

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

HADITECHNIKA

2019/2

LIII. évfolyam 2. szám

Ára 520 Ft





A HONVÉDELMI MINISZTERIUM MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS ÉS ISMERETTERJESZTŐ FOLYÓIRATA

2019/2. szám.
LIII. évfolyam

A szerkesztőbizottság elnöke:

Dr. Porkoláb Imre ezredes
(Kormánybiztosi Hivatal)

Elnökhelyettes:

Baráth István ddtbk.
c. egyetemi docens (MH HFKP pk.)

A szerkesztőbizottság tagjai:

Amaczi Viktor ny. al. (HT)

Dr. Balajti István (NATO)
Benkő Imre (HM Currus Zrt.)
Dr. Both Előd csillagász, a MANT elnöke
Dr. Gáspár Tibor ny. vör. (MKLE)
Gecse János ezds. (MH LK)
Dr. Germuska Pál (MNL)
Dr. habil. Gyarmati József alez. (NKE)
Dr. Gyulai Gábor ny. ezds. (NKE KMDI)
Prof. Dr. Ványa László ezds. (NKE KMDI)
Prof. Dr. Haig Zsolt ezds. (NKE)
Prof. Dr. Halász László ezds. (NKE)
Dr. Hegedűs Ernő őrnagy (NKE, TÚK)
Kaposvári László Zoltán ddtbk. (MHP LGCSF)
Prof. Dr. Kende György ny. ezds. (NKE)
Prof. Dr. Kiss Péter (SZIE)
Dr. Koller József ddtbk. (MH 86. SZHB bpk.)
Prof. Dr. Kovács László ezds. (MHP HSZ KIB)
Dr. Kovács Vilmos ezds. (HM HIM pk.)
Könczöl Ferenc ezds. (MH 12. ALRE pk.)
Kugler György vez. (HM ArmCom KT Zrt.)
Dr. Németh András őrgy. (NKE)
Prof. Dr. Padányi József vör. (NKE tud. rektor)
Prof. Dr. Pokorádi László (NKE, ÓE)
Dr. Rohács József (BME)
Dr. Ruszin Romulusz ddtbk. (HM Miniszteri Titkárság)
Sárhidai Gyula okl. ny. tanácsos (HT)
Simon Attila ezds. (MH MI)
Prof. Dr. Solymosi József ezds. (NKE)
Szabó Miklós ny. alez. (HT)
Torma János vez. (Rába JGYK Kft.)
Prof. Dr. Turcsányi Károly ny. ezds. (NKE)
Varga József

Felelős szerkesztő:

Dr. Hajdú Ferenc
ezredes (MH MI, NKE)

Szerkesztő:

Dürr János Béla MSc (MH MI, TÚK)

Szerkesztő asszisztens

(DOI adminisztrátor):

Szivák Petra

Rózsáné Drahos Gabriella

A szerkesztőség postacíme:

Budapest, 1885 Pf.: 25.

Telefon: 398-4586

haditechnika@hm.gov.hu

Kiadja

a Honvédelmi Minisztérium

Zrínyi Térképészeti

és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú

Nonprofit Kft.

Székhely: 1087 Budapest,

Kerepesi út 29/B

Telephely: 1024 Budapest,

Szilágyi Erzsébet fasor 7-9.

Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85

Telefon: 336-2030, Fax: 336-2035

FÓKUSZBAN

Balajti István: Új kihívások a
hazai légtérelőzrészben

2



Vincze Gyula: A Bundeswehr
különleges műveleti erőinek
új standard gépkarabélyá,
a HK416A7-es

27



Szalai Sándor: A Szaturnusz
kutató Cassini-Huygens
űrszondapáros

37



Schmidt László: A szovjet
GAZ AA tehergépkocsi

58



TANULMÁNYOK

Dr. Molnár András: Gammadózis
teljesítmény-eloszlási térkép
készítése kis méretű drón
alkalmazásával

8

Ocskay István – Végvári Zsolt:
A hidrogén üzemanyagcellák
katonai célú felhasználásának
lehetőségei

14

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Kelecsényi István: Az amerikai
légierő T-X szuperszonikus
kiképző repülőgép programja

20

Ott István Dániel: Argentín
tengeralattjárók az Atlanti-
óceánon I. rész

31

ŰRTECHNIKA

Végvári Zsolt: Kilopower –
villamos erőmű a Marson
I. rész

43

HAZAI TÜKÖR

Vozsech István: 40x46 LV
gránát rakéta-póthajtással
– egy meg nem valósult
fejlesztés II. rész

47

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Koncz Imre: Szentnémedy
(Willwerth) Ferenc
vezérkari ezredes élete
és katonai pályafutása
II. rész

52

Németh Károly: A német LK II
és a svéd Strv m/21 típusú
harckocsik, valamint magyar
vonatkozásai I. rész

62

Somkutas Róbert: A Magyar
Királyi Honvédség páncélozott
eszközökkel felszerelt felderítő
csapatai a Barbarossa
hadművelet során I. rész

68

Bäumler Ede (1941–2019)
nekrológ

75

Olvasószerkesztő: Rojko Annamária ■ Nyomdai előkészítés: PGL Grafika Bt.

Nyomtatás: HM Zrínyi Nonprofit Kft. ■ Felelős vezető: Benkő Zoltán ügyvezető

A Haditechnika kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

Azonos tartalmú online kiadváltozatának hozzáférése:

http://www.honvedelem.hu/haditechnika_magazin/ és <http://www.dimag.hu/magazin/Haditechnika/>.

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

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

Balajti István*

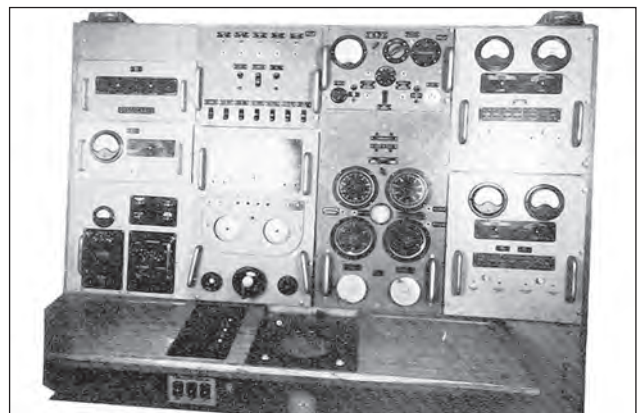
Új kihívások a hazai légtérellenőrzésben

Rendszerintegrálási alapok, passzív rádiólokáció

BEVEZETÉS – TÖRTÉNELMI ELŐZMÉNYEK

Ismert tény, hogy hazánk a második világháború alatt képes volt a kor műszaki színvonalát (néhány paraméter tekintetében) meghaladó radarokat kifejleszteni és rendszeresíteni. Ez csak azért volt lehetséges, mert a magyar politikai-katonai vezetés felismerte a magyar rádióelektronikai iparban, a műszaki tudományok területén jelen lévő lehetőségeket, és elkötelezett szakembereket talált a feladat megoldására.[1]

A világháború súlyos károkat okozott a hazai rádiólokátor-fejlesztések területén is. Az összes katonai lokátor megsemmisült. A gyártóberendezéseket a szovjetek háborús jóvátétel címén lefoglalták és elszállították. Mindezek ellenére, az amerikai SCR-386-os radar alapján a fejlesztések újraindultak. A magyar fejlesztők az előző lokátor-fejlesztések tudásanyagát és tapasztalatait felhasználva, valamint a hazai lehetőségekre támaszkodva jelentősen továbbfejlesztették az eredetit és eltértek a szovjet másolattól is. Az új tűzvezető lokátornak a Légvédelmi Rádió Bemérő 1 (a továbbiakban LRB T-1-es) nevet adták. (1. ábra) Egy összehasonlító lövészetben, amelyen a szovjet változat tömege duplája volt a magyar lokátornak, a magyar LRB T-1-es kétszer nagyobb távolságban volt képes folyamatosan követni a céltárgyakat. Ennek ellenére – politikai nyomásra –, szovjet licenc alapján a SZON-4-es és -9-es lokátorok gyártása folyt egészen 1956-ig. A hazai rádiólokátor-fejlesztések a rendszerváltást megelőző ideig megszűntek.[2] Az újrakezdéshez e cikk szerzője is hozzájárult, és talán ezzel a tanulmánnyal is növelhetővé válik a légtér szuverenitásáért felelős rádiólokátor-rendszerek hatékonysága a hadrafoghatóság és költség-hatékonyság területein.



1. ábra. Az LRB rádiólokátor és vezérlőpultja [1]

ÖSSZEFOGLALÁS: A XXI. század korszerű légtérellenőrző rendszerei passzív rádiólokációval kiegészülve üzemelnek, amelyek műszaki sajátosságai és az elvárható performancia-jellemzők megváltoztatják, illetve kiterjesztik a hagyományos radarrendszerek lehetőségeit. A haderőfejlesztési program, amely Zrínyi 2026 néven ismert, lehetőséget teremt a légtérellenőrzés és a légvédelem korszerűsítésére. A fő kihívás az, hogy ezt a lehetőséget hogyan lehet a kor műszaki színvonalán, időt állóan és költséghatékonyan végrehajtani. A cikk összefoglalja a légtérellenőrzéssel kapcsolatos új kihívásokat, a napjainkban korszerűnek tartott radarok legfontosabb harcászati-műszaki követelményeit, rámutat a beszerzés és a rendszerben tartás sajátosságainak fontosabb elemeire, a hazai lehetőségek kiaknázásának előnyeire és kihívásaira. A szerzőnek a Haditechnika következő számában megjelenő cikke a hatékony rendszerintegrálás elvárásait vizsgálja a légtérellenőrzés alsó szintjein. Elemzi és bemutatja a hatékony passzív radarrendszer műszaki jellemzőit.

KULCSSZAVAK: rádiólokátor, passzív radar, RF hálózat központi radarrendszer, aktív zavarvédelem – ECCM

ABSTRACT: The modern air surveillance systems of the XXI century are complemented by passive radars and its technical characteristics. The expected performance will change and extend the possibilities of traditional radar systems. The Military Force Development Programme, which is known as Zrínyi 2026, provides an opportunity to modernize air surveillance, control and air defense systems. The main challenge is to implement this opportunity timely and cost-effectively to the technical standard. The first part of the article summarizes the new challenges of air surveillance and control, as well as the most important military operational-technical (Statement of Work) requirements of the radars which is considered to be relevant nowadays. It also highlights the main elements of procurement and maintenance, the benefits and challenges of exploiting domestic opportunities. The sequel examines the expectations of an effective system integration at the lower level of air surveillance and control. It analyzes and demonstrates the technical characteristics of an efficient passive radar system.

KEY WORDS: radar, passive radar, RF network centric radar systems, Electronic Counter-Countermeasures – ECCM

* Vezető mérnök, Hírközlési, Légi és Rakétavédelmi Program Mérnöki Támogató Osztály; NATO Beszerzési Ügynökség ORCID: 0000-0003-3566-2904

A légtér-szuverenitás-fejlesztésekkel kapcsolatos kihívások felértékelik az új típusú, valós időben megbízható információkat szolgáltatató új módszerek ismeretét. [3] Ezt a célt is szolgálja az IRS 2018 Nemzetközi Radar Szimpózium (Bonn, Németország, 2018. június 20–22.), és a Katonai Radar 2018 (London, Nagy-Britannia, 2018. augusztus 28–30.) rendezvényeken elhangzott előadások szelektív értékelése. [4, 5] A lehetőségek alkalmazhatóságának harciaszati-műszaki és gazdasági vonzatainak figyelembevétele a projektek sikeres menedzselése szempontjából elengedhetetlen. Pl. a platform alapú radarrendszerek, RF (rádiófrekvenciás) központi hálózat rendszerekké alakulnak, amelyben a passzív radarok alapvető szerelemek.

PASSZÍV RADAROKAT INTEGRÁLÓ LÉGTÉRELLENŐRZŐ RENDSZER

A kutatott téma szempontjából kiemelt jelentősége van annak a ténynek, hogy gyakorlatban kipróbált és bevált módszereket és eszközöket reklámoznak a fejlesztő, gyártó és forgalmazó cégek, betekintést engedve számos olyan fejlesztési irányba, amelyek néhány éve még csak a közeljövő kihívásai voltak, de napjainkra már sürgető és központi elvárásá váltak. Pl. polgári drónok detektálása, követése és azonosítása különböző típusú aktív zavarviszonyok között. A hatékony rendszerintegrálás elvárásainak megfogalmazásához ismernünk és osztályoznunk kell lehetőségeinket, amelyek a radarmérések szabadságfokának kiterjesztésére kell, hogy irányuljanak.

A gyakorlatban bizonyított eredmények és számítások segítségével jól szemléltethető az egyesített passzív és a hagyományos rádiólokátorok/radarcsoportok performanciája. A szakszerű vizsgálathoz a radaregylet egy olyan formáját alkalmazom, amely nem a maximális hatótávolság elérésének lehetőségeit vizsgálja, mint a múltban oly gyakran, hanem a céltárgyak detektálhatóságának körülményeire és lehetőségeire koncentrál. A módszer előnye az általános alkalmazhatóság, az egyszerű feladatorientált megközelítés és áttekinthetőség, párosulva a megvalósíthatóság fizikai korlátainak, pl. a céltárgy-jellemzők, az adási és vételi antenna iránykarakterisztikák átfedési elvárásai, vagy a napjainkban még a nagy radargyártó cégek belső információiként kezelt korrelációs együttható jelentőségének kimutatásával.

$$D_0 = \frac{S_R(t)}{N_R} = \frac{P_{at} G_{Tr} F_{Tr}^2}{(4\pi) L_{Tr}} + \frac{\sigma(\theta) F_p^2}{(4\pi)} + \frac{\lambda_0^2 G_R F_R^2}{(4\pi) k_B T_s B_n L_R R^4}$$

Az interneten részletesen bemutatott radaregyletnek ebben a formájában (az egyenlet bal oldalán a céltárgy *detektálási tényezője*, (maximalizált jel-zaj + zavar viszony – Signal Noise Interference Ratio [SNIR]) áll, míg a jobb oldal három nagy csoportot foglal magába. Ezek az *adórendszerhez*, a *céltárgyhoz* és a *vevőrendszerhez* kapcsolható tényezők. A radaregylet fő paraméterei a radar üzemeltetési környezete által behatárolt, amelyeket az *adatgyűjtés módja*, az *adatfeldolgozás minősége* és a *települési architektúra* jellemez. Több radar széles spektrumtartományban és frekvenciasávban VHF, UHF, L, S és C, vett jeleinek párhuzamos feldolgozása hatékonyan a MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output – több csatornás be- és kimenő) jelfeldolgozás elvárásaival oldható meg.

