mivel egyik állítás sem megfelelő, nem szakszerű, szükségessé vált a géppisztoly megfelelő azonosítása.¹

2017-ben, a NALAVA pisztolyokkal kapcsolatos anyaggyűjtés időszakában a maroklófegyverekhez nem kapcsolódó dokumentum is előkerült Vác Város Levéltára iratanyagából. 1944 szeptemberében a város (Vác) értesítette az érintetteket, hogy az üzemáram- (ipari áram) szolgáltatást megszünteti. Nagy Lajos puskaműves 1944. szeptember 23-án a váci polgármesterhez írt levelében (nemzetvédelmi érdekekre is hivatkozva) kérte, hogy üzemében a szolgáltatást a legutolsók között kapcsolják ki. A kérés indokai között felsorolta, hogy: „Fiammal együtt szerkesztettünk a honvédség részére egy új rendszerű géppisztolyt, amely véglegesítésére a Haditechnikai Intézet 1944. augusztus 31-én 5000 darab géppisztolytöltényt utalt ki”. [3]

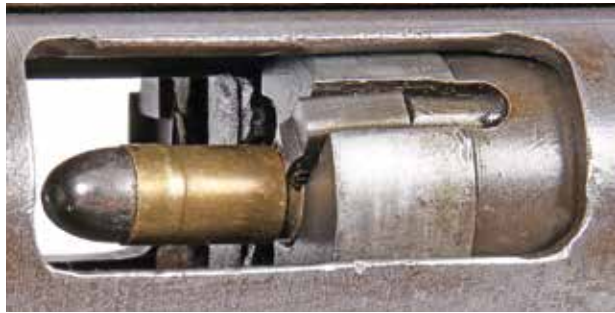
Az akkor még a kutatáshoz nem felhasználható dokumentum, később a névtelen lőfegyver azonosításában kapott döntő szerepet.

A fegyverműves által felvetett géppisztolytöltényt a szakterminológia

1. ÁBRA.
NALAVA pisztolyok és tervezői
(A szerző szerkesztése [17] alapján, a jogtulajdonos engedélyével)

¹ A fegyverből két példány maradt fenn, mindkettő a HM HIM tulajdona, 0009/Pu és 0867/Pu leltári számon.

* Nyugalmozott rendőrfőtanácsos.
ORCID: 0000-0002-9059-1822



2. ÁBRA.
1929 M pisztolytöltény
illeszkedése a géppisztoly
zár peremágyába
(Fotó: Szikits Péter)

nem ismeri, csak a pisztolytöltényt, amellyel a géppisztolyok is üzemelnek, illetve az egységes töltényt, mint több lőfegyverfajtaéhoz használható lőszertípust.

A névtelen géppisztoly (azonosítást célzó) tanulmányozása során az 1945 előtt rendszeresített (oktató) töltények felhasználásakor kiderült, hogy csak az 1929 M pisztolytöltény illeszkedik a töltényűrbe és a zár peremágyába, illetve csőretöltéskor a hüvelyvonó karma átugrik a hüvelyperemen, majd a mögötte lévő körhonyba süllyed, és a zár hátramozgásakor üríti a töltényűrt, és kiveti a tokból az üres töltényhüvelyt. (2. ábra)

Ezek alapján nagy biztonsággal megállapítható, hogy a névtelen, kísérleti géppisztoly Nagy Lajos váci műhelyben, az 1940-es évek első felében készült, és ezért az ott készült pisz-

tolykhoz hasonló előnevet kaphat. A lőfegyver szakszerű megnevezése tehát: NALAVA kísérleti géppisztoly. (3. ábra)

FOGALMI MEGKÖZELÍTÉS

[4] [5] [6] [7] [8] [9]

A géppisztoly bemutatása és jellemzése során az alábbi fogalmakat használjuk:

- **ágyazat:** összefogja az alkatrészeket, lehetővé teszi a kezelhetőséget. Két részből áll: az alsó és felső ágyból. Az első (nagyobb) elem részei az elő-, a középpágy és a tusa;
- **állócsövű:** a cső a tokhoz szilárdan, elmozdulás mentesen rögzített;
- **célgömb:** a mechanikus nyílt irányzék része, amely többnyire a csőtorkolat közelében helyezkedik el. Elnevezése hagyományos, mivel napjainkban csak ritkán készítenek gömb alakúra;
- **csőszájfék:** egyes tüzfegyverek csövének a torkolatára erősített szerkezeti elem, amely a lövésnél mérsékli a hátrasiklási energiát, és segíti a csőtengely stabilizálását (különösen sorozatlövéskor);
- **egységes töltény:** több lőfegyverfajtaéhoz használható lőszertípus. Alkalmazása megkönnyíti, illetve egyszerűsíti a lőszergyártást és a lőszerutánpótlást;