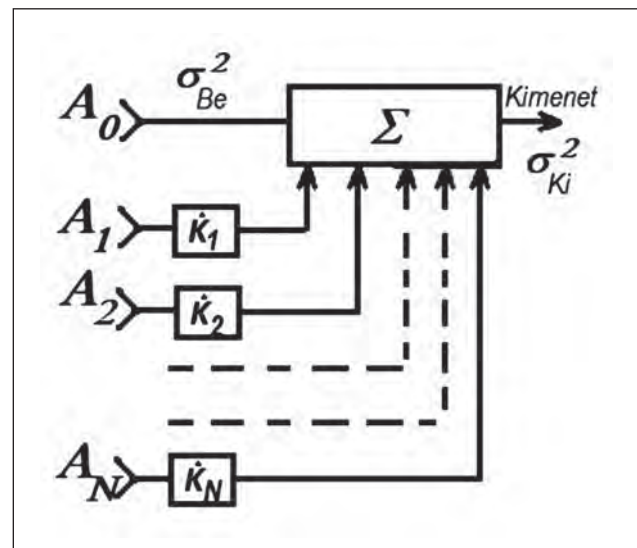
Az adatgyűjtés módja szerint megkülönböztetünk: a céltárgy saját elektromágneses kisugárzását kihasználó (pl. Secondary surveillance radar – a továbbiakban SSR) külső adó által megvilágított primer (Primary surveillance radar – a továbbiakban PSR); és újabban a céltárgy környezetének változását detektáló, érzékelő radarrendszereket.

A céltárgy saját kisugárzott elektromágneses jeleit mérő rendszerek kiemelt jelentőséggel rendelkeznek, mivel a hullámterjedés vesztesége „csak” négyzetes a rádiólokációban megszokott (két utas) veszteségekhez képest. Ezen az elven működnek a cseh ERA cég által forgalmazott passzív radarok, amelyek mérik és elemzik a repülőeszközök fedélzeti radar, saját-idegen felismerőberendezésének (SSR/IFF – Identification Friend or Foe) jeleit és a kommunikációs adójeleket. Ezáltal a repülőeszköz fedélzeti elektronikai berendezéseinek műszaki jellemzői kiegészítő információt szolgáltatnak a céltárgy típusára vonatkozóan. Ezt használja ki a régi/új passzív rádiólokáció (PR), amely a vételi pontok környezetében az elektromágneses spektrumtartományban mérhető rádióhullámok paramétereit méri a céltárgyak detektálására, útvonalba fogására és azonosítására. Magyar nyelven jó összefoglaló cikk található a már működő rendszerekről. [12]

A második osztályozási szempont az adatfúzió minősége szerinti megkülönböztetés, amely lehet térben koherens, térben rövid ideig koherens (CPI – Coherent Pulse Interval) és nem koherens jelfeldolgozás. A koherens jelfeldolgozás maximalizált jelfeldolgozási nyereséget ígér egy adott korrelációs időn belül. A szerző szerint az ilyen, nagyon nagy jelátviteli teljesítményt igénylő valós idejű számítógépes rendszereket nevezhetjük „RF hálózatközpontú” radarrendszereknek, szemben a napjainkban használt plot/útvonal jelentéseket integráló, kis adatátviteli kapacitásokat igénylő számítógép hálózatokkal.

A harmadik osztály a települési architektúra jelentőségét ismeri el. A kis bázisonallal rendelkező radarrendszerek települhetnek azonos helyen, vagy egymáshoz viszonylag közel elhelyezve Gaussi monostatikus konfigurációval. Az ilyen rendszer előnye, hogy magas az elérhető korrelációs tényező, megduplázható az antennanyereség, jelentősen növelhető a mérési pontosság és kiemelkedően jó elektronikai védelem (Electronic Counter Counter Measures – ECCM vagy Electronic Protective Measures – EPM) alakítható ki. Nagy bázisonallal telepítik a multistatikus rendszereket, hogy tovább növeljék a mérések szabadságfokát, de ennek ára a rendszerkorreláció értékének csökkenése. Ez jelentős mértékben abból fakad, hogy a légtér-ellenőrzési tereket, egymást többszörösen átfedő vevő- és adóantenna iránykarakterisztikák kialakítása és a közös jel

2. ábra. A légtér-ellenőrzési terek koherens jelintegrálásának elve



előállítás/feldolgozás komplexitása a távolságok növekedésével gyorsan nő. Ez a hátrány jelentősen csökkenthető a passzív rádiólokációs rendszerek légtérelenőrzésbe való integrálásával. A 2. ábra az RF hálózatközpontú radarrendszer antennáin vett jelek összehajtogatási elvét szemlélteti.

Az RF hálózatközpontú rendszer kimenő teljesítménye σ_{ki}^2 , a rendszert alkotó N számú rádiólokátor-antenna iránykarakterisztikát integráló rendszer M számú egymást átfedő iránykarakterisztika által vett jelek teljesítményének összege σ_{be}^2 . Felírható:

$$\dot{F}_s(\theta_j) = \dot{F}_0(\theta_j) + \sum_{i=1}^N \dot{K}_i \dot{F}_i(\theta_j) \quad (1)$$

Ahol: $\dot{F}_0(\theta_j)$ – A referens/bázis radarantenna performanciája, komplex függvény;

$\dot{F}_i(\theta_j)$ – Az „i” radarantenna performanciája a „j” mérési irányokban, $j = 1...M$, komplex függvény;

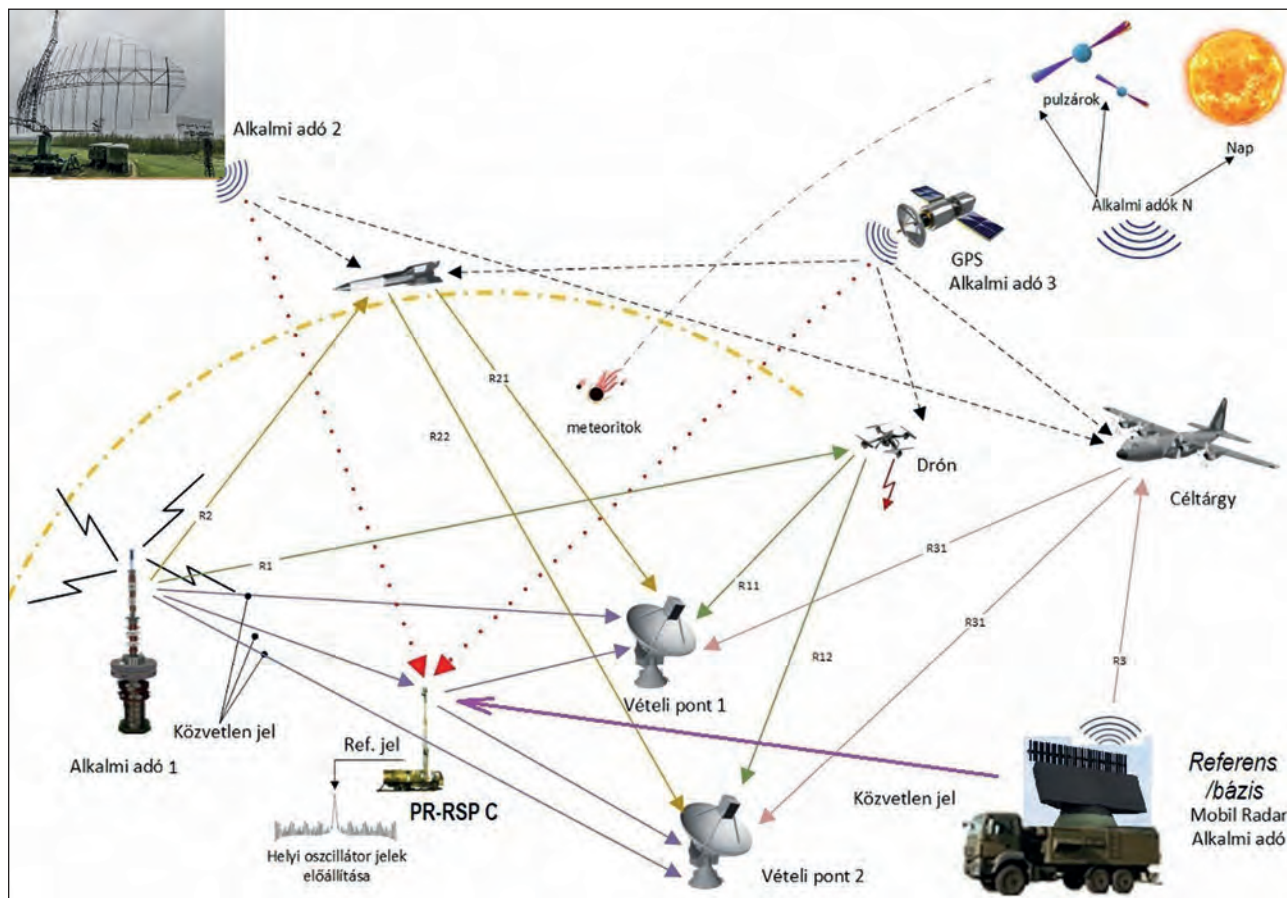
$\dot{K}_i$ – Az „i” radar átviteli függvény komplex korrelációs tényező, a referens/bázis radaranténához viszonyítva.

Látható, hogy a referens/bázis radarantenna performanciája, települési helye és adatfúzió módja alapvetően meghatározzák az egész radarrendszer hatékonyságát. A mérési eredmények pontossága, az elérhető SNIR, végső soron a jelfeldolgozás algoritmusai és a rendszerkalibrálás korrelációs együtthatóját meghatározó lehetőségek függvénye. Ezért erre a feladatra célszerű a legkorszerűbb radarok közül választani, amelyek pl. az AN/TPY-X, Smart-L, GM403-as vagy a Giraffe 8A.

A 3. ábra egy elképzelést ábrázol a XXI. század passzív és aktív radarokat integráló „RF hálózatközpontú” légtérelenőrző rendszeréről. A nagyteljesítményű TV-adó (Alkalmi adó 1) folyamatosan minden irányban sugároz, míg a PR mérőpontok (Vételi pont 1 és Vételi pont 2) a veszélyeztetett irányokból folyamatosan veszik a visszavert jeleket. A vételi ponton ismerni kell az adójel paramétereit (teljesítmény, adójel moduláció, sáv szélesség), amelyek meghatározzák a távolságfelbontást, a távolságmérés bizonytalanságát és az adóantenna által lefedett terület hullámterjedés viszonyait is. A passzív radar-referenciajel előállító központ, (3. ábrán PR RSP C – Passive Radar Reference Signal Processing Centre) egyszerűbb működés esetén csak a műsorszóró adók jelére, többcsatornás rendszer esetén minden további alkalmi adóra, így a légtérelenőrző radarokra vonatkozóan is kidolgozza a „ref. jel” csatornán érkező szinkronizáló és a koherens jelfeldolgozáshoz szükséges helyi oszcillátor-jeleket. Mobil rendszerek esetén gyakran minden PR RSP C-hez tartozik egy mérőpont.

A rendszer előnye, hogy úgynevezett „zöld” rádiólokációs megoldás, amely integrálja a már üzemelő TV/rádió műsorszóró adókat (alkalmi adó 1), az újonnan beszerzett vagy feljavított VHF, L, S és/vagy C hullámsávban üzemelő légtérelenőrző radarokat (alkalmi adó 2), a GPS rendszer műholdjait (alkalmi adó 3), a korszerű referens/bázis mobil radart (alkalmi adó 4), csillagközi nagyteljesítményű jelforrásokat, mint a Nap, a pulzárak (alkalmi adó N) vagy nagyteljesítményű zavaró adókat (drónokra vagy a világűrbe telepítve). A rendszer-struktúrájának és az alkalmazott műszaki megoldásoknak figyelembe kell venniük azt a tényt, hogy a referenciajel gyakran közvetlen jelként jelen van a

3. ábra. Kiterjesztett alkalmazási területekkel rendelkező RF hálózatközpontú radarrendszer



1. táblázat. A passzív radarok által használt leggyakoribb három frekvenciatartomány jellemzői

	Frekvencia-tartomány	Alkalmazható adórendszerek max. száma	Sávszélesség	Polarizáció	Maximális hatótávolság
FM frekvenciatartomány: Analog FM	87–107 MHz	Párhuzamosan 16	150 MHz	Függőleges	250 km
VHF frekvenciatartomány: DAB	178–240 MHz	4 TDM	1,8 MHz	Függőleges vagy vízszintes	100 km
UHF frekvenciatartomány: DVBT	470–840 MHz	TDM	7,8 MHz	Függőleges és vízszintes	100 km (250 km)

vételi pontok antennáinak oldalnyaláb szintjein, rontva ezzel a céltárgyról detektálható jel-zaj + interferencia viszonyt és a korrelációs tényezőt. Ennek hatása jelentősen csökkenthető a korszerű ECCM megoldásokkal.

A hatékonyság növelése érdekében a vevőrendszerek általában sokcsatornás fázisvezérelt antennák csomópontjaihoz kapcsolódnak. A legfontosabb irányokban a vételi pontok közvetlen RF kapcsolatban lehetnek egymással a közös jelfeldolgozó központon (PR RSP C) keresztül. Erre a párhuzamos mérési eredmények folyamatos feldolgozása érdekében van szükség. Rendszertechnikai szempontok figyelembevételével a mobil radar adóberendezés, mint „referens/bázis” radar, a passzív rádiólokációs rendszer kívánalmainak megfelelően, része a „rendelkezésre álló/alkalmi” adórendszereknek. Ekkor az adójel paraméterei (északjel, indítás, letapogatási nyaláb oldal- és eleváció pozíció, vivőfrekvencia, adójel belső modulációja) is átadódnak a vételi pontokra. A radarantennák, mint nagy antennanyereséggel és irány szelektivitással rendelkező térbeli szűrők jelentősen kiterjesztik a passzív rendszer lehetőségeit (lásd 1. táblázat). Ezáltal optimalizálható a kis visszaverő felületű, lassú, de nagy manőverező képességgel rendelkező drónok detektálása, követése és azonosítása.

Katonai szempontból jelentős előny a rendszer rejtett üzemieltetéséből és rejtett továbbfejlesztéséből származó lehetőségek kihasználása. Ez utóbbi szempontok az élet-tartam logisztikai támogatásának hatékony megszervezésével megkívánják a hazai tudományos elvárások és lehetőségek kihasználását. Néhány országban erre vonatkozóan találunk példákat.

A passzív és aktív rádiólokációban kiemelt jelentősége van a mérési pontosságot, a felbontóképességet és a rendszer-kalibrációt meghatározó adójel struktúráknak. Az egymásnak ellentmondó elvárások teljesítése hibrid kód-sorozatok alkalmazását várja el. Ennek a felismerésnek a gyakorlatban alkalmazható megoldására mutat példát Max lan Schöpe és társai cikke. [6]

Napjainkban egyre többször alkalmazott eljárás a GPS-műhold, mint adójel-forrás felhasználása meteoritok és az alacsonypályás műholdak detektálására és követésére. [7]

A mérési eredmények szempontjából kiemelkedő jelentősége van annak a ténynek, hogy milyen módszerrel, mérési szabadságfokkal, (pontosság, gyorsaság) határozható meg a céltárgy helyzete és az általa keltett frekvenciaváltozás. Dr. Mathini Sellathurai (Heriot-Watt University, Edinburgh) Bessel függvényeket használ a Fourier-transzformáció értékeinek kiszámítására. A radarok által mérhető mikro doppler jelenségek vizsgálata mesterséges intelligenciát alkalmaznak a Thales kutatómérnökei. [8]

A lehetőségek közül figyelmet érdemel a passzív rendszerek feladatorientált érzékenysége. Pl. a pulzások hozzánk elérő energiaszintje olyan kicsi $-230 \text{ dBm}/(\text{m}^2 \cdot \text{Hz})$, hogy szinte fel sem merül alkalmazhatóságuk repülő objektumok

detektálására. Radarrendszer kalibrációra, navigációs célokra eddig is felhasználta néhány nagy radargyártó. Napjainkban a feladat kiegészül, mivel a pulzások rendkívül stabil energia fluktuációja 5-30 percnyi jelintegrálással lehetőséget ad pl. aszteroidák detektálására, alakjuk és mozgásjellemzőik meghatározására. [9]

HADSZÍNTÉRI TAPASZTALATOKKAL RENDELKEZŐ RENDSZEREK BEMUTATÁSA

Az IRS–2018 konferencia megnyitó előadása *A kiemelten jó performanciával rendelkező radarok jövőbeli műszaki kihívásai* a 3. ábrán bemutatott elképzeléshez hasonló. [10] A felvázolt koncepció szerint a többfeladatú RF rendszereknek: a radaroknak, az elektronikai támogató rendszereknek (Electronic Support Measures – ESM), az elektronikai ellen-tevékenység (Electronic Counter Measures – ECM) és a kommunikáció/adatkapcsolatoknak egy közös hálózatban kell működniük, amely szélessávú, aktív és elektromos nyálábmozgatással rendelkező antennarendszer (rendszerek) köré települnek. Lásd a 4. ábrán a sárga vonalakkal jelzett kapcsolatokat, és a 2. táblázatot. Miért van erre szükség?