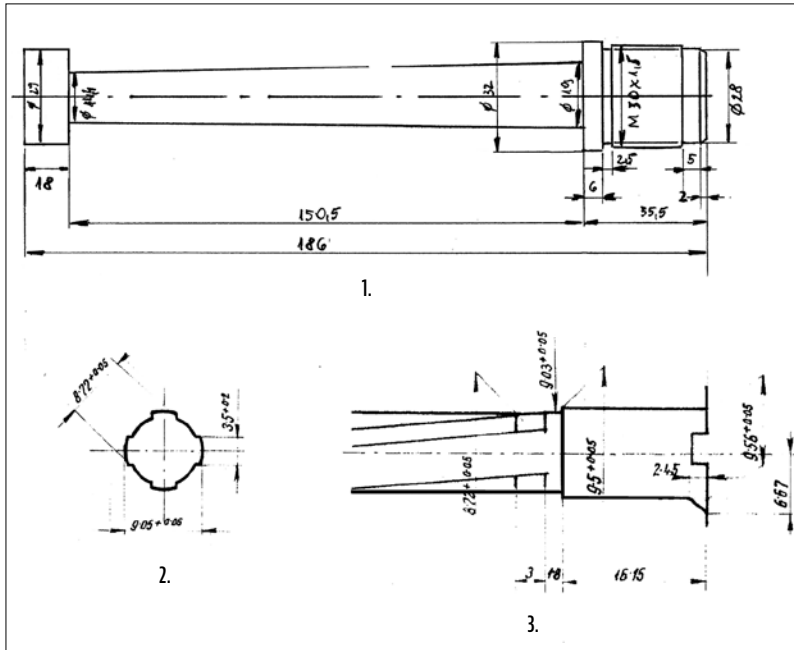
- **elsütőszerkezet:** az ütőszeget működésbe hozó szerkezet. Szabályozza a lőfegyver tüzütemét (pl. egyeslövés) és helyet ad a biztosítónak. Egy mechanikus elsütőszerkezet közvetlen, vagy közvetett típusú. Az első csoportba az ütőszegek, a másodikba a kakasos szerkezetek tartoznak;
- **géppisztoly:** pisztolytöltényt tüzelő egyéni, vegyes tüzütemű lőfegyver. Egyesíti a pisztoly hordozhatóságát és a géppuska sorozatlövő tulajdonosságát. Ürméretük 5,56–11,5 mm, elméleti tűzgyorsaságuk 500–700 lövés/perc, a gyakorlati 20–60 lövés/perc, hatásos lőtávolságuk 100–200 méter;
- **kompenzátor:** latin elemekből származó műszaki kifejezés, jelentése: kiegyenlítő készülék. Lőfegyvereknél a lőfegyvercső végének aszimmetrikus, különböző szöveget bezáró áttöretei, illetve a csőtorkolatra erősített szerkezeti elem mellső végének „kacsacsőr”-szerű kialakítása a csőtorkolatból kilépő lőporgázokat úgy téríti el, hogy azok a csövet lefelé kényszerítik;
- **NALAVA:** magyar polgári gyártású lőfegyverjelzés. A mozaikszó a fegyverműves nevére és a lőfegyverek készítői helyére utal: „NAGY LAJOS VÁC”;
- **nézőke:** a mechanikus, nyílt irányzék eleme. Kis méretű fém lap, amelynek felső éle az irányél, közepén „U”, vagy „V” alakú bevágás, irányzórés található. A nézőkét önállóan, vagy az irányzék részeként alkalmazzák;
- **önműködő:** olyan lőfegyver, amely a lőporgázok energiáját a lövedék mozgatására és önmaga működtetésére is felhasználja, így az egyeslövés külső erőhatás nélkül, önműködően követik egymást;
- **öntöltő:** egyeslövéses leadására alkalmas lőfegyver, amelynél a tűzkiváltás az elsütőbillentyű ismételt elhúzásával történik. A zár hátra mozgatása, a kireteszelés, a hüvelykivevés a lőporgáz energiájának hatására történik, a zár előre mozgatását, a töltést, a reteszelt állapot helyretoló rugó energiája biztosítja;
- **szekrénytár:** a legegyszerűbb szerkezetű tölténytár, amely lehet nyitott, vagy zárt tárajakú, formája alapján egyenes és ívelt megoldású. A tárolható töltények száma kétsz-

NALAVA lőfegyver		
Pisztoly		Kísérleti géppisztoly
Öntöltő	Forgótáras (LR)	Kísérleti géppisztoly

Jobbról	
Balról	
Felülről	
Alulról	

3. ÁBRA.
A NALAVA lőfegyverek
(A szerző szerkesztése
a HTM Modern Lőfegyver
Gyűjtemény [forgótáras
pisztoly: ltsz.: 1974.76.1.,
géppisztoly: ltsz.: 0009/Pu]
tárgyairól Szikits Péter
által készített fotók és
az öntöltő: Alain Daubresse,
a belga „Littlegun”
honlap szerkesztőjének
gyűjteményi képeinek
felhasználásával)

4. ÁBRA.
A NALAVA géppisztoly
nézetei
(A szerző szerkesztése
a HTM, Modern Lőfegyver
Gyűjtemény [ltsz.: 0009/Pu]
tárgyairól Szikits Péter
által készített fotók
felhasználásával)



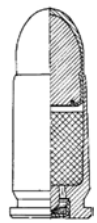
5. ÁBRA. A géppisztolycső jellemző adatai. 1. méretek, 2. csőszelvény, 3. töltényűr [10; II., III.]

Ürméret [mm]	9
Tömeg [kg]	2,97
Hosszúság [mm]	750
Írányzéktávolság [m]	100
Cső hosszúsága csőszájfékkel [mm]	250
Cső hosszúsága csőszájfék nélkül [mm]	186
Huzagolt csőfurat hosszúsága [mm]	171
Zár tömege [g]	606

A töltény teljes hosszúsága [mm]	24,80
Tömege [g]	9,52
A hüvely hosszúsága [mm]	17,0
A löportöltet tömege [g]	0,35–0,4
A lövedék hosszúsága [mm]	11,44
A lövedék tömege [g]	6,05
A lövedék átmérője [mm]	9,0
A lövedék kezdősebessége V_0 [m/s]	263
A lövedék kezdőenergiája V_0 [J]	209

1. TÁBLÁZAT.
A 0009/Pu leltári számú
NALAVA géppisztoly mért
technikai adatai
(A szerző szerkesztése)

2. TÁBLÁZAT.
A NALAVA géppisztoly 1929 M
töltényének technikai adatai
(A szerző szerkesztése
[13; Függelék] [16; 21E20,
21E2001, 21E2002 rajzszámok]
alapján)



1929 M pisztolytöltény

ros kialakítással, illetve duplikálásával növelhető;

- szilárd reteszelésű: a lövés időszakában a cső és a zárszerkezet összekapcsolódik (a zár reteszelő szemölcssei befordulnak a tok reteszelőfészkéibe), gátolva a csőfar nyitását, amíg a lövedék el nem hagyja a csövet;
- tormentaló lőpróba: a löfegyver működése akkor biztonságos, ha használóját rendeltetésszerű használatkor sem a löfegyver, sem a hozzá használható lőszer nem veszélyeztetik, ezért a rendszeresítettnél 30%-kal nagyobb gáznyomást létrehozó csővizsgáló töltény hatását el kell viselnie. A sikeres vizsgálatot próbajel tanúsítja;
- tölténytár: löfegyvertartozék, a töltények adogatására, illetve óvására, tárolására szolgál;
- tömegzár: a lövés időszakában a zár tömege, és a helyretelő rugó ereje zárja a csőfart;
- tűzütem: a lövészfegyverek tüzelési módja. A tüzelésütem lehet: egyes és sorozatlövés;
- tűzváltó: vegyes tüzelésű löfegyverek elsütőszerkezetének része, amely szabályozza a tüzelésütemet;

- tusa: a löfegyverek kezelésének megkönnyítésére, megtámasztására szolgál, illetve elősegíti a biztos célzást;
- vegyes tűzütemű: többféle tüzelési módot biztosító technikai megoldás. Az elsütőszerkezetbe épített tűzváltó előretolásakor öntöltő, hátra húzásakor önműködő üzemmódban működik a löfegyver;
- zárhátrasiklásos: a mozgó alkatrészek működtetésére a löporgázok hátraható energiájának közvetlen hatását használták fel.

A GÉPPISZTOLY HARCÁSZATTECHNIKAI JELLEMZÉSE

A géppisztoly rendeltetése szerint egyéni löfegyver, egyes élő célok (nyílt, álcázott, álló, mozgó és felbukkanó) leküzdésére. (4. ábra)

A fegyver szokatlan karakterisztikájú, újszerű, egyedi elsütőszerkezetű, a rövid középagy miatt nehezen kezelhető géppisztoly. (1. táblázat) Magán hordozza a kísérleti minták ideiglenes jegyeit, a nyers, barnítás nélküli felülete is hangsúlyozza mintapéldány mivoltát. Megmunkálása (pl. a sátorvas kialakítása, a csőfaron a hüvelyvonó kivágása stb.) mellőzi a korábban meg-

szokott löfegyvergyári gyártástechnológia színvonalát, kisipari munkát tükröz. A cső a 9 mm-es 1939 M Király-féle géppisztoly nyers csővének módosításával készülhetett. (5. ábra)

A fegyver csőve az 1939 M Király-féle géppisztoly csővével azonos az ütőközperem (30×1,5 mm-es menettel), és a csőrögzés (biztosítócsavarral) szempontjából.

Számos módosítás található az 1939 M Király géppisztoly nyers csővéhez képest. A töltényűr és a csőfurat az 1929 M pisztolytölténynek megfelelő (2. táblázat), a cső hosszúsága kompenzátorral 250 mm, kompenzátor nélkül 186 mm, míg a huzagolt csőfurat hosszúsága 171 mm. Az ütőközperem körhorony nélküli, és a két szemben lévő oldala a szerelés megkönnyítéséhez lapolt. A csővéget a csőszájfékfoglalványnak megfelelően formázták, a csőszájféket pedig (lehegesztett) átmenő csappal, és visszaperemzés-sel rögzítették.

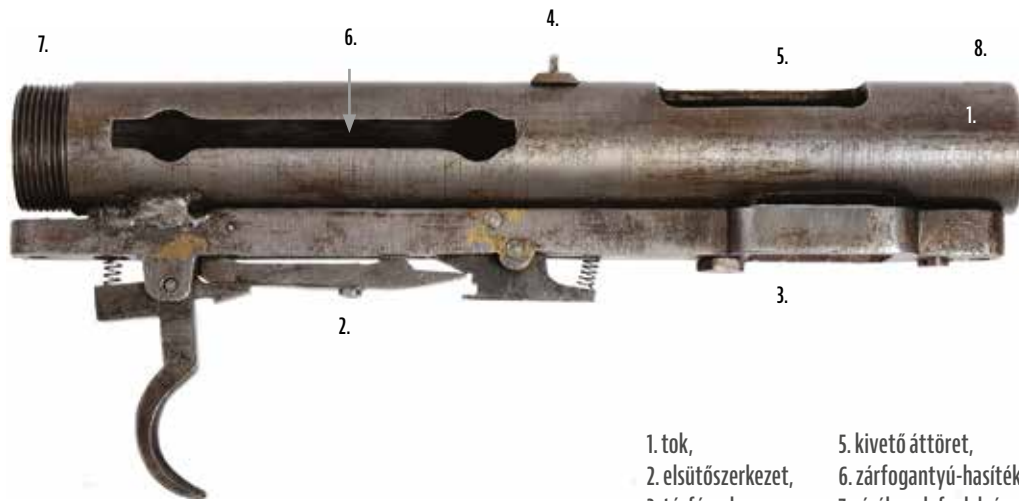
A csőszájfék mai szemmel szükségtelennek tűnik. A kortársak töltényeinek gáznyomása ($CIP^2 P_{max}$) jóval meghaladja az 1929 M pisztolytöltényét (810 bar), például a 7,62×25 mm-es Tokarev pisztolytöltény (2500 bar). A cső-

² Magyarországon az 1973. évi 19. törvényerejű rendelettel hatályba lépett a kézilöfegyverek próbabélyegeinek kölcsönös elismeréséről Brüsszelben, 1969. július 1-jén kötött nemzetközi egyezmény végrehajtási utasításainak kidolgozására, felülvizsgálatára és ellenőrzésére létrehozott Nemzetközi Állandó Bizottság francia nevének (Commission Internationale Permanente) rövidítése. Hazánkban a fegyverek, lövőkészülékek, valamint ezek lőszerének vizsgálatát a 31/2006. (VI. 1.) GKM rendelet szabályozza.