Az új típusú fenyegetettségek jelentősen csökkentik a hagyományos rádiólokátorokban elérhető SNIR-t, egymással és a vezetési rendszerekkel elsősorban plot és útvonal alapú információ tartalommal rendelkező üzenetekkel kommunikálnak. Az ilyen típusú hagyományos rendszerek szűk frekvenciasávokat és kis adatátviteli sebességeket igényelnek, így aránylag egyszerű módszerekkel zavarhatóak. Például a céltárgyról rendelkezésre álló jelentések számának és megbízhatóságának csökkenésével.

Két radar-konferencia tapasztalata megerősíti, hogy napjaink korszerű radarrendszerei, valamint az ESM/ELINT, ECM és COMM kommunikációs rendszerek már közös, folyamatosan fejleszthető „tudás alapú” vezérlőrendszerrel rendelkeznek, amelyek közösen használhatnak széles sávú RF rendszerelemeket, és automatikusan adaptálhatók az elvárt feladatokhoz, a környezeti változásokhoz. [5] A 2. táblázat ismerteti a feladatokat és meghatározza azok végrehajtását. A radar szélessávú és/vagy több hullámsávban, pl. VHF, L S és C párhuzamosan üzemelő RF rendszerekkel párhuzamos jel- és adatfeldolgozást valósít meg a közös hálózati erőforrásokkal. Az ESM/ELINT jelzi és megjelöli a veszélyforrásokat, amelyekre a központ aktív zavarvédelem üzemmódban kognitív alapjel előállításal támogatott céldetektálásra, útvonalkövetésre és azonosításra optimalizált üzemmódokat dolgoz ki. A hálózatalapú szenzorvezérlés a rendelkezésre álló erőforrásokat a feladatvégrehajtás elvárásai szerint rangsorolja pl. nagysebességű/szélessávú és zavarvédett alacsony műholdpályás (Low Orbit Satellite – LOS) kommunikációs csatornákat nyit meg. A célok azono-

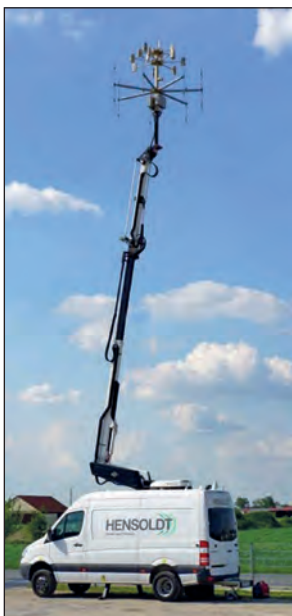




4. ábra. A platform alapú rendszerek RF hálózatközpontú rendszerekké alakulása [4]

2. táblázat. Párhuzamosan futó hálózatközpontú rendszerfeladatok

Radar	ESM/ELINT	ECM	COMM
Szélessávú/Több hullámsávú RF rendszerek, célkeresés: • légtér, föld, tenger • céltárgydetektálás	Veszélyjelzés és azonosítás	Önvédelem	Nagysebességű szélessávú LOS
Több hullámsávú azonosítás • SAR – Spot/Strip • ISAR	Pillanatnyi irányvektor-mérés és helyzet-meghatározás	EMP támadás	LPI adatkapcsolati működés
• Több funkciós útvonalképzés/követés • Jelentés megerősítés	LPI irányvektor-mérés	Támogató zavarás és megtévesztés	BLOS műhold-kommunikáció
Tűzkövetés: • levegő-levegő-föld • föld-levegő-tenger	Azonosítás és ujjlenyomat	Követő zavarás és megtévesztés	Hálózatközpontú működés
Aktív rakéta veszélyjelzés	Passzív felderítés	Többszörös veszélyhelyzet-kezelés	Egyesített célkövető hálózat
Javított ECCM			Harci azonosítási módok ID, IFF



sítása több hullámsávban képkalkító/szintetikus apertúra radarokkal (SAR) és Inverse SAR-ral történik, amelyek sávokban (Strip), adott helyek (Spot) szerint radarok tapogattják le a céltárgyat és kis valószínűséggel bemérhető (Low Probability of Intercept – LPI) üzemmódban kommunikálnak egymással. A különböző helyi szenzorok jelentéseiből képzett útvonalak távoli légi helyzetkép alapján kerülnek megerősítésre, amelyet a rádió horizonton túli kommunikáció (Beyond Line of Sight – BLOS) biztosít és kapcsol a szövetséges rendszerekhez.

A tűzkövető rendszerek hatáskora növelhető a hálózatközpontú támogatás, pl. ujjlenyomat-képzés/ képkalkítás (ISAR), végső soron a célazonosítás megbízhatóbbá tételével, illetve az ECM lehetőségek szinkronizált kihasználásával.

Napjaink legelterjedtebb passzív radar működési elve PCL rendszerű (Passive Coherent Location – Passzív Koherens Helymeghatározás), amelynek egy mobil mérőpontja látható az 5. ábrán. A különböző hullámsávokban 7 db félhullámú dipól antenna, az FM és VHF sávokban elérhető nyeresége 2 dBi, 2.5/1.3 méter átmérővel, az UHF sávban 2x16 elemmel, 8 dBi nyereséggel. Az aránylag alacsony antennanyereség ellenére a 3 mérőpontból álló rendszer valós helyzetben 200 km-en belül folyamatosan detektálja és követi a célokat. A méréseket bemutató videókon 250 km-en belül 84 céltárgy folyamatos, fél másodperces adatfrissítéssel történő követése megoldott [11].

Az 5. ábrán látható antennarendszer előnye az oldalszög szerinti elektromos nyalábformálás, amelyet széles antenna irányélességű szögek és magas oldalnyaláb szintek jellemznek. Ezzel szemben az 6. ábrán látható Kolchuga passzív radarantenna rendszerei írá-

5. ábra. Mobil passzív radarmérőpont (FM, DAB, DVB-T) [4]



6. ábra. A Kolchuga passzív radar egyik mérőpontja [4,12]

nyitottságának és nyereségének köszönhetően jelentős, több százszor nagyobb SNIR-re képes, (az új típusú kihívásokkal jellemzett célok észlelésére, útvonalba fogására és azonosítására), igaz csak a vizsgált oldalszög szektorokban. Két-három mérőpont a 3. ábrán bemutatott módon és az előzőekben ismertetett eljárásokkal dolgozik. A rendszer titka a hadszíntéri tapasztalatok beépítése a rendszer algoritmusaiba. Ukrajna és Oroszország (Kína?) egymástól függetlenül folyamatosan továbbfejleszti ezt a rendszert. [12] Oroszország napjainkban a 4-k verziót használja az S-400-as, nagy hatótávolságú légvédelmi rendszereihez. (2018. év végi hír szerint Oroszország rendszerbe állítja a legújabb S-350 jelű légvédelmirakéta-rendszert és bár adatai titkosak, az aktív és passzív radar rendszerei nagyon jó performanciával kell, hogy rendelkezzenek – Szerk.)

ÖSSZEGZÉS

Napjaink légtérelőőrző és légvédelmi rendszerei egyedi hordozóplatformra szerelt érzékelő és légvédelmi csapásmérő eszközök, amelyek aránylag szűk átviteli adatforgalmat megvalósító IT-alapú számítógéphálózat-központú adatforgalmat valósítanak meg. Ezzel szemben az „RF hálózat-központú” rendszer valós idejű adatátviteli sávszélessége 10–100 ezerszer nagyobb, mivel az ilyen szenzor elemeket közös RF erőforrásként kezelik az ESM/ELINT, ECM, ECCM és COMM rendszerek katonai felhasználói.

Bővített alkalmazási területekkel rendelkező „RF hálózat-központú” radarrendszer és a már üzemelő passzív rendszerek performancia jellemzőinek összehasonlítása azt bizonyítja, hogy a rendszer megvalósítható a jelenlegi számítástechnikai és RF technológia szintjén. A passzív radarrendszer performanciák kiegészítése primer radarokkal, különösen az „m”-es a „dm”-es és a „cm”-es rádiólokációra használt hullámtartományokban ígéretes, ahol a nagy nyereségű és irányítottágú radarantennák által vett jelek a térleptapogatás elvárásai szerint 10–100 szorosára növelhetik a hasznos információk mennyiségét és minőségét.

A cégek ajánlatai között jelentős különbségek figyelhetők meg, az RF eszközök (antennák, szintézerek, erősítők) elvárásai és rendszer kalibrációja, a megfelelő információszűrő alkalmazásokkal támogatott döntés-előkészítés, erőforrás optimalizáló algoritmusok kidolgozottságának területein. A fejlődés rendkívül gyors, hiszen a nagyteljesítményű, kis fáziszajjal rendelkező rádiófrekvenciás antenna, adó- és vételi egységek megbízható működése elérte a

100 GHz-ig terjedő frekvenciasávot. A megnövekedett processzor-teljesítmények, a gyors és olcsó hálózati eszközök (beleértve a wireless és lézeres eszközöket is) elterjedésével új lehetőségek jelentenek a hálózaton rendelkezésre álló nagy mennyiségű információ feldolgozására, a légtér-ellenőrzési feladatok minőségi megoldására.

Az előnyök mellett jelentkező radarrendszer üzemeltetési és fenntartási kockázatainak csökkentése, a technológia és a tudomány új eredményeinek költség-hatékony rendszerintegrációja megköveteli az eszközök élettartam-ciklusra vonatkozó hazai ipari-tudományos lehetőségeinek minél szélesebb körű kihasználását.

Történelmi tapasztalatainkra támaszkodva (az LRB T-1 kapcsán egyszer már elkövetett hibák) felmerül a kérdés, hogy egy új rendszer kialakításakor sikerül-e egy költség-hatékony, a helyi lehetőségeket ötvöző és a kockázatokat minimalizáló megoldást találni.

FORRÁSOK

- [1] István Balajti – Ferenc Hajdú: Surprising findings from the Hungarian radar developments in the era of the second world war, Radio Science Bulletin 358. (2016, september) pp. 82–108, http://www.ursi.org/content/RSB/RSB_358_2016_09.pdf (Letöltés ideje: 2018/08/11);
- [2] Hajdú Ferenc – Sárhida Gyula: A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézet a HM Technológiai Hivatalig 1920–2005, HM Technológiai Hivatal, 2005, p. 109;
- [3] Balajti István: A magyar légtérelőőrzés jövőbeni műszaki kihívásai, Haditechnika, 2018/2, pp. 27–31., DOI: 10.23713/ht.52.2.07;
- [4] 2018 19th International Radar Symposium (IRS 2018), Proceedings alfejezetek előadásai, 2018 június 20–22, Bonn, Németország;
- [5] Military Radar Conference, London, UK, 2018; <https://militaryradar.iqpc.co.uk/> (Letöltés ideje: 2018/08/11);
- [6] Max Ian Schöpe et al.: Using Golay Sequences to Improve the Range Performance of Hybrid Codes for MIMO Radar. IRS 2018 – International Radar Symposium. DOI: 10.23919/IRS.2018.8448132;
- [7] Observation of Falling Cosmic Objects Using GPS-Based FSR. H. Kabakchiev et al. IRS 2018 – International Radar Symposium DOI: 10.23919/IRS.2018.8447936;
- [8] Frédéric Barbaresco: Radar Micro-Doppler Signal Encoding in Siegel Unit Poly-Disk for Machine Learning in Fisher Metric Space. IRS 2018 – International Radar Symposium. DOI: 10.23919/IRS.2018.8448021
- [9] Andon Lazarov, Christo Kabakchiev, Chavdar Minchev, Ivan Garvanov: Passive Aperture Synthesis Using Pulsar's Emissions. IRS 2018 – International Radar Symposium. DOI: 10.23919/IRS.2018.8448231
- [10] Ryszard Bil et al.: Future Technological Challenges for High Performance Radars. IRS 2018 – International Radar Symposium. DOI: 10.23919/IRS.2018.8447969;
- [11] Steffen Lutz, Volker Winkler, Rainer Müller, Clemens Klöck: Multi Static Long Range Multi Band 3D Passive Radar – Latest Developments at Hensoldt Sensors. IRS 2018 – International Radar Symposium. DOI: 10.23919/IRS.2018.8448178;
- [12] Passzív Radarok 1, 2 https://lazarbibi.blog.hu/2016/06/12/passziv_radarok https://lazarbibi.blog.hu/2016/07/12/passziv_radarok_ii_resz#comments (Letöltés ideje: 2018/08/11).

(Illusztrációk a szerző gyűjteményéből.)

Gammadózis teljesítmény-eloszlási térkép készítése kis méretű drón alkalmazásával

BEVEZETÉS

Számos esetben igen hasznosnak bizonyulhat egy adott terület dózisteljesítmény eloszlásának ismerete. Ilyen lehet például egy átmeneti nukleáris hulladéktározó, ahol pontosan és gyorsan kimutatható az esetleges szivárgás, vagy olyan laboratóriumok szellőzői és azok környéke, ahol izotópos preparátumokkal dolgoznak. Hasonlóképpen hatékony ellenőrzést tesz lehetővé egy balesetet szenvedett nukleáris létesítmény monitorozásában az adott területről időközönként készített sugáreloszlási térkép.

Hasonló kísérletek már történtek drónra szerelt érzékelőkkel [1]. Ebben az esetben szcintillációs detektort alkalmazva gamma spektrumot készítettek a kutatók, így lehetőség nyílt a sugárforrás anyagának meghatározására is. A kísérlet során szűk (80×40 méter) területet vizsgáltak 1 m/s sebességű repüléssel, több magasságon.

Egy másik kutatás eredménye szerint [2] látható tartományú kameraképpel kombinált sugárzási képet készítettek, így a sugárforrás helye a képre vetítve jelent meg, ami nagymértékben megkönnyítette a felfedezett forrás megtalálását. A sugárzás kimutatására itt is szcintillációs detektort építettek be, amivel a kísérleti minta felett 1,5 méterre kellett repülni.

Egy feltételezett katasztrófát szimulálva, a kutatók robotrepülő (UAV) és földi robotjármű (UGV) kooperációjával kialakított sugárforrás-felderítő rendszert készítettek [3]. A program lényege, hogy a repülő eszközzel leszűkítik a fellelt sugárforrás helyét, majd az adatokat a földi járműnek átadva, az pontosan lokalizálja azt. A kísérletek során szintén szcintillációs detektorral történt a sugárzás kimutatása.