- 1. tok az elsütőszerkezettel, a tárfészekkel, a nézőkével, a kivetővel, a kivető- és zárfogantyú áttőrettel, a cső-, valamint a zárókupak foglalvánnyal,
- 2. cső a csőszájfékkel, a nézőkével, és az ütközőperem a csavarmenettel,
- 3. szerelt zár a zárfogantyú rögzítő retesszel,
- 4. zárfogantyú,
- 5. helyretoló rugó,
- 6. tok zárókupak,
- 7. tusa a mellő- és hátsó szíjkengyellel,
- 8. középpály takarólemez a tárrögzítővel, a tűzváltóval, valamint az elsütőbillentyű és tár áttőrettel,
- 9. tok rögzítőcsavar,
- 10. sátorvas

6. ÁBRA.
A géppisztoly fő részei
(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [ltsz.: 0009/Pu] tárgyáról Szikits Péter által készített fotók felhasználásával)



- 1. tok,
- 2. elsütőszerkezet,
- 3. tárfészek,
- 4. nézőke,
- 5. kivető áttoret,
- 6. zárfogantyú-hasíték,
- 7. zárókupak-foglalvány,
- 8. csőfoglalvány

7. ÁBRA.
A szerelt tok részei
(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [ltsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)

ből kiáramló gáz nyomást gyakorol a csőszájfék mellő falára és a lőfegyvert arra kényszeríti, hogy előre mozduljon, amely csökkenti a hátralökést. Ez alacsony gáznyomásnál veszélyeztetheti a súlyos tömegzár biztonságos hátravetését. A csőtorkolatra oldhatatlanul, (csappal és peremézéssel) rögzített alkatrész később, huzamosabb idejű használat után a kezelőt megoldhatatlan helyzet elé állítja, mert nem tudja megfelelően karbantartani a lőfegyvert.

A lőfegyver biztonságos használatát veszélyeztette, hogy azt a tűz-

késszé tételt követően, illetve ideiglenes, vagy végleges tűzbeszünetetékora nem lehetett biztosítani. A hiba oka gyártástechnológiai jellegű, vagy rövid a tok, vagy hosszú a tokon a zárfogantyú hasíték. A zár hátrasklásakor a zárfogantyú nem ér a tok a hasítékának hátsó végébe, így nem lehet azt 90°-kal elfordítani (biztosítani).

A tusa eredete ismeretlen, vésete (RKM) sem iránymutató. Az RKM lengyel lőfegyverjelzés (Ręczyń karabin maszynowy – kézi géppuska), azonban a lengyel vz. 28 (1928 M) golyószóró ágyazata középpály nélküli kivétel.

A NALAVA géppisztoly tehát állócsövű, zárhátrasklásos, tömegzár, vegyes tűzütemű lőfegyver.

A GÉPPISZTOLY FŐ RÉSZEI, SZERKEZETI ELEMEI

A tok feladata, hogy összetartsa a szerkezeti elemeket, befogadja és vezesse a mozgó alkatrészeket. (7. ábra)

A cső biztosítja a lövedék forgó mozgását, kezdő sebességét és induló irányát, valamint helyet ad a kompenzátornak, a célgömbnek és a tokba rögzítő menetnek. (8. ábra)

A zár feladatrendszerre igen összetett, hiszen tölt, retesszel, elsüt és ürít. (10. ábra)

A zárfogantyú vagy más néven biztosító 90°-os elforgatásával megakadályozható a zár mozgatása, és így valósul meg a lőfegyver biztosítása. (9. ábra)

Az elsütőszerkezet kiváltja a lövést és szabályozza a tűzüzemet (egyes vagy sorozatlövés). (11. ábra)

A kialakított ágyazat biztosítja a NALAVA géppisztoly megfelelő, biztonságos fogását és kezelhetőségét, valamint hátsó megtámasztását, továbbá helyet ad a mellő és hátsó szíjkengyelnek. (12. ábra)

A kísérleti géppisztolyból hiányzik a tölténytár, amelynek típusára, jellemzőire annak hiánya miatt csak következtetni lehet. A tárfészek mérete (22×35 mm) és a korszakban jellemző kialakítás alapján valószínűsíthetően kétsoros, egyenes szekrénytár lehetett.

A GÉPPISZTOLY MŰKÖDÉSE

Amikor az alkatrészek nyugalmi állapotban vannak, akkor a zár a helyretoló rugó hatására mellső helyzetben van, a helyretoló rugó nyugalmi helyzetű, a zár homlokfala a csőfarhoz illeszkedik, a hüvelyvonó a csőfar kivágásában ül, az elsütőbillentyű rugója hatására mellső helyzetben áll, a zártest alja az elsütőrúd kapcsolónyúlványát lenyomva, megszakítja az elsütőrúd és az elsütőemelő kapcsolatát, az elsütőemelőt rugója hátra billenti, nyugasza a zártest hornyába illeszkedik. (14. ábra)

A biztosítás ellenőrzése (a zárfogantyú 90°-os elfordítása rögzíti a zárat mellső helyzetben) vizuálisan történik. (13. ábra)

A FEGYVER TÜZKÉSSZÉ TÉTELÉNEK FÁZISAI

A tárazás során az adogatórugó megfeszül, és a felső töltény a tárajakhoz nyomódik.

A tár felkapcsolása azt jelenti, hogy a tárrögzítő a tárat a tárfészekbe kapcsolja, a zártest a felső töltény közébeiktatásával a töltényszlopot kissé lejjebb süllyeszti a tárba.

Töltés során a zár hátrahúzása közben annak hornya helyet ad az elsütőrúd kapcsolónyúlványának megemelkedéséhez, miközben az elsütőrúd mellső vége az elsütőemelő lépcsős nyugaszának felső síkjába emelkedik. Közben a tár adogatórugója, a felső töltény a zár tölténytolója elé emelkedik, a helyretolórugó előfeszül, a zárat a hátsó holtpontról a helyretoló rugó előre mozditja, miközben a zár



8. ÁBRA.
A szerelt cső részei:
1. cső,
2. csőszájfék,
3. ütközőperem,
4. M30×1,5 metrikus menet,
5. kompenzáló furat,
6. célgömb
(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [Itsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)

előre mozgását a zár elsütővállának és az elsütőemelő nyugaszának kapcsolódása gátolja. A géppisztoly ekkor tüzelésre kész. (15. ábra)

A LÖVÉS KIVÁLTÁSA

A lövést az elsütőbillentyű lövő általi hátrafeszítése váltja ki. Ekkor az elsütőrúd mellső vége az elsütőemelő lépcsős nyugaszát lenyomja, így annak zárakasztó nyugasza a zár elsütőváll alá süllyed. Az előrefutó zár tölténytolója a felső töltényt a töltényürbe továbbítja, a hüvelyvonó karma átugrik a hüvelyperemen, és a mögötte lévő körhoronyba süllyed. A zár tömege és a helyretoló rugó energiája zárja a csőfart. Végül a zár mozgási energiájának közvetítésével a gyúszeg a csappantyúra ütve indítja a töltény gyújtási láncát, bekövetkezik a lövés. A lőporgázok hatására a zár hátrasiklik, a hüvelyvonó segítségével hátrahúzza az üres töltényhüvelyt, amely a hüvelykivetővel ütközve, felfelé, jobbra kirepül a tokból.

AZ EGYESLÖVÉS KIVÁLTÁSA

Az egyeslövés kiváltása a tűzváltó mellső helyzetbe tolásával (az elsütőbillentyű mozgásának korlátozásával) érhető el. Ekkor az első lövés kiváltását követően az elsütőrúd mellső vége az elsütőemelő lépcsős nyugaszának aljába süllyed, az elsütőemelő nyugasza a hátrasikló zártest aljának (hornyába) feszül, a helyretoló rugó a hátsó holtpontról a zárat előreveti. A zár mozgását az elsütőváll és az elsütőemelő nyugaszának kapcsolódása állítja meg. A lövés ismétléséhez az elsütőbil-



9. ÁBRA.
A zárfogantyú részei:
1. zárfogantyú,
2. zármozgatócsap,
3. lapoltnyak/biztosító,
4. rögzítőfészek

(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [Itsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)

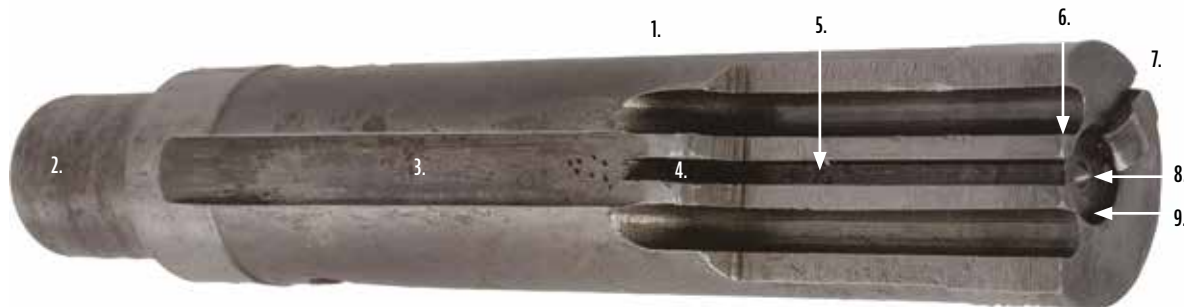
lentyűt előre kell engedni, mire az elsütőrúd mellső vége az elsütőemelő lépcsős nyugaszának felső síkjába emelkedik, a géppisztoly ismét tűzkész. (16. ábra)

A SOROZATLÖVÉS KIVÁLTÁSA

A lövő a tűzváltó hátsó helyzetbe tolásával az elsütőbillentyű mozgásának felszabadítását idézi elő. Az első lövést követően az elsütőrúd kapcsolónyúlványa a tok alsó síkja alá süllyed, az elsütőrúd mellső vége az elsütőemelő lépcsős nyugaszának aljába fordul, majd az elsütőemelő hátsó végét lenyomja, így a nyugasza nem éri el a zár elsütővállát. A lövés folyamata addig ismétlődik, amíg a tárból ki nem fogy a töltény, illetve az elsütőbillentyűt előre nem engedik. (17. ábra)

A GÉPPISZTOLY SZÉT- ÉS ÖSSZESZERELÉSE

A részleges szétszerelés első lépéseként a kezelő biztosítja a lőfegyvert



10. ÁBRA.
A tömegzár részei:
1. zártest,
2. helyretolórugó-vezető,
3. az elsütőrudat és az elsütőemelőt működtető horony,
4. elsütőváll,
5. kivetőhorony,
6. tölténytoló,
7. hüvelyvonó,
8. gyúszeg,
9. peremágy
(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [Itsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)



11. ÁBRA.

Az elsütőszerkezet szerkezeti elemei:

1. elsütőbillentyű a tűzváltó foglalvánnyal,
2. elsütőrúd a kapcsolónyúlvánnyal,
3. elsütőemelő a zárákaszító és a lépcsős nyugasszal,
4. tűzváltó

(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [ltsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)



12. ÁBRA.