Számos további kutatási eredmény ismert, amelyek során robotrepülőgépre szerelt sugárzás-érzékelővel egy adott területről sugárzási képet készítettek [4] [5] [6]. Ezen kísérletek során jellemző módon szcintillációs detektort

vagy félvezető alapú sugárdetektort alkalmaztak. A szcintillációs detektorok relatív nagy tömegűek, így az értékes repülési időt jelentős mértékben csökkentik. A félvezető alapú detektorok ugyan könnyűek, de magas áruk mellett érzékenyséjük nem haladja meg a hagyományos (szcintillációs vagy gázionizációs) detektorok érzékenységét.

A nukleáris medicinában ismert gammakamerák által készített felvételek analógiájára készíthető olyan eszköz, amely szabad területen képes sugárzási intenzitásképet készíteni. Ezek az eszközök azonban szcintillációs detektorral rendelkeznek, és a képalkotáshoz is nagy tömegű ólom kolimátort alkalmaznak. Éppen ezért ezt a módszert kis méretű robotrepülőgépeken közvetlenül alkalmazni nem lehet. Egy új eszköz megtervezésére volt szükség, amelynek elvárt minőségi jellemzői a következők:

- Az összefüggő vizsgált terület legalább 5000 m² vagy annál nagyobb.
- A készített felvétel felbontása legyen olyan, hogy minimum 10 méter távolságból lokalizálható legyen a sugárforrás egy személygépkocsi által lefedett területen.
- Az elkészített felvétel (sugárzási térkép) legyen kalibrált és georeferált.
- A detektor érzékenysége tegye lehetővé minimum 10 méter távolságból egy egészségügyi határértéken sugárzó 1 cm³-es, legalább 200 μSv/h aktivitású minta kimutatását.

DETEKTORRENDSZER

Az önálló repülési feladatokat elvégezni képes, kis méretű repülőeszközzel felszerelhető gammadetektor kiválasztása során alapvetően két szempontot kellett figyelembe venni.

- A detektor tömege kritikus, mivel a kis méretű drónok hasznostömeg-szállítási képessége erősen korláto-

ÖSSZEFOGLALÁS: Kis méretű drónok autonóm repülésük során többek között műholdas navigációt (legelterjedtebben GPS) alkalmaznak. Ez azt jelenti, hogy a repülés teljes időtartamáról típusonként eltérő gyakorisággal, de rendszeres koordináta információk rögzíthetők. Számos légi fényképezési alkalmazás használja fel ezen adatokat. Amennyiben a drónt érzékeny gamma detektorral látjuk el, a gamma mérési adatokhoz a repülési adatok koordinátái hozzá rendelhetők. Ezen információcsoportok lehetőséget biztosítanak egy terület gamma detektoros pásztázása során annak γ-dózis teljesítmény-eloszlásának meghatározására. A módszer segítséget nyújthat gammasugárzást kibocsátó illegálisan tárolt vagy szállított minták felderítésére, lokalizálására. Az értekezés egy gyakorlati kísérleteken alapuló rendszert mutat be, amely lehetővé teszi kis dózisú minták lokalizálását, illetve egy adott terület kvalitatív gammasugárzás-térkép elkészítését. A módszer első sorban nyílt terepi körülmények között, alacsony aktivitású gammasugárzó felderítésére alkalmazható.

KULCSSZAVAK: Gammasugárzás, eloszlási térkép, sugárforrás felderítés, drónos sugárfelderítés

ABSTRACT: During their flight, small-sized drones use satellite navigation (the most widespread is GPS). This means that frequent coordinate information can be recorded in the entire duration of the flight with varying frequency according to the type. Several aerial photography applications utilize these data. If the drone is equipped with a sensitive gamma detector the flight coordinates can be assigned to gamma measurement data. These groups of data provide an opportunity during the gamma detector-based scan of an area to determine its radiation distribution. The method can provide help to explore and localize patterns, stored or transported illegally, which exhaust gamma radiation. This paper introduces a system based on practical experiments which makes the localization of small-dose patterns possible as well as the creation of a qualitative gamma radiation map in a given area. The method can be primarily used in terrain circumstances, first and foremost to detect low-activity gamma radiators.

KEY WORDS: Gamma radiation, distribution map, radiation source detection, radiation detection using a drone

* Dr. habil. Molnár András Óbudai Egyetem, Neumann János Informatikai Kar molnar@uni-obuda.hu. ORCID: 0000-0003-4330-6547

zott. Itt jellemzően 500 gramm vagy attól kisebb tömegű detektorrendszer jöhet számításba. Fontos megjegyezni, hogy nem elég a detektort levegőbe emelni, hanem azzal a lehető leghosszabb ideig repülni szükséges. A minimálisan elvált repülési idő 15 perc. A fent megfogalmazott feltételeknek a gáz-ionizációs detektorok közül a Geiger-Müller számláló csövek megfelelnek.

- A detektor érzékenysége, illetve hatásfoka a relatív nagy távolságból végezhető mérések okán szintén kiemelt szempont. E tekintetben egyes szcintillációs detektorok lényegesen jobb detektálási hatásfokot nyújthatnak a gázionizációs detektoroknál. További előnyös detektor típus lehet a félvezető-alapú detektor, de ennek költsége az azonos érzékenységet biztosító GM csőhöz viszonyítva igen magas.

A lehetséges detektorok kiválasztása során – mérlegelve a fenti szempontokon felül az eszköz várható költségvonzatát is –, a nagy méretű GM csőre esett a választás. A nagy méret a kellő érzékenységet, a GM cső pedig az alacsony tömeget biztosította, emiatt esett rájuk a választás. A prototípus detektor a kísérletek helyszínén 80 cpm (beütés per perc) átlagos értékeket mért. A detektorhoz egy mikrokontrollert kapcsolunk. Ennek feladata a mért adatok rögzítése úgy, hogy egy adatrekord tartalmazza a percnkénti beütésszámot, a méréshez kapcsolt időpillanatot (időbélyeg) és a mérés GPS-koordinátáját. Mivel a drón rendszere másodpercenként biztosított pontos GPS-koordinátákat, a beütésszámot egy speciális időablakban gyűjtve annak átlaga alapján rögzítettük. Az alkalmazott időablak mindig az utolsó kb. 15 másodperc beütéseinek számát tartalmazta. Az az adat, amely 15 másodpercnél korábbi, kikerült az átlagoló ablakból, miközben minden új beütés bekerült a helyére. Ez a módszer biztosította, hogy a minden másodpercben rögzített beütésszám statisztikailag is értelmezhető mennyiségű adatból álljon elő. Ugyanakkor a 15 másodperces gyűjtőablak, a haladó drón esetében a koordinátákhoz rendelt beütések koordináta-korrekcióját is szükségessé teszi, amit a későbbi feldolgozás során mindenképpen figyelembe kell venni.

A beépített GM cső releváns technikai paraméterei a következők:

- effektív hosszúság: 298.5 mm;
- effektív átmérő: 20.0 mm;
- gamma érzékenység Co 60 izotópra: 180 cps/mR/h;
- tömege: 150 g.

A detektorrendszer az alábbi adatstruktúrát hozza létre:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Az egyes mezők jelentése a következő:

- A: Mondat-azonosító (jelen esetben mindig \$CGPS);
 B: GPS-dátum (nap xx, hónap yy, év zz);
 C: GPS-idő (óra xx, perc yy, másodperc zz.zz);
 D: GPS-státusz (jelen esetben GPSEN);
 E: Szélességi fok (fok xx, perc yy.yyyy);
 F: Félgömb (északi N vagy déli S);
 G: Hosszúsági fok (fok xxx, perc yy.yyyy);
 H: Nyugat/kelet (E vagy W);
 I: Tengerszint feletti magasság légnyomás alapján (méter xxx.xx);
 J: Tengerszint feletti magasság GPS-mérés alapján (méter xxx.xx);
 K: Számított sugárzás (mR/h);
 L: Időegység alatt detektált beütések száma (az időegység változhat, értéke az M mezőből olvasható ki);
 M: A beütések számlálásának időegysége (másodperc xx.xxxxxx);
 N: Ellenőrző összeg.

Példa egy mondatra:

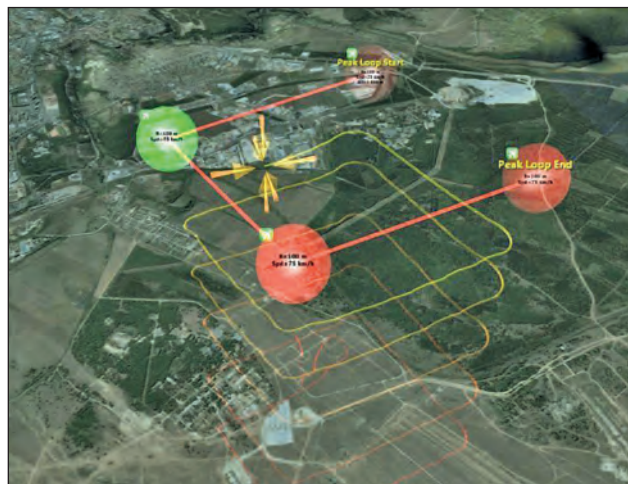
\$CGPS,170712,023259.746,GPSEN,4732.0185,N,01902.0008,E,175.40,175.40,0.0074,19,14.244000,*77

ELŐKÍSÉRLETEK

Az elkészült mérőegységet kísérleti céllal egy saját fejlesztésű robotrepülőgépre integráltuk (1. ábra). A repülőgép képes volt előre programozott repülési feladatot autonóm módon végrehajtani [7]. A repülések több kísérlet elvégzését célozták meg, amelyek között a repülés során mérhető háttérsugárzás vizsgálata is szerepelt.



1. ábra. A Chelidon nevű, saját fejlesztésű robotrepülőgépre szerelt mérőmodul

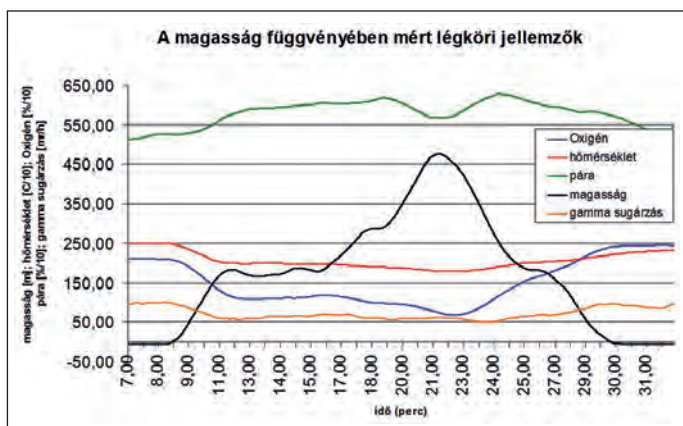


2. ábra. A Várpalota légterében történt, 500 méteres emelkedés során végzett mérés repülési nyomvonala

A 2. ábra egy 500 méter magasságú repülés nyomvonalát ábrázolja. A repülés célja az volt, hogy a repülőgép egy jól definiált területen emelkedjen a fedélzetére rögzített műszerekkel 500 méter magasságra, majd ugyanazon terület felett ereszkedjen vissza [8]. Így rendelkezésünkre álltak az emelkedés során mért adatok, illetve változások, amiket a mérés során rögzített adatokkal össze tudunk hasonlítani. A repülés mérési eredményeit a 3. ábra grafikonjai szemléltetik.

A grafikonon látható narancssárga görbe a háttérsugárzást szemlélteti a magasság függvényében. A detektor





3. ábra. 500 méteres emelkedés komponenseinek diagramjai

kellően érzékenynek bizonyult ahhoz, hogy a föld háttérsugárzását érzékelné lehessen vele.

Mivel az alkalmazott repülőgép sebessége 65–90 km/h (~18–25 m/s), az eredeti célok eléréséhez hordozóeszközként nem alkalmazható. Ahhoz, hogy egy terület gamma-sugárzás-eloszlását a rendelkezésünkre álló GM csővel kellő érzékenységgel feltérképezhessük, a detektort hosszabb ideig kell egy adott térrészen tartani. Ehhez egy lassan is repülni képes hordozót kellett keresni. A multirotoros drónok erre a célra alkalmas eszköznek bizonyultak. A további kísérleteket egy négyrotoros multikopterrel végeztük, amely szintén alkalmas volt programozott útvonal önálló lerepülésére. A kész detektormodult egy DJI Inspire drónra rögzítettük (4. ábra). Az eszköz minimális autonóm repülési sebessége 2 m/s.



4. ábra. A GM detektormodullal felszerelt Inspire drón

A MÉRÉSI ELJÁRÁS

A mérés kidolgozása során alapvetően a klasszikus légi fényképezést, azon belül is az egymást átfedő nagyobb terület fényképezési eljárását vettük alapul. Ennek lényege, hogy a drónt olyan repülési pályán kell vezetni, amely a vizsgált területet úgy fedi le, hogy a közben készített, közel függőleges tengelyű képek egymást minden irányból átfedve a teljes területet lefedjék. Az eljárás legegyszerűbben egy úgynevezett meander pályán történő repülésekből áll úgy, hogy a repülés során egységnyi időközönként készülnek a fényképfelvételek. Természetesen a pálya magasságát, a párhuzamos szakaszok távolságát, valamint a fényképfelvételek gyakoriságát a kamera optikai képességeihez és sebességéhez kell hangolni.

A γ -dózis teljesítmény-eloszlás meghatározásához a légi felderítés során folyamatosan mérni kell az adott repülési ponton a sugárzást, vagy ami azzal egyenértékű, a beütés-

számot. A mérés későbbi kiértékelhetősége szempontjából lényeges, hogy a repülés egyenletes sebességgel, állandó magasságon történjen. Ezzel biztosítható, hogy a detektor által mért adatok minden repülési pont esetében egymással összehasonlíthatók legyenek. Mivel a kvantitatív sugárzásmérés a kísérlet ezen fázisában nem volt elvárt, elegendő volt biztosítani a mérési időtartam alatt az egyenletes mozgást, az állandó magasságot, valamint a detektor elektronikai egységének stabilitását.

A DJI Inspire drónra azért esett a választás, mert repülése nagyon stabil, képes programozott útvonalon automatikusan repülni. Ez a képesség biztosítja az egyenletes, egy magasságon történő repülést a mérés alatt. Valamint rendelkezik fedélzeti, stabilizált platformra rögzített nagy felbontású, torzításmentes kamerával. A kamerának köszönhetően elértük, hogy egyetlen repüléssel elkészül a terület fényképekből összeállított ortofotója és a detektor által mért adatokból kimutatható ugyanannak a területnek a relatív gammasugárzás-eloszlása.

Mivel az Inspire beépített kamerája minden felvételhez rögzíti a felvétel pillanatában mért GPS-adatokat, a képekből előállított ortofotó georeferált és kalibrált. Az ortofotó terepi felbontása 3 cmp/pixel, a georeferálás pontossága tapasztalataink szerint jobb, mint 3 méter. Bár ez a pontosság a terepen elhelyezett referenciapontok segítségével pontosítható, jelen kísérletnél a 3 méteres megbízhatóság elegendő.

Tekintettel arra, hogy a gammadetektor mérési értékeihez is rögzítve vannak a GPS-adatok, az abból előállított intenzitás térkép hozzá illeszthető az ortofotóhoz. A két képi réteg egyszerű matematikai művelettel egymásra vetíthető, így vizualizálható a sugárforrás helye a térképen.