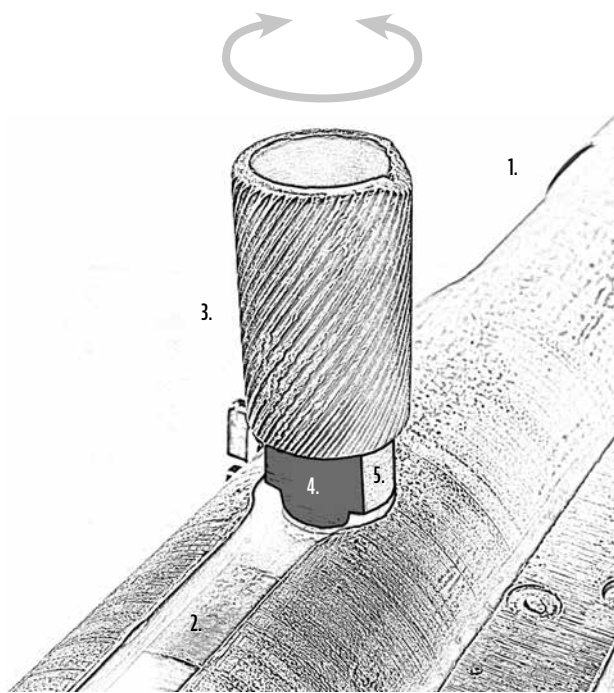
A tusa a középággal:

1. tusa, 2. középággyal

(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [ltsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)

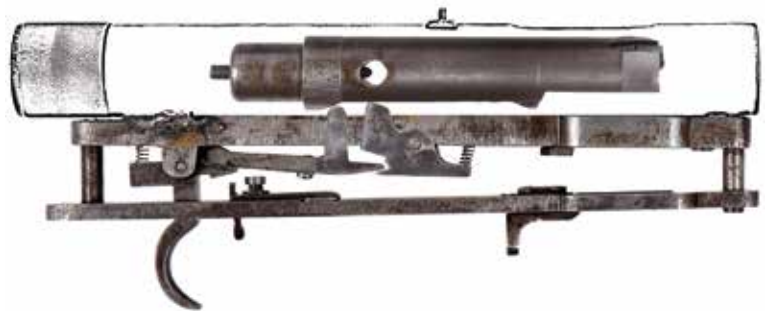
(illetve ellenőrzi annak biztosított állapotát), majd kiveszi a tárat. Töltőfogást végez, ezzel üríti a fegyvert, azt követően ellenőrzi a töltényűr töltetlenségét, majd előreengedi a zárat (az elsütőbillentyű elhúzásával). Ezután lecsavarja a tok zárókupakját (a levétel ellentartással történik). Kiveszi a helyretoló rugót, (az elsütőbillentyű hátra feszítésével) a zármozgatót a tokhasíték hátsó öblébe húzza. Kiveszi a zárfogantyút a zárból, majd kiemeli a zárat a tokból.

A fegyver összeszerelése fordított sorrendben történik. A kezelő a zárat beilleszti a tokba (a zármozgató fészeknek és tokhasítékának egy síkban kell lennie), majd a zárat előretolja (a zármozgató fészek és tokhasíték hátsó öble alá). Beilleszti a zármozgatót, szükség szerint állít a biztosító csavarra. Ezt követi a zárfogantyú (keskenyebb) működő válltengelybe fordítása, a zár mellő helyzetbe mozgatása (az elsütőbillentyű hátrafeszítésével), majd a helyretoló rugó beillesztése, és a tokzárókupak tokfarhoz illesztése ellentartással. A zárókupak felcsavarása után a működés ellenőrzése (mozgás, egyes- és sorozatlövés) és a biztosítás



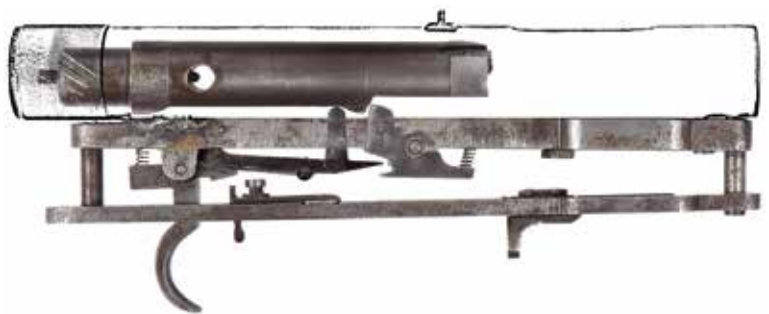
13. ÁBRA. A géppisztoly biztosítása. 1. tok, 2. hosszanti kivágás a zárfogantyú számára, 3. zárfogantyú, 4. zárfogantyú – biztosító váll, 5. zárfogantyú – működő váll

(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [ltsz.: 0009/Pu] Szikits Péter fotója felhasználásával)



14. ÁBRA. Az elsütőszerkezet és az alkatrészek nyugalmi állapotban

(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [ltsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)



15. ÁBRA. A géppisztoly alkatrészeinek helyzete, tűzkészítést követően

(A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [ltsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)

következik. Ekkor a zár mellső helyzetben van, a zárfogantyú biztosító válla a csőtengelyre merőleges.

A TÖLTÉNY ÉS KORTÁRSA

A 9×17 mm-es töltények negyedszázados történetében az 1929 M pisztolytöltény mellett (többek között) megtalálható az 1908 óta napjainkban is széleskörűen felhasznált, 9 mm-es Browning Short (.380 ACP) töltény is. (3. táblázat)

A kisebb eltérések ellenére a Browning Short pisztolytöltény az 1929 M pisztolytöltényhez hasonlóan illeszkedik a töltényürbe és a zár peremágyba, továbbá csőretöltéskor a hüvelyvonó karma átugrik a hüvelyperemen, majd a mögötte lévő körhoronyba süllyed, valamint a zár hátramosztatásakor üríti a töltényűrt és kiveti a tokból az üres töltényhüvelyt. (18. ábra)

Kérdés, hogy a .380 ACP töltény tekintélyes, 60%-os gáznymástöbbletét mennyire, és hogyan viselné el a kísérleti géppisztoly csöve, illetve a nyomásnövekedésből adódó nagyobb hátralökés mennyire terhelné meg a mozgó alkatrészeket (pl. kialakulna-e felverődés)?

ÖSSZEZÉS

A házilagos kivitelű, tömegzáras szerkezeten a szemrevételezés és oktatólőszerrel végzett működési ellenőrzés több konstrukciós hibát (pl. tűzkész állapotban, illetve ideiglenes tűzbeszűntetéskor a géppisztolyt nem lehet biztosítani) tárt fel. Ezek elhárítását követően, ha a kísérleti géppisztoly (idomszerek hiányában) oktatótölténnyel biztonságosan végezné a tüzelés részműveleteit, valamit bármelyik tüzelési módban a tűzbeszűntetést követően biztosítani lehet a lőfegyvert, kezdődhetne a minőségbiztosítás nehéz szakasza. A következő fázis, a terheléses (pl. tormentálás) és lőtéri próbák sorozatának eredményei nem láthatók előre. Mindezeket figyelembe véve, a kísérleti géppisztoly a szemrevételezéskor történt állapotában messze áll attól, hogy tömeggyártásra alkalmas legyen (hiányoznak a tervrajzok, a gyártóberendezések, az idomszerek, nincs kidolgozott gyártástechnológia), így az semmilyen módon nem segíthette volna a „lőfegyveréhség” enyhítését. ■



18. ÁBRA. A Browning Short töltény helyzete a töltényürben (Szikits Péter felvétele a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [Itsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről)

3. TÁBLÁZAT. A 9 mm-es 1929 M és Browning Short pisztolytöltények jellemzőinek összehasonlítása (A szerző szerkesztése [11; 82. o.] [12] [13; Függelék] [14; 21E20, 21E2001, 21E2002] alapján)

9×17 mm-es pisztolytöltény			
Megnevezés		1929 M	Browning
Töltény	hosszúsága [mm]	24,80	25
	tömege [g]	9,50	9,60
	hosszúsága [g]	17,00	17,30
Hüvely	talp átmérője [mm]	9,40 ± 15	9,50
Lőpor tömege [g]		0,35–0,4	0,32
	hosszúsága [mm]	11,44	13,30
Lövedék	tömege [g]	6,05	6,50
	átmérője [mm]	9,00	9,20
	V ₀ [m/s]	263	265
	E ₀ [J]	209	300
Gáznymás [bar]		810	1350



16. ÁBRA. A géppisztoly elsütőszerkezetének és alkatrészeinek helyzete egyeslövéskor (A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [Itsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)



17. ÁBRA. A géppisztoly elsütőszerkezetének és alkatrészeinek helyzete sorozatlövéskor (A szerző szerkesztése a HTM, Modern Lőfegyver Gyűjtemény [Itsz.: 0009/Pu] tárgyának részletéről, Szikits Péter által készített fotó felhasználásával)

HIVATKOZÁSOK

- [1] Magyar Nemzeti Levéltár: 856/1944.
- [2] Pap Péter. Az elveszett apróságok – Eiler és NALAVA pisztolyok. In: Sallay Gergely Pál, Závodi Szilvia. (szerk.) A Hadtörténeti Múzeum Értesítője 21. Budapest, 2023, 217–246. o.
- [3] Vác Város Levéltára: V93-b. 21185/1944.
- [4] A 7,62 mm-es AK–63F (AMM) és az AK–63D (AMMSZ) gépkarabély leírása és kezelési utasítása. MH Fegyverzettechnikai Szolgálat, 1999, 8–9. o.
- [5] Damó László. (főszerk.) Katonai lexikon. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1985, 75., 112., 136., 190., 299., 441., 507., 514., 565., 575. o.
- [6] Nagy István György. (szerk.biz. vez.) Haditechnikai kislexikon. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1976, 182–183. o.
- [7] Szabó József. (főszerk.) Hadtudományi lexikon. Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1995, 834–839., 1038–1040. o.
- [8] Török Attila. Lőfegyver és löelméleti alapismeret. BM Könyvkiadó, 1987, 47–48., 84. o.
- [9] 36/2006. GKM rendelet: 9. § (1) b), 15. § (2), 17. § (1), 18. § (1) c), 21. § (9), 19. számú melléklet 1.1.
- [10] Gyalogsági fegyverzet I., II., III. Haditechnikai Intézet (évszám nélkül).
- [11] Wollnert, G., Lidschun, R., Kopenhagen, W. Schützenwaffen Heute (1945–1985) I. Brandenburgisches Verlaghaus, Berlin, 1988, 82. o.
- [12] CIP: .380 Browning Short töltény adatlap.
- [13] 29 M ismétlőpisztoly, HM Budapest, 1942.
- [14] Hadtörténeti Levéltár (HL): HM 1937 Elnöki III. osztály 4403.
- [15] HL: 12591eln.3/a-19434.
- [16] HL: HM 1937 Elnöki III. osztály 4403.
- [17] Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala, Elektronikus kutatás: HU116818, HU129017.



STUDIES

- Mathematical modelling of human operators' activities, *Part 2* 2
- History of the development of the 'Gepárd' large-calibre rifle, *Part 6* 8
- Armoured Recovery Vehicles, *Part 1* 14

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

- Shahed-131 and 136 kamikaze drones in Russia-Ukraine war 20
- Arctic warfare, *Part 1* 24
- Could Ukrainian Air Force has shot down the Russian Kinzhal missile? 32

SPACE ACTIVITIES

- Space engineering training in the Hungarian tertiary education 38
- Discovering the dark universe with Euclid space telescope 42

DOMESTIC SURVEY

- 3D metal printing as a promising future technology of car engine manufacturing 50
- Drone detection developments 55
- The library is sixty years old – *The service of flying specialist training and aviation science* 60

MILTECH HISTORY

- History of the Hungarian Phönix C.I airplanes, *Part 1* 64
- The Navala submachine-gun 69