A GAMMADÓZIS TELJESÍTMÉNY-ELOSZLÁSI TÉRKÉP ELŐÁLLÍTÁSA

A detektormodul a sugárzási adatokat a GM cső egységnyi idő alatt detektált beütésszámából számítja. Ez azt jelenti, hogy egy adott ponton – az eszközzel a mérés idejére – meg kellene állni, de a megállások (terület feletti lebegés) nagyon sok energiát igényelnek, így rendkívül lerövidülne a berepülhető távolság, ami végül a vizsgált terület drasztikus csökkenését jelentené. Éppen ezért a hordozó folyamatos 2 m/s sebességgel halad, miközben a detektormodul számítja a sugárzási értékeket. Ebből következik, hogy egy-egy mérési ponton meghatározott érték nem a GPS által rögzített ponthoz, hanem egy szakaszhoz tartozik. Ezért a mérési eredmények koordinátáit is korrigálni kell a hordozó sebességvektorával. A kísérlet jelen fázisában a korrekciót az átlagoló ablak idejének felével számítjuk, azaz 7,5 sec alatt megtett úttal korrigáljuk a mérési pont koordinátáját. Ez gyakorlatilag 15 méter korrekciót jelent a haladási iránnyal szemben.

Az egyes mérések a terület felett diszkrét pontokban történnek. A területet lefedő intenzitás-eloszlás (sugárzás-eloszlás) ábrázolása során feltételezzük, hogy az egyes mérési pontok környezetében is hasonló értékek mérhetők. Ebből adódóan a szomszédos mérési pontok értékeit a pontokat összekötő szakaszok mentén a mért értékek interpolációját számítjuk ki. Az interpoláció is diszkrét értéket ad, de az így létrejövő ponthalmaz pontjainak távolsága a mérési pontok egyezedez.

Az interpolációval sűrített sugárzási adatokat (pontfelhő) konvolúciós szűrőkkel simítjuk. Ez abból a feltételezésből végezhető el, hogy a sugárzás értéke egy adott pont környezetében nem változik meg ugrásszerűen. Tekintettel arra, hogy a szűrés nélküli pontfelhő esetében a mérési

vagy interpolált pont közvetlen környezetében a sugárzási érték átmenet nélkül vált a mért értékről nullára, majd újra a következő pont mért értékére, a konvolúciós szűrő (például egy egyszerű $n \times m$ terület átlagolása) a valósághoz közelítő eredményt szolgáltat.

További korrekcióval a háttérsugárzás értékét is el kell távolítani. Ennek módszere viszonylag egyszerű. Feltételezve, hogy a mérés során a terület nagyobb része csak háttérsugárzást tartalmaz, az átlagosan mért sugárzási értékeket minden mérési pontból ki kell vonni. Ekkor vagy egy, a detektor érzékenységi szintjénél lényegesen alacsonyabb értékeket tartalmazó képünk lesz (ebben az esetben a vizsgált területen nem volt sugárforrás), vagy megmarad néhány kiugró érték, ami a vizsgált területen feltárt sugárforrást jelenti.

KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

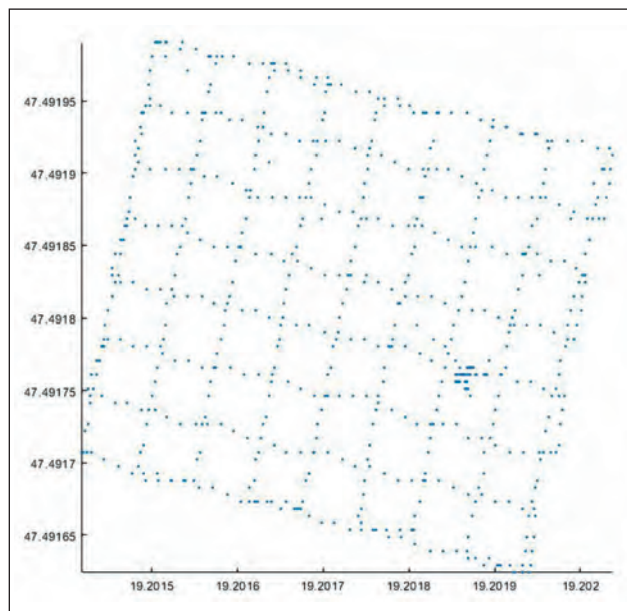
A kísérletek során Tc-99m izotóp mintát alkalmaztunk. Ennek előnye, hogy 6 órás felezési idejének köszönhetően, a minta elkészítését követően marad elég idő a mérés helyszínére jutáshoz és a kísérletek elvégzéséhez, ugyanakkor kellően hamar lebomlik. A minták aktivitása minden kísérlet során az úgynevezett mentességi aktivitás alatti volt, azaz speciális engedélyhez nem kötött (a 2005. évi atomtörvény hatálya alá nem tartozik). Az ilyen kis aktivitású minta kellően biztonságos, de nagyobb távolságból történő kimutatása csak érzékeny detektorok segítségével lehetséges. A minta a mérés megkezdésekor $221 \mu\text{Sv}$ aktivitású volt (5. ábra).



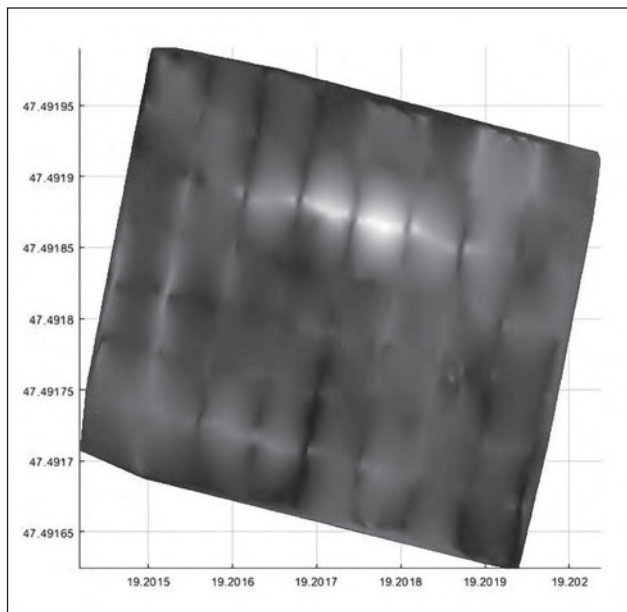
5. ábra. A minta aktivitásának mérése a kísérlet megkezdése előtt

A 6. ábra egy kísérlet repülési nyomvonalát szemlélteti. A repülés a minta felett 9 méter magasan ($\pm 0.1\text{m}$) történt. A repülés sebessége 2 m/s ($\pm 0.1 \text{ m/s}$) volt. A vizsgált terület megközelítőleg 80×80 méter, azaz 6400 m^2 . Az ábrán látható pontsűrűsödés a fel- és leszállás helye, ahol a drón már nem egyenletes sebességgel haladt. Az ezen a ponton gyűjtött mérési adatokat a feldolgozás során nem használtuk.

Az adatok mennyiségének növelése érdekében a területet az eszköz kétszer pásztázta végig úgy, hogy a repülés második szakaszában a nyomvonalak merőlegesek voltak a repülés első szakaszának nyomvonalaira. Ennek megfelelően a kialakult repülési nyomvonal egy négyzetrácsot eredményez. A 6. ábrán látható nyomvonalat utólag a tény-



6. ábra. Egy mérés repülési nyomvonala



7. ábra. A nyers beütésszámok alapján létrehozott sugárzási kép

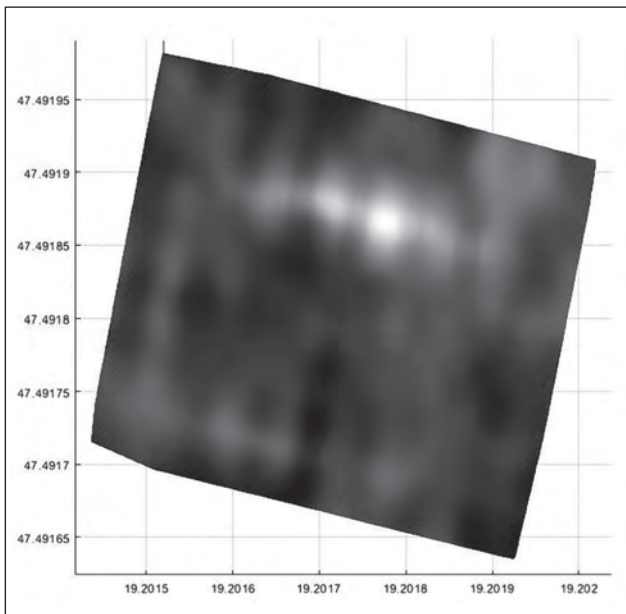
leges repülés során rögzített GPS-adatok alapján rekonstruáltuk.

A nyers mérési adatok alapján létrehozott sugárzás eloszlását a 7. ábra szemlélteti. Az adatok ebben az esetben semmilyen korrekción nem estek át.

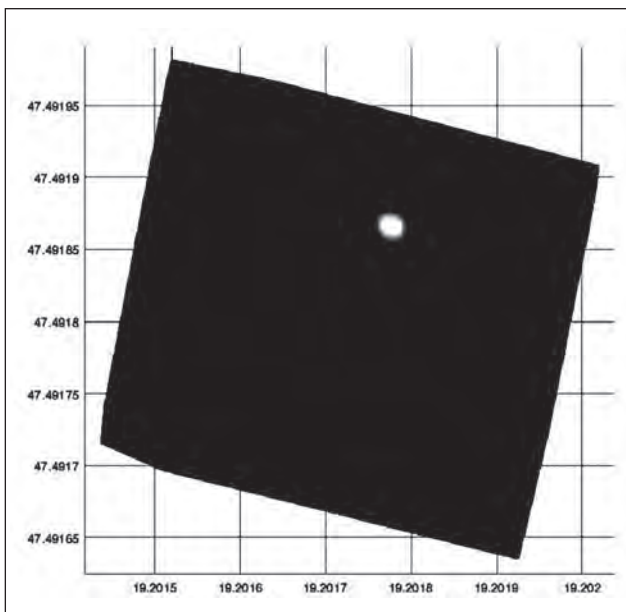
A képen jól látható a repülési nyomvonalból adódó négyzetrács, ami a mozgási korrekció hiánya miatt jelenik meg. További hiba, hogy a háttérsugárzással sem korrigáltuk a mért adatot, így annak hatása is megjelenik a képen, ami téves sugárforrássra utaló jeleket eredményez.

A 8. ábra a mért adatok konvolúciós szűrését követően készült. A szűrés egyéb korrekciókat nem tartalmazó adatokon történt, hogy jól érzékelhető legyen annak hatása. Az ábrán látható ugyan nagyobb aktivitásra utaló terület, de annak pontos lokalizációja még nem lehetséges. Mivel a haladási korrekció sem történt meg, az egyetlen pontból





8. ábra. Szűrt beütésszámok alapján létrehozott sugárzási kép



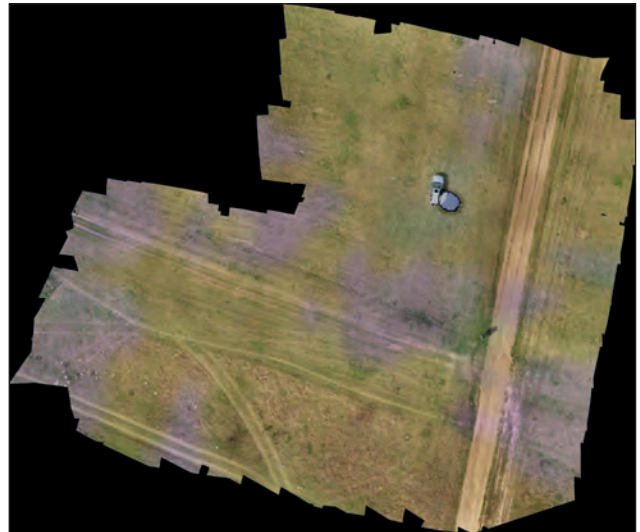
9. ábra. Korrigált sugárzási kép

álló sugárforrás egy elmosott, hosszanti részre terül szét. Amennyiben ismeretlen területen történne a mérés, és csupán a 8. ábrán látható módon történne a sugárzás eloszlásának ábrázolása, tévesen nagy területet lehetne a kép alapján megjelölni.

A 9. ábra a háttérsugárzás és a mozgásból adódó koordináta-korrekciót és a háttérsugárzás levonását követően szemlélteti a sugárzás eloszlását a vizsgált területen.

Az ábrán (9. ábra) látható sugárzási folt a háttér beütésszámának kétszerese, azaz szignifikáns jel a mért területen. A vizsgálat során a háttérsugárzásra átlagosan 80 cpm (percenkénti részecskeedetektálás az angol terminológia szerint Count Per Minute) adódott, míg a minta felett ez a beütésszám átlagosan 172 cpm volt.

A 10. ábrán a georeferált ortofotóra vetített korrigált sugárzási kép látható. A georeferált ortofotó a drón fedélzeti



10. ábra. Georeferált ortofotó a sugárzási képpel kombinálva

kamerájának képei alapján készült. Mivel a kamera nem függőleges tengelyre volt pozicionálva (90° helyett 80°), a berepült területtől nagyobb területről állt rendelkezésre képi információ, ami megkönnyíti az ortofotó kalibrációját.

A minta a képen (10. ábra) látható személygépkocsi tetéjére volt helyezve. Látható, hogy a sugárforrás a mérés alapján kissé a személygépkocsi mellett jelenik meg. Több mérés kiértékelése során azt tapasztaltuk, hogy az eltérés változó irányokban maximum 1,5 méter volt a tényleges minta helyétől. Ez az eltérés részben az alkalmazott GPS mérési hibájából, valamint a mozgás korrekciójának pontatlanságából adódik.

TAPASZTALATOK

A kísérletek során bebizonyosodott, hogy kvalitatív módon a sugárforrás szabad téren történő lokalizálása a projekt eredeti minőségi elvárásainak megfelelően lehetséges. A módszer által megjelölt helyen kézi műszerrel már könnyen megtalálható a keresett sugárzó anyag.

A módszer hatékonyságának növelése érdekében növelni kell a sugárdetektor érzékenységét. Nagyobb érzékenységű detektorrendszer esetében (amennyiben az nem jár jelentős tömegnövekedéssel) növelhető a vizsgált terület feletti repülési sebesség. A nagyobb sebesség nagyobb berepülhető területet jelent, így a jelenleg elért 6400 m^2 terület akár $10\,000 \text{ m}^2$ -re növelhető. A nagyobb érzékenységű detektor nagyobb magasságból történő felmérést is lehetővé tesz, ami az alkalmazási területek bővülését jelenti. Nagyobb vizsgálati magasság esetén kisebb épületekkel fedett terület felett is elvégezhető a mérés, ami jelen esetben elsősorban parkolók, gépjárművek vagy egyéb nem nagy magasságú tereptárgyakkal fedett terület felett végezhető csak el.

A detektor megfelelő kalibrációja esetén a sugárzás eloszlását szemléltető térkép színezése az adott ponton számított aktivitással lehet arányos, ami kvantitatív mérésekre is lehetőséget biztosít. Egy továbbfejlesztett feldolgozó szoftverrel lehetőség nyílik kvantitatív információkkal ellátott dózisteljesítmény eloszlási térkép előállítására.

(Köszönet illeti a Semmelweis Egyetem Nukleáris Medicina Központot, valamint a Semmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálatot, hogy a mérésekhez izotóp mintát és szakmai segítséget biztosítottak.)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Šálek, O., Matolín, M., Gryc, L.: Mapping of radiation anomalies using UAV mini-airborne gamma-ray spectrometry (2018) Journal of Environmental Radioactivity, 182, pp. 101-107, DOI: 10.1016/j.jenvrad.2017.11.033;
- [2] Sato, Y., et al.: Remote radiation imaging system using a compact gamma-ray imager mounted on a multicopter drone (2018) Journal of Nuclear Science and Technology, 55 (1), pp. 90-96, DOI: 10.1080/00223131.2017.1383211;
- [3] Lazna, T., Gabrík, P., Jilek, T., Zalud, L.: Cooperation between an unmanned aerial vehicle and an unmanned ground vehicle in highly accurate localization of gamma radiation hotspots (2018) International Journal of Advanced Robotic Systems, 15 (1), DOI: 10.1177/1729881417750787;
- [4] Mochizuki, S. et al.: First demonstration of aerial gamma-ray imaging using drone for prompt radiation survey in Fukushima (2017) Journal of Instrumentation, 12 (11), art. no. P11014, DOI: 10.1088/1748-0221/12/11/p11014;
- [5] Aleotti, J. et al.: Detection of nuclear sources by UAV teleoperation using a visuo-haptic augmented reality interface (2017) Sensors (Switzerland), 17 (10), art. no. 2234, DOI: 10.3390/s17102234;
- [6] Hinterhofer, T., Pfennigbauer, M., Schraml, S., Hofstätter, M.: UAV based multi-sensor system with real-time data processing and downlink for survey of nuclear disaster locations for first-responder support (2017) AUVSI Xponential 2017;
- [7] Stojcsics D., Molnár A.: AirGuardian - UAV Hardware and Software System for Small Size UAVs International Journal of Advanced Robotic Systems 9: pp. 1-8. (2012), DOI: 10.5772/52759;
- [8] Somlyai L., Turóczy A., Molnár A.: Atmospheric Analyser for Mobile Robots, Proceedings of The 13th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics: CINTI 2012. Budapest, 2012. pp. 181-185. DOI: 10.1109/cinti.2012.6496756.

(Fotók a szerző gyűjteményéből.)

Siposné Kecskeméthy Klára – B. Kalavszky Györgyi

A Ludovika egykor és most

2018-ban, a Zrínyi Kiadó gondozásában jelent meg *A Ludovika egykor és most* című kötet. A szerzők – Siposné dr. Kecskeméthy Klára és B. Kalavszky Györgyi – nem kisebb feladatra vállalkoztak, mint hogy feldolgozzák a magyar tisztképzés fellegvárának, az egykori magyar királyi Ludovika Akadémiának történetét, és széles körű betekintést nyújtsanak az egykori katonai akadémia szellemiségébe és hagyományaira. A szerzőpáros *A Ludovika* című könyve 2011-ben jelent meg először, majd ezt követte két évre rá a kiadvány javított utánnomása. A második, bővített kiadás tavaly került a könyvesboltok polcaira.

A mű első része a Magyar Királyi Honvéd Ludovika Akadémia történetét dolgozza fel az 1808-as évi törvényben megfogalmazott alapítási tervektől, egészen 1945-ig. Bemutatja az egykori felvételi rendszert, az iskola nevelési értékrendjét és képzési rendszerét, a kiképzés menetét, az Akadémián folyó sport- és kulturális életet, az avatást és az iskola ünnepi rendezvényeit. Az áttekintést számos fotó illusztrálja.

A második rész a ludovikás hagyományok újjáéledéséről számol be az 1990 utáni időszakban, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen. Itt gyűjtöttek össze minden információt, amely a Ludovika-zászló hazatérésével, és az MH Ludovika Zászlóalj megalakulásával kapcsolatos.

A közelmúltban kiadott második kiadás jelentős tartalommal gazdagodott. A könyv harmadik, befejező része a Nemzeti Közszerződési Egyetem 2012-es megalakulását követő időszak eseményeit tárgyalja. Kiemelt figyelmet szentelnek a Ludovika épületgyűttes és az Orczy-park rekonstrukciójának, a Ludovika Egyetemi Campus kiépülésének.

Siposné dr. Kecskeméthy Klára, a kötet egyik szerzője az egykori ludovikás növendékeknek ajánlotta a könyvet. Mint írja, a második világháborút követő évtizedekben megaláztatások sora érte őket, amelynek ellenére büszkén vállalták tiszti múltjukat. A könyv egyik célja éppen az, hogy ezek az emberek – érezve a társadalmi megbecsülést – a sors megkésett igazságszolgáltatásának tekintsék a művet.

A könyv másik fő célja a ludovikás szellemiség megismertetése az újabb nemzedékekkel, amely azóta sem változott: hazaszerető és szakmailag felkészült honvédtisztek képzése a jövő számára. A kötet köszöntőjében a 102 éves vitéz Koós Ottó nyugalmazott alezredes, 1934 és '38 között az intézmény hallgatója, így fogalmaz: „A Ludovika Akadémia nemes eszményeket képviselt, magas szintű szaktudással vértette fel hallgatóit, hazaszerető, erkölcsös, becsületes, bajtársias, jó modorú, sokirányúan művelt tiszteket bocsátott ki. Az itt kiképzett hallgatók, parancsnokok nagyfokú kötelességtudattal, fegyelmelzottséggel, bajtársiassággal, tiszteletteljes magatartással és nem utolsósorban hazaszeretettel éltek az életüket.”

A 360 oldalas, fűzött, keménytáblás, gazdagon illusztrált könyv 9200 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadónál is, a kiadó online felületén kedvezményes, 6900 Ft-os áron:

http://www.hmzrinyi.hu/termek/a_ludovika_egyor_es_most

(Cím: 1087 Budapest, Kerepesi út 29/b, Tel.: 06 1-459-5373, e-mail: gyoredina@armedia.hu). (Sza)



A hidrogén üzemanyagcellák katonai célú felhasználásának lehetőségei

A VILLAMOS ENERGIÁRÓL ÁLTALÁBAN

Általában az emberiség és Magyarország is évről évre nagyobb mértékben függ a villamos energiától. A világ energiaigénye is folyamatosan emelkedik, de talán ennél is fontosabb a tény, hogy a villamosság aránya az összes energiafelhasználáson belül is folyamatosan nő [1]. Világviszonylatban az elmúlt 40 évben a teljes energiafelhasználás megduplázódott, míg a villamosság aránya ezen időszak alatt a négyszeresére nőtt. Ezt a globális növekedést elsősorban a fejlődő országok gazdasági robbanása idézte elő, de szinte minden fejlett ország energiaigénye is megnövekedett. Magyarország primer¹ energia felhasználása – a gazdaság szerkezeti átalakulása miatt – az elmúlt 10 évben kis mértékben ugyan még csökkent is, de a villamos energia iránti igény mégis 30%-os növekedést² mutat ugyanebben az időszakban.

A szekunder energiapiacra³ a villamos energia azért bír egyre nagyobb jelentőséggel, mert az erőművekben viszonylag jó hatásfokkal tudjuk előállítani a primer forrásokból, illetve jó hatásfokkal tudjuk továbbítani⁴ és végső formájában felhasználni is. A villamosság még nagyobb ütemű térnyerésének jelenleg két technológiai akadálya van:

- Bár folyamatosan nő a megújuló primer források aránya a termelésen belül, a villamosság 75%-át jelenleg is fosszilis hordozók elégetésével nyerjük, ami súlyosan károsítja a földi bioszférát.
- A villamos energiát nem tudjuk nagy mennyiségben és gazdaságosan tárolni.

Az erőművek környezetszennyezése nem téma ennek a munkának, de a villamos energia tárolása annál inkább. Erre ugyan számos megoldás létezik, de a legtöbb ilyen (pl. az ún. szivattyús tározóké) rendkívül rossz hatásfokkal rendelkezik. A leggyakoribb mód, az akkumulátoros tárolás hatásfoka lényegesen jobb, pedig az általánosan használt váltakozó áramot a tároláshoz egyenárammá kell alakítani, ami veszteséggel jár, majd az újbóli felhasználáskor az

egyenáramot többnyire váltakozóvá kell alakítani. Az akkumulátoros tárolással kapcsolatban azonban jelen technológiai szinten három igen súlyos probléma fogalmazható meg:

- az akkumulátorok gyártása meglehetősen drága, a villamosság tárolásának költsége ezért nagyságrendileg nagyobb az előállításnál;
- az akkumulátorok gyártásához használt anyagok (lítium, ritkaföldfémek) bányászata rendkívül pusztító hatással van a környezetre;
- az akkumulátorok fajlagos energiasűrűsége⁵ a kőolajszármazékokhoz képest igen rossz. Jelenleg ez a fő akadálya pl. a villamos autók terjedésének is.

A HIDROGÉN ÜZEMANYAGCELLA MŰKÖDÉSE ÉS JELLEMZŐI

A hidrogén energiahordozóként történő felhasználásának a legkézenfekvőbb módja az elégetés, így erőművi módszerrel⁶ akár villamosságot is előállíthatnánk a segítségével, de szerencsére az üzemanyagcellák révén kínálkozik erre egy direkt mód is. Az üzemanyagcellák elvi alapjai már a XIX. század első felétől ismertek, de komolyabban csak az 1970-es évek, vagyis az első olajválság óta kutatják a gyakorlati felhasználásukat. Az első kereskedelmi célú alkalmazásuk az 1990-es évekre tehető [2]. Üzemanyagcella alatt egy olyan kémiai áramforrás értendő, ami a megfelelő anyagok folyamatos biztosítása mellett folyamatosan képes áramot előállítani, tehát az akkumulátorokkal vagy galvánelemekkel szemben (legalábbis elvben) soha nem merül le. A használt üzemanyag elméletileg, sőt már a gyakorlatban is sokféle lehet⁷, de a legegyszerűbb és leggyakoribb megoldás a hidrogén alkalmazása, ezért a továbbiakban kimondottan a hidrogéncellákról lesz szó.

A hidrogént használó üzemanyagcellák az ún. PEM cellák⁸. Ezek működését az 1. ábra alapján lehet megismerni. A nagy nyomású hidrogén (H_2 gáz) az anódra kerül, ahol a katalizátor hatására leadja az elektronjait. A protonok átha-

ÖSSZEFOGLALÁS: A hidrogénüzemű PEM cella egy olyan technológia, amelyben Magyarország számára is jelentős alkalmazói és fejlesztési potenciál rejtőzik. A haditechnikában történő felhasználása olyan eszközöket eredményezhet, amelyek bizonyos egyedülálló tulajdonságaik által jelentős műveleti előnyt biztosíthatnak az alkalmazó katonai egységek számára. Az MTA Természettudományi Kutatóközpontjának Anyag- és Környezetkémiai Intézet révén Magyarország önállóan is sikerre vihet bizonyos részkutatásokat vagy létrehozhat magas műszaki színvonalú haditechnikai eszközöket.

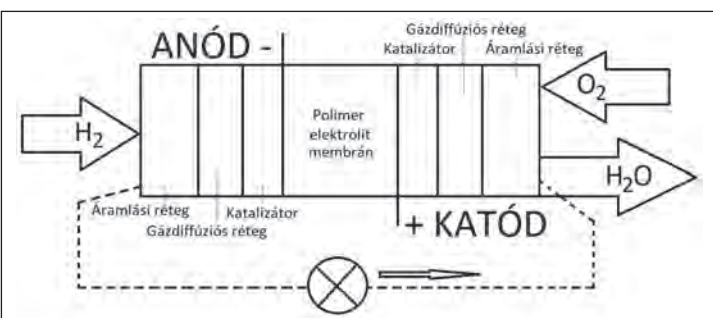
KULCSSZAVAK: PEM cella, hidrogénüzem, villamosenergia-ellátás, haditechnika, MTA TTK AKI

ABSTRACT: The hydrogen-powered PEM fuel cell is a technology having considerable application and development potential for Hungary too. Its application in military technology can result in devices that, by virtue of their some unique features, can bring significant operational benefits for the military units that use them. Through the Institute of Materials and Environmental Chemistry of the Research Centre for Natural Sciences of the Hungarian Academy of Sciences, Hungary can independently conduct certain smaller-scale researches or create high-tech military equipment.

KEY WORDS: PEM fuel cell, hydrogen-powered, electricity supply, military technology, MTA TTK AKI

* Mk. ezredes, MH Modernizációs Intézet, osztályvezető, NKE doktorandusz, ocskay.istvan@hm.gov.hu. ORCID: 0000-0003-0279-8215

** Mk. alezredes, MH Modernizációs Intézet, kiemelt főtiszt, NKE doktorandusz, vegvari.zsolt@hm.gov.hu. ORCID: 0000-0003-2543-6049



1. ábra. A PEM cella felépítése (Grafika: Végvári Zsolt)

ladnak a membránon, majd a katódon a levegő oxigénjével (O_2) és saját elektronjaikkal vízzé (H_2O) oxidálódnak. A vízmolekula energiaszintje alacsonyabb, mint a H_2 és O_2 molekuláké együttesen, a két energiaszint közötti különbség pedig tulajdonképpen a membránon kívül áramló elektronok által végzett munka.

A PEM cella számos előnyös tulajdonsággal bír:

- A vegyi energia sokkal magasabb hatásfokkal (50-60%) alakul át villamos energiává, mint a hőerőgépek által meghajtott generátorok esetében⁶.
- Az átalakulást nem kíséri hang és fényjelenség, csupán mérsékelt hődisszipáció.
- A levegő oxigénje mindig rendelkezésre áll, a hidrogén pedig nagy nyomáson (folyékony állapotban) tárolva igen komoly energiasűrűséggel rendelkezik.
- A folyamat rendkívül környezetbarát, az égéstermék közönséges víz.

A technológiának számos hátrányos tulajdonsága is ismert:

- A hidrogén rendkívül illékony gáz, nagyon nehéz kis veszteséggel tárolni, szállítani és tölteni. A levegővel ráadásul robbanásveszélyes elegyet (durranógáz) alkot.
- Maguk a PEM cellák igen nagy tömegűek és a katalizátorként általánosan használt platina miatt drágák is.
- A megfelelő nagyságú áramerősség biztosítása érdekében az anód és katód felületét extrém nagyra kell növelni és ehhez nanotechnológiás anyagok szükségesek.

A HIDROGÉN ELŐÁLLÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

A hidrogén több kémiai folyamat melléktermékeként is keletkezhet, de ahhoz, hogy nagyobb mennyiségben a járművek hajtásához felhasználható legyen, a hidrogén irányított, tervezett előállítására van szükség. Ennek számátalan lehetősége van, amelyek közül az alábbiak a legfontosabbak [2]:

- hagyományos eljárással, metán gőzreformálásával (Steam Methane Reforming – SMR), amelynek során magas hőmérsékleten ($700\text{--}1100\text{ }^\circ\text{C}$) a vízgőz (vízpára) reagál a metánnal, így szén-monoxid és dihidrogén keletkezik: $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3 H_2$,
- víz elektrolízise segítségével, amelynek során a vízbe alacsony feszültségű áramot vezetve, oxigéngáz képződik az anódon, illetve ezzel egyidejűleg hidrogéngáz képződik a katódon $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$,
- biomassa alapú, megújuló hidrogén előállítása tri-generációs eljárással, amelynek során a biogázból hő- és villamos energia előállítás mellett nagy mennyiségű hidrogéngáz is keletkezik. Jelenleg Kalifornia államban több mint 27 ilyen elven működő, telepített, hidrogén töltőállomás található.