STUDIEN

- Mathematische Modellierung der Aktivität menschlicher Bediener 2
- Die Entwicklungsgeschichte der Großkalibergewehre von Gepárd, *Teil VI.* 8
- Bergepanzer, *Teil I.* 14

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

- Shahed-131 und 136 „Kamikaze“-Drohnen Im Russisch-Ukrainischen Krieg 20
- Arktische Kriegsführung, *Teil I.* 24
- Könnte die Ukrainische Luftwaffe die russische Kinzhal-Rakete abgeschossen haben? 32

RAUMFAHRTTECHNIK

- Raumfahrttechnik-Ausbildung in inländischer Hochschulbildung 38
- Erforschung des Dunklen Universums mit dem Euclid-Weltraumteleskop 42

HEIMATSCHAU

- 3D-Metalldruck als vielversprechende Zukunftstechnologie für die Produktion von Fahrzeugmotoren 50
- Entwicklung der Drohnenerkennung 55
- Die Fachbibliothek ist sechzig Jahre alt – *Sechzig Jahre im Dienste der Pilotenausbildung und Luftfahrtwissenschaft* 60

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

- Die Geschichte des ungarischen Flugzeugs Phönix C.I, *Teil I.* 64
- Die Maschinenpistole NALAVA 69

TABLE OF CONTENTS

INHALTVERZEICHNIS

A címlapképünkön: Az első magyar felségjelzésű Leopard 2A7HU 2023. december 5-én megérkezett Magyarországra. A világ egyik legkorszerűbb harcokcsija – amely típusból a Magyar Honvédség 44 darabot vásárolt – a tatabi Klapka György 1. Páncélosdandárnál állt szolgálatba (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Horváth Sztaniszláv)

Borító 2: A Magyar Honvédség „Adaptive Hussars 23” elnevezéssel, a NATO-erők részvételével többnemzeti országos hadgyakorlat keretében tesztelte az ország védelmi képességeit. 2023 novemberében az aktív és tartalékos állomány, az ország több pontján több mint 200 különféle haditechnikai eszközzel hajtott végre katonai műveleteket. Felvételeink a harcokcsapatok, a légiészantegységek, a szárazföldi lövészcsoportok

és a hátrasiklás nélküli gránátvető bevetése közben készültek (Fotók: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Rácz Tünde, Fűzes Judit, Kertész László, Szakál Szabald, MH Bocskai István II. Páncéloszott Hajdúdandár / Somogyi András főtörzsőrmester)

Borító 3: A Magyar Honvédség Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett, magyar felségjelű Wisent 2HU többrendeltetésű harc támogató/harci kiszolgáló eszköz és Leopard 2A7HU harcokcsija (Fotók: HM Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Szakál Szabald, grafika: Tamás László)

Poszter: Leopard 2 ARV3HU (Bergepanzer 3 Büffel) mentő-vontató lánctalpas harcjármű (Fotó: MH Kinizsi Pál 30. Páncéloszott Gyalogdandár) (A típus főbb harcászati-műszaki adatait tartalmazó táblázatot a 63. oldalon közöljük.)

TISZTELT OLVASÓINK!



Szerkesztőségünk 2024-től bevezeti az ún. CC-BY (Creative Commons Attribution License) licenc alkalmazását. A publikációk lábjegyzetében feltüntetett logó azt jelenti, hogy megengedett a cikk további felhasználása, terjesztése azzal a feltétellel, hogy az újonnan létrejövő mű szerzője feltünteti az eredeti szerző(k) és a szerzői jogtu-

lajdonos(ok) nevét, valamint a tudományosság- korlatnak megfelelően hivatkozik a Haditechnika folyóiratban megjelent eredeti publikációra. A szövegek átvétele kizárólag a nem kereskedelmi célú felhasználás esetén engedélyezett; feltétel továbbá, a létrejövő új műnek is szabad felhasználásnak kell lennie. *A szerkesztőség*



KEDVENC LAPJAIT – KÖZTÜK A HADITECHNIKÁT – A LAPTAPÍR SZOLGÁLTATÁSÁVAL OLVASSA ONLINE ASZTALI VAGY TÁBLAGÉPEN, ILLETVE OKOSTELEFONON. BÁRHOL, BÁRMIKOR ELÉRI: LAPTAPIR.HU



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 nevével lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző ORCID-azonosítóját (www.orcid.org oldalon kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését angol és magyar nyelven (illetve tudományos fokozatát – ha ilyenrel rendelkezik). A kéziratot csak a felhasznált 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 felhasznált irodalom jegyzékében, amelyre a szerző a törzsszövegben nem hivatkozik. A szerzői jogra (copyright) vonatkozó jogok és kötelezettségek, továbbá a tiszteltdíj a kiadói szerződésben kerülnek szabályozásra.

A cikkeket a haditechnika@hmrzinyi.hu e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkei a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámai elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

ELŐFIZETÉS

Éves előfizetési díj: 5940 Ft
Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, 1089 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu, faxon: 303-3440;

Stúdió könyvesbolt 1138 Bp., Népfürdő u. 15/D
Telefon/fax: 359-1964, 359-6461;
HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Ügyfélszolgálat – Könyv- és térképbolt
1024 Budapest, Fillér u. 14.

Levél cím: 1276 Budapest 22, Pf. 85
Telefon: +36 30-388-4034

E-mail: ugyfelszolgalat@hmrzinyi.hu
A folyóirat 2005-2015 közötti példányai elérhetők:

<https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT>

A HADITECHNIKA MEGVÁSÁROLHATÓ

Líra Könyvruház, Récsi 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
1024 Bp., Fillér u. 14.

Nyitvatartás: H-P 9.00-16.30
ugyfelszolgalat@hmrzinyi.hu





HONVÉDELMI
MINISZTERIUM



ÉS TE KÉSZEN ÁLLSZ?



WWW.IRANYASEREG.HU