Az első előállítási mód ipari méretű berendezéseket igényel, a megtermelt hidrogéngázt nagy nyomáson, alacsony hőmérsékleten szállítják a felhasználási területre. A másik két előállítási módot lehet lokális, kis területigényű mobil eszközökkel is megvalósítani, telepíthető hidrogénkutakat létrehozva.

1. táblázat. Különböző energiahordozók és energiatárolók energiasűrűsége

	anyag/technológia	elméleti maximális energiasűrűség	
		térfogatarányos	tömegarányos
alkáli elemek		~100 Wh/l	~150 Wh/kg
Villamos akkumulátorok	ólomsavas (Pb-acid)	~40 Wh/l	~25 Wh/kg
	nikkel-kadmium (NiCd)	~150 Wh/l	~100 Wh/kg
	nikkel-fémhidrid (NiMH)	~300 Wh/l	~150 Wh/kg
	lítium-ion (Li-ion)	~650 Wh/l	~250 Wh/kg
	lítium polimer (Li-polymer)	~700 Wh/l	~250 Wh/kg
	lítium ferrofoszfát (LiFePO ₄)	~200 Wh/l	~100 Wh/kg
Fosszilis fűtőanyagok	fekete kőszén	~9 000 Wh/l	~6 500 Wh/kg
	cseppfolyós földgáz	~7 000 Wh/l	~12 000 Wh/kg
	benzin	~9 500 Wh/l	~12 000 Wh/kg
	gázolaj	~10 500 Wh/l	~13 500 Wh/kg
hidrogén		~2 500 Wh/l	~40 000 Wh/kg ¹¹
urán 235-ös izotóp		~4,7 · 10 ¹² Wh/l	~2,5 · 10 ¹⁰ Wh/kg



AZ ÜZEMANYAGCELLA ÉS AZ AKKUMULÁTOROK ÖSSZEVETÉSE

A villamos energia jelenleg mind fosszilis, mind nukleáris, mind megújuló forrásokból elérhető áron állítható elő, és távvezetékekkel minimális veszteség mellett továbbítható. Ugyanakkor a villamos energiára ott is van igény, ahol nincsen villamos infrastruktúra. Vagy, mert nem érte meg kiépíteni, vagy technológiailag nem is lehetséges (lásd e-mobilitás), vagy valamilyen környezeti vagy emberi tevékenység (pl. árvíz, háború) miatt megrongálódott, megsemmisült. Ilyenkor helyben kell megtermelni az áramot, az erőműveknél jóval költségesebb aggregátorokkal, vagy „tárolt” formában kell odaszállítani. Ez utóbbi területen napjainkban a PEM cellák az akkumulátorokkal közvetlenül versenyeznek. A felhasználás viszonylagos egyszerűsége miatt jelenleg az akkumulátorok az elterjedtebbek, de igazából a PEM cellák is hasonló technikai paraméterekkel bírnak, illetve számos tekintetben jobbak is.

A hidrogéncellák terjedésének napjainkban az ár a legfontosabb akadálya. Az e-mobilitás területén jól látszik, hogy ha a teljes hajtáslánc tömeg/teljesítmény arányait vizsgáljuk, a hidrogénes autók már versenyképesek a hagyományos autókkal is, az akkumulátoros meghajtásnál pedig jóval nagyobb hatótávot és gyorsabb feltölthetőséget biztosítanak. Ugyanakkor az magas árak mellett ellenük szól az is, hogy sokan idegenkednek a hidrogéntől és veszélyesnek tartják, illetve a hidrogén előállítására és elosztására szolgáló infrastruktúra is meglehetősen beruházás-igényes.

A hidrogénes PEM cellás rendszereknek napjainkban elsősorban a hosszú távú lokális, hálózattól független villamos ellátásban van óriási előnye. Megfelelő számú napelemmel vagy más megújuló forrással és akkumulátorokkal már most is megoldható egy objektum teljes villamos energetikai függetlensége, de rossz időben csak az igen drága akkumulátorok kapacitásának határáig. A hidrogén tárolásának ugyanakkor csak a viszonylag olcsó tartályok kapacitása szabhat gátat. Már Magyarországon is működik több olyan épület, illetve távközlési csomópont, ahol a napelemek, akkumulátorok és a hidrogén hármassával biztosítanak azoknak lényegében egész évben, hálózattól független módon villamos áramot.

A hosszú távú villamosenergia-tárolás kitűnő példája még a német U 212-es dízel-elektromos tengeralattjáró-osztály is, ahol az akkumulátorok csak kiegészítő jelleggel vannak jelen a fedélzeti gépészetben. A hosszabb távú víz alatti haladáshoz szükséges villamosságot PEM cellákból nyerik, a hidrogént pedig a felszíni haladáskor a dízelmotorokra kötött generátorokból nyert villamosság segítségével, vízbontással fejlesztik [3].

Szintén előnyben van az üzemanyagcella az akkumulátorokkal szemben, ahol valamilyen okból a belső égésű motorral hajtott aggregátorok nem alkalmazhatóak. Ilyen esetekben az akkumulátorokat nem lehet újratölteni, de amennyiben a hidrogén, tüzelőanyagként folyamatosan biztosítható, a PEM cellás áramforrások üzemidejének elvben csak az elektródák és a katalizátor degradálódása szab határt. Említésre méltó még, hogy bár az üzemanyagcella hatásfoka is hőmérsékletfüggő, ez elhanyagolható az akkumulátorokhoz képest, amelyek típustól függően fagypont alatt a névleges teljesítményüknek csak alig 10-40%-át képesek leadni [4].

A HIDROGÉNCELLÁK LEHETSÉGES ALKALMAZÁSAI

Napjainkban a hidrogén tipikus felhasználási területének számít már a különféle szállítási feladatok ellátása, beleértve a személy- és teherszállító járműveket, hajókat, vasúti

kocsikat, repülőgépeket anyagmozgató berendezéseket, továbbá olyan stacioner berendezéseket, mint hálózattól független generátorok vagy a háztartási melegvíz, fűtés és villamosenergia-előállítás mini erőművek (mini-CHP¹²). 2017-ben¹³ Európában 350 db személygépkocsi, 47 db autóbusz, 18 db teherszálló és 116 db targonca hajtóanyaga volt a hidrogén, amelyet ezek az eszközök mindösszesen 39 töltőállomásból tudtak vételezni. Emellett 1112 db olyan mikro erőmű üzemelt a kontinensen, amelyet szintén hidrogén hajtott [5].

A hidrogéncellák alkalmazásának előnyei a közlekedési eszközök tekintetében jelentkeznek leglátványosabban. Eltekintve a jelenlegi gyér hidrogénkút hálózattól, egy átlagos hidrogénhajtású személygépkocsinak 500-600 km a hatótávolsága, és akár 3-5 perc alatt feltölthető a jármű hidrogéntartaléka [6]. Teherszállókénál még látványosabbak ezek az értékek, ott akár 1900 km megtételére elég a fedélzeten tárolt 100-120 kg-nyi hidrogén, 15 perc alatt fel lehet 100%-osan tölteni a tartályokat, akár kétszeres nyomtatékat is produkálnak a villanymotorok egy hagyományos dízelmotorhoz képest. Fajlagos fogyasztásuk 0,7-1 kg/100 km, ahol jelenleg 1 kg hidrogén ára (természetesen kutaktól függően) 9-11 Euró között mozog, amely arányait tekintve gazdaságossá teszi a járművek üzemeltetését. A korábban is említettek szerint jelenleg a járművekbe szerelt üzemanyagcellák ára, illetve azok tömege, ami megnehezíti ezen eszközök elterjedését.



2. ábra. A hidrogéncellás hajtás sematikus ábrázolása

Nézzünk néhány, már megvalósult példát, a hidrogén meghajtású autók legnagyobb fejlesztője, a Toyota jóvoltából [7]. A Toyota Mirai hidrogéncellás, hibrid hajtású személyautó, amelyet a gyár már 2016 óta gyárt, fejleszt, jelenleg már 154 kW-s teljesítménnyel rendelkezik 550 km-es hatótávolság mellett. A jármű kialakítása megegyezik egy hagyományos 4 ajtós szedánéval, a csomagteret 361 literes, hossza 4,89 méter.

3. ábra. Toyota Mirai egy hidrogéntöltő állomáson





4. ábra. A Toyota Mirai hidrogéncellás szedán meghajtórendszerének ábrája

A járműben két hidrogéntank található, együttesen 4 kg hidrogént képesek tárolni. Kialakításuk és anyagválasztásuk olyan, hogy akár a közletről leadott pisztolylövéseknek is ellenállnak. Amennyiben a jármű szenzorjai olyan mértékű lassulást érzékelnek, amely megfelel egy baleset által szolgáltatott értéknek, akkor egy biztonsági szelep kinyitja a tárolt hidrogént, amely – mivel a legkönnyebb előforduló elem a földön –, gyorsan elillan a levegőben, megakadályozva annak esetleges kigyulladását.

A Toyota Mirai hajtásláncának felhasználásával készültek a különféle kialakítású tömegközlekedési eszközök, buszok is, amelyek közül a Toyota Sora busz, két Mirai hidrogéncella felhasználásával, 2×110 kW teljesítmény leadására képes. A 22 ülő és 56 álló utas szállítására kialakított busz érdekessége, hogy a hidrogéncellákból villamos energia nyerhető álló helyzetben is, amely energia segítségével állóhelyi fogyasztók is táplálhatók 9 kW teljesítményig. A 2024-es Tokiói Olimpiai Játékokra 100 db ilyen hidrogéncellás autóbusz rendszerbe állítását tervezik.



5. ábra. A Toyota Sora városi autóbusz

Szintén a Mirai üzemanyagcellákból fejlesztette ki a Los Angeles-i Toyota Logistics Systems (TLS) vállalat az „Alpha Truck” fantázianévű nyerges vontatóját. Természetesen az üzemanyagcellák nem az eredeti villanymotorokat hajtják meg ebben a teherautóban, hanem egy fokozott



6. ábra. Az Alpha Truck Los Angeles-i bemutatója

igénybevételre kifejlesztett 250 kW teljesítményű villanymotor hajtja meg a kerekeket. Ennek megfelelően, és a rendelkezésre álló 40 kg-nyi hidrogénnel mintegy 2000–2200 km-t tud megtenni. Eddig több mint 15 000 km-t tettek meg vele minden gond nélkül, és a használat során begyűjtött tapasztalatok alapján világossá vált az elektromos hajtás előnye, hogy a belsőégésű motorokkal ellentétben már az induláskor hatalmas nyomaték áll rendelkezésre, amelyet a rendszer a gyorsítási szakaszban is folyamatosan képes biztosítani.

Általánosságban elmondható, hogy a hidrogéncellás meghajtási rendszerek a jövő előtt állnak, kiemelten a tehergépjárművek és a közösségi, tömegközlekedési járművek körében még akkor is, ha a járművek jelenleg alacsonyabb hatásfokkal és drágábban üzemeltethetők, mint a hibrid, vagy akár a belsőégésű motorral hajtott társaik. Ezen felül jelenleg még alacsony a hidrogénutak elterjedt-

7. ábra. Bart Biebuyck, az FCH JU elnöke demonstrálja a hidrogéncellás hajtás „melléktermékének” biztonságos felhasználhatóságát



sége, ezzel együtt kevés üzem vagy vállalat foglalkozik a hidrogén előállításával, annak tárolásával és elosztásával. Nem szabad azonban azt sem elfelejteni, hogy a hidrogén-cellás meghajtórendszer egyik nagy előnye jelenleg, hogy melléktermékként (égéstermékként) mindössze tiszta víz szabadul fel.

A HIDROGÉNCÉLLÁK LEHETSÉGES KATONAI ALKALMAZÁSA

A korábban említett előnyös tulajdonságai miatt a PEM cellás rendszerek védelmi szférában történő felhasználását számos helyen kutadják. Ismert tény, hogy a korszerű haderők egyre nagyobb mértékben függenek a villamos energiától, amely nemcsak a béke időszaki működésben és a tábori elhelyezésben érhető tetten, hanem a harcmezőn is. Mind a korszerű harceszközök, mind az egyéni katonák felszerelése egyre több elektromos eszközt tartalmaz. Ezek köre a jövőben várhatóan még bővülni fog, energiaellátásuk napjaink egyik legfontosabb logisztikai problémája. Ezen a körön belül van néhány olyan pont is, ahol a hidrogén-cellák alkalmazása rendkívül előnyös lehet. Az alább felsorolt esetekben több állam hadserege, illetve nemzetközi szervezetek is folytatnak kutatásokat.

Egy gyalogos katona málhájának már most is igen jelentős részét teszik ki az akkumulátorok. Ha meg lehetne oldani ezek műveleti területen történő újratöltését, az nagyban növelné a katonák független alkalmazásának idejét. Léteznek olyan kis méretű aggregátorok, amelyekkel fel lehet tölteni egy raj vagy szakasz akkumulátorait, de hasonló méret és tömeg mellett erre egy PEM cella is képes lehet, ráadásul hang nélkül.

A békemissziók egyik legsebezhetőbb pontját képezik az utánpótlást szállító konvojok. Ha egy állandó tábor villamosenergia-ellátására pl. napelemeket alkalmaznak, az nyilvánvalóan csökkenti az aggregátorokba szükséges üzemanyag mennyiségét, ami redukálja a szükséges utánpótlást. Rossz idő esetére bizonyos mennyiségű akkumulátort is beépítenek ezekbe a korszerű tábori áramellátó rendszerekbe. A jelenlegi műveleti területeken az éghajlat okán ez többnyire nem jelent súlyos korlátot, de mérsékelt vagy hideg égővi területeken már versenyképes lehet a napelemes vízbontás – PEM cella kombinációja.

A korszerű harcjárművek számos villamos berendezést hordoznak, amelyeket álló helyzetben is üzemeltetni kell. Ilyenkor többnyire járatták a jármű motorját, de az nem csupán a zaj miatt kellemetlen, hanem csökkenti az eszköz hatótávolságát is. El lehet látni a járművet további akkumulátorokkal is, de ez jelentős tömegnövekedést von maga után és rontja a mozgékonyt. Sok esetben telepítenek az ilyen járművekre kiegészítő, állóhelyzeti áramforrást. Ez ugyan szintén növeli a tömeget és fogyasztja az üzemanyagot, de mivel ezek a mini aggregátorok a fő hajtóművel ellentétben erre a feladatra vannak optimalizálva, alkalmazásuk hatékonyabb. Bár a logisztikai ellátási láncba nem szerencsés egy újabb üzemanyagfajtát bevonni, ebben az esetben mégis előnyös lehet, hiszen, ha az állóhelyzeti aggregátor helyett PEM cellát alkalmazunk. Ez lényegében hasonló mértékben rontja a harcjármű bizonyos paramétereit, de észrevétlenül működik, így nagyban növelhető a hordozó eszköz túlélőképessége.

Ahogy korábban is láthattuk, a PEM cellás – elektromos gépjármű-hajtáslánc bizonyos dimenziókban csaknem azonos, vagy akár azt meghaladó mozgékonyt képes biztosítani, mint a hagyományos dugattyús motorok, miközben nem kell számolni a zajjal és a nagy hőkibocsátással. Ezek a tulajdonságok ideálissá teszik egy könnyű felderítő



8. ábra. A Fort Carsonban tesztelt Chevrolet Colorado ZH2 terepjáró (General Motors)

(harc)jármű platformjaként. A hidrogénnel való feltöltés nem jár zajjal és csupán rövid ideig tart, így az ilyen jármű ellenség által történő felderítése meglehetősen nehézkes lehet. A hidrogéntároló tartályok megfelelő ballisztikai védelemmel történő ellátása lehetővé teszi az eszköz biztonságos harctéri üzemeltetést is. A US ARMY TARDEC¹⁴ a General Motorssal karöltve kísérleteket folytat már több mint 1 éve egy Chevrolet Colorado ZH2 típusú, hidrogén-cellákkal felszerelt terepjáró gépjárművel [9].

A HIDROGÉNCÉLLÁK TOVÁBBI FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

Általában igaz, hogy Európa a jelenleg legkorszerűbbnek számító lítium-alapú akkumulátoroknak mind a gyártása, mind a fejlesztése területén komoly lemaradásban van Észak-Amerikához és Kínához képest. Ennek számos egyéb tényező mellett az is az oka, hogy lényegében Európában az egyetlen kontinens, ahol sem lítiumot, sem ritkaföld-fémeket nem lehet rentábilis módon kitermelni, míg (ha tekintünk a katalizátorhoz szükséges platinától) a PEM cellák esetében nincs ilyen korlát. Így nem csoda, hogy Európában számos helyen élénken dolgoznak a hidrogén szélesebb körű alkalmazásán, illetve, hogy az üzemanyag-cellák fejlesztésének másik élharcosa az a Japán, amely szinte minden ásványi kincsből behozatalra szorul.

A hidrogén alkalmazásával kapcsolatban mára már sok probléma jól kezelhetővé vált. A közhiedelemmel ellentétben a hidrogén egyáltalán nem veszélyesebb a kőolajszár-

9. ábra. Az U 31-es a német haditengerészet legújabb, U 212 osztályú tengeralattjárója, amelyet üzemanyagcellás AIP-rendszerrel láttak el





10. ábra. A Fort Carsonban tesztelt Chevrolet Colorado ZH2 terepjáró „erőműve”

mazék alapú üzemanyagoknál. Mivel igen nagy az energiasűrűsége, nem okoz jelentős problémát a tárolásra szolgáló tartályok robusztus kialakítása. A legkorszerűbb, a hidrogén üzemű gépkocsikban alkalmazott tartályok könnyedén ellenállnak bármilyen ütközésnek vagy akár kézi fegyverek lövedékeinek is.

Az elektródák felületnövelése még mindig napirenden van, de a nanotechnológia révén itt még jelentős fejlesztési potenciál rejlik, illetve a teljesítménysűrűség növelése külső eszközökkel (szuperkondenzátorok) is megoldható.

A hidrogén üzemanyagcellák széleskörű elterjedéséhez a legfontosabb jelenleg fejlesztendő területek az alábbiak:

- A cellák árának mérséklése a katalizátorként alkalmazott platina részleges vagy teljes kiváltásával.
- Az elektródák és a katalizátor-réteg öregedésének mérséklése, a cellák üzemidejének növelése.
- A kevésbé tiszta, ezért sokkal olcsóbban előállítható hidrogén alkalmazhatóságának megoldása.

Ezeket a területeket Magyarország még Európán belül is viszonylag jó pozíciókkal bír, hiszen a Magyar Tudományos Akadémia Természettudományi Kutatóközpontjának Anyag- és Környezetkémiai Intézetében¹⁵ már évtizedek óta kutatják a témát, és e tevékenységük nemzetközileg is elismert.

ÖSSZEFOGLALÓ

A hidrogénüzemű PEM cella egy olyan technológia, amelyben Magyarország számára is jelentős alkalmazói és fejlesztési potenciál rejtezik. A haditechnikában történő felhasználása olyan eszközöket eredményezhet, amelyek bizonyos egyedülálló tulajdonságaik által jelentős műveleti előnyt biztosíthatnak az alkalmazó katonai egységek számára. A technika széleskörű elterjedése ugyanakkor pozitív hatással lehetne Magyarország energiabiztonságára is.

A PEM cellák jelen állapotukban is érdemesek arra, hogy egyes katonai eszközökben történő alkalmazásuk megfontolás tárgyát képezze és ezekből magas készletléti szintű fejlesztések, prototípusok készüljenek. Hosszabb távlatban gondolkodva pedig a technológiához kapcsolódó alapvető kutatások, elsősorban anyagtechnikai fejlesztések hozhatnának előrelépést.

Az Európai Unióban mindkét fejlesztési irány komoly támogatásnak örvend, így a nemzetközi projektekben való részvétel lehetősége is adott, de az MTA TTK AKI révén Magyarország önállóan is sikerre vihet bizonyos rész kutatásokat vagy létrehozhat magas műszaki színvonalú haditechnikai eszközöket.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Key World Energy Statistics 2017, International Energy Agency. DOI: 10.1787/key_energ_stat-2017-en;
- [2] Stolten, Detlef & Emonts, Bernd: Fuel cell science and engineering materials, processes, systems and technology, Wiley-VCH, Weinheim, 2012. DOI: 10.1002/9783527650248;
- [3] Szűr Zoltán: Az U212 osztályú üzemanyagcellás tengeralattjáró, Haditechnika, 2005/2,3.;
- [4] Wu, Yuping: Lithium-ion batteries; fundamentals and applications, CRC Press, 2015, Boca Raton. DOI: 10.1201/b18427;
- [5] Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking szóróanyag;
- [6] Mayer Zoltán: Hidrogén-mobilitás és lehetséges szinergiái a közlekedési és energetikai rendszerekkel, a Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület 2018. május 23-i előadása;
- [7] Toyota Central Europe Kft.: A hidrogén jelene és jövője, 2018. májusi 23-i előadása;
- [8] Field, Kyle: Toyota Explores The Potential Of A Hydrogen Fuel Cell Powered Class 8 Truck, CleanTechnica, 2018.04.27, <https://cleantechnica.com/2018/04/27/toyota-explores-the-potential-of-a-hydrogen-fuel-cell-powered-class-8-truck/> [Letöltve: 2018. július 03];
- [9] Diamond, Christopher: Army begins testing off-road vehicle powered by hydrogen fuel cell, ArmyTimes, 2017.08.07; <https://www.armytimes.com/news/your-army/2017/07/11/army-begins-testing-off-road-vehicle-powered-by-hydrogen-fuel-cell/> [Letöltve: 2018. július 04].

JEGYZETEK

- 1 A primer energiák azok az energiaformák, amelyek a természetben is megtalálhatók. Ilyenek a fosszilis energiák, a maghasadás és a szél, a víz vagy a nap energiája, vagyis az energiahordozók.
- 2 2008-ban kb. 35 TWh, 2017-ben 45 TWh.
- 3 A szekunder energiák általában nincsenek jelen a természetben, ezeket az ember állítja elő a primer forrásokból. Ilyen a motorbenzin vagy a villamosság is.
- 4 A távvezetékek vesztesége elhanyagolható pl. a kőolajszármazékok szállítási költségeihez képest.
- 5 Az energia koncentrációja a térfogat vagy a tömeg arányában, pl. Wh/kg vagy MJ/m³.
- 6 A hagyományos erőművekben használt eljárásához hasonlóan a hidrogént elégetve, majd a felszabaduló hőenergiával vizet forralva és azzal turbinát meghajtva is lehetséges az áram termelése.
- 7 Egyebek között a metanolos cella kifejlesztéséért kapott 1994-ben Nobel-díjat a magyar származású amerikai vegyész, Oláh György.
- 8 Proton Exchange Membrane – vagyis „protoncseres membrán”, a magyar terminológiában a „proton áteresztő membrán” megnevezés is használatos.
- 9 A generátorok hatásfoka akár 98-99% is lehet, de a generátort meghajtó hőerőgépek (dugattyús motor, esetleg gázturbina) termikus hatásfoka csupán 24-40%.
- 10 Az akkumulátorok esetében az élettartamot töltési/kisütési ciklusban mérik. Egy akkumulátort akkor tekintünk „selejtnek”, ha már csak az eredeti érték 80%-ára lehet feltölteni, ami manapság jellemzően 1000-2000 ciklus.
- 11 Cseppfolyós állapotban. A töltőnyomás emelésével az energiasűrűség is növelhető.
- 12 CHP – Combined Heat and Power units, azaz kombinált fűtő és energiaellátó egységek.
- 13 Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking 2017. december 31-i adat.
- 14 Tank Automotive Research, Development and Engineering Center.
- 15 MTA TTK AKI.

(Fotók Ocskay István gyűjteményéből.)



Kelecsényi István*

Az amerikai légierő T–X szuperszonikus kiképző repülőgép programja

Az amerikai légierő T–X szuperszonikus kiképzőrepülőgép-tenderen az Újvilág szinte minden nagyobb gyártója elindult. Többen külföldi repülőgépgyártót is bevontak a fejlesztésbe, vagy közösen gyártott repülőgép típus modernizált, amerikanizált változatával pályáztak. Néhány pályázó már gyártásban lévő repülőgépek módosított változatain minimalizálta a tervezési, gyártási költségeket, valamint csökkentette a technikai, üzemeltetési kockázatot. A külföldi gyártók bevonásának mértéke, a külföldi alkatrészek, berendezések aránya – a műszaki, technikai és gazdaságossági paraméterek mellett – komolyan befolyásolta a tendert. Teljesen amerikai repülőgépet a Stavatti Aerospace Industries indított. Új műszaki konstrukció volt a két nagy múltú repülőgépgyártó, a Boeing és a svéd SAAB kooperációjából készülő kiképző repülőgép. A Lockheed Martin és a koreai KAI, valamint a Leonardo kínálta repülőgépeknél a műszaki kockázat alacsonyabb volt, mivel a már több tucat, esetleg 100 darabnál is több sorozatgyártású repülőgép típus módosításával készítették kiképző repülőgép változatot.

A tenderen végül a Boeing–SAAB repülőgépe győzött, ezzel az Egyesült Államok fenntartotta a Boeing katonai repülőgépgyártó részlegét és fejlesztőcsapatát, valamint biztosította, hogy a harcászati repülőgép-tervezés és -gyártás az Egyesült Államokban nem egyedül a Lockheed Martin konszern vállalatainál maradjon.

ÖSSZEFOGLALÁS: Az amerikai légierő T–X szuperszonikus kiképzőrepülőgép-tenderen az Egyesült Államok szinte minden nagyobb repülőgépgyártója elindult. A beszerzési versenyen a Boeing és a SAAB közös fejlesztésű kiképző repülőgépe győzött. Az új repülőgép közbelső típus lesz az alapkiképző Beechcraft T–6 Texan II. légszavaros oktatógépek és a harci típusok között.

KULCSSZAVAK: T–X program, T–38, Boeing–SAAB, szuperszonikus kiképző repülőgép, amerikai légierő

A T–38 TALON RÖVID TÖRTÉNETE

A Northrop T–38 Talon az Amerikai Egyesült Államok Légierőjének elsődleges szuperszonikus kiképző repülőgépe. Az Northrop F–5 Freedom Fighter könnyű vadászpilóta repülőgép kétüléses változatából fejlesztették ki és 1961 márciusában állt szolgálatba. Az 1187 darabos sorozatgyártás nagy része az amerikai légierő számára épült. Az Egyesült Államok Légierőjénél, a haladó kiképzés során a leendő harci pilótáknak 105 órát kell a típuson repülniük. A repülőgépek átlagéletkora túllépte a 40 évet, valamint a Talonok strukturális terhelése is rendkívül nagy, egyrészt a sok repülés, másrészt a tapasztalatlan növendékek nem tökéletesen végrehajtott leszállásai miatt. A T–38-as, gyártása során több modifikációban készült. A legkorszerűbb változata a T–38C, amelybe már szemmagasságú kijelzőt (HUD), GPS-t, INS navigációs rendszereket és TCAS ütközés-előrejelzőt is beépítettek. A kiképző repülőgépek egy részében a General Electric J85–5A gázturbinákat módosított J85–5R-re cserélték. Az 5R-ekben, egy PMP nevű módosítással alacsony magasságú repülésnél javították és növelték a tolóerőt.

A Boeing 2016-ban jelentette be, hogy újabb 10 évre, azaz 2026-ig kitolja a T–38 Talon típusú kiképző repülőgépek üzemidejét. Az üzemidő-hosszabbítás értéke 855 millió dollár. A vállalat 456 darab T–38C modernizációját

ABSTRACT: Almost all major aircraft manufacturers participated in the tender for the US Air Force T–X supersonic trainer aircraft. The winner of the competition was the aircraft commonly developed by the Boeing and the Saab. The new aircraft will be an intermediate type between the propeller-driven trainer aircraft Beechcraft T–6 Texan II for basic training and the combat-type aircraft.

KEY WORDS: T–X program, T–38, Boeing–SAAB, supersonic trainer aircraft, US Air Force

* ORCID: 0000-0001-5563-3313



2. ábra. A Northrop T-38C Talon fél évszázada az alap sugárhajtású kiképző repülőgép az amerikai légierőnél

hajtja végre, ennek során a Talonok folyadékkristályos kijelzőket, modern vezérlő- és kommunikációs berendezéseket kapnak, illetve a hatékonyabb kiképzés érdekében 37 darab szimulátort is biztosítanak.

Kurt Schoeder, a program vezetője az ügyben azt nyilatkozta, hogy jelentős szerepet vállalnak a pilóták kiképzésében, illetve biztosítani kell, hogy a jövőben felkészült hajózők kerüljenek az alakulatokhoz.

Az Amerikai Egyesült Államok Légierőjén kívül a haditengerészet 10 darab, a NASA 32 darab T-38 Talont üzemeltet. Hét darab Talon magántulajdonban van, közülük a Boeing 2, a Thorton Corporation szintén 2 darab repülőgépet üzemeltet.

A német légierő Texasban a Sheppard támaszponton állomásoztat 35 darab T-38-as repülőgépet, amelyek amerikai felségjellel a *German Contributions to Euro NATO Joint Jet Pilot Training*, vagyis a NATO európai sugárhajtású pilóta-kiképzési program keretében repülnek. A török légierő 33 darab T-38M repülőgépet tart rendszerben, amelyek közül több a Turkish Stars – Török csillagok bemutató kötelékbe tartozik, de a típus szolgálatban állt Portugália, Dél-Korea és Tajvan légierőiben is.

Az amerikai légierő 2012-ben 508 darab kiképző repülőgépet üzemeltetett. Azóta a repülőképes példányok száma csökkent. 2008-ban anyagfáradás miatt az egyik kiképző repülőgép darabokra szakadt a levegőben, két hajóző életét veszítette. 2018-ban is több T-38-ast veszített az amerikai légierő. Május 24-én a Mississippi állambeli Colombus

3. ábra. A San Antonióban lévő Randolph repülőbázis 12. kiképző repülő ezred T-38C Talonjai a levegőben



Repülőbázis térségében, augusztus 21-én a Vance légibázis környékén Oklahomában, Enid városától 112 km-re katapultáltak a hajózők. Szeptember 11-én következett be a Sheppard légi támaszponton – vegyes amerikai és német személyzettel – a jelenlegi utolsó veszteség. A repülőgép túlfutott a kifutópályán, emiatt vészelhagyás mellett döntöttek a pilóták.

A T-X PROGRAM

A típusváltást az üzemidő-hosszabbítás ellenére már nem lehetett elodázni az amerikai légierőnél, azonban a 2003-ban megkezdett program – költségvetési okok miatt – eddig nem vezetett eredményre. A jelenlegi tervek szerint a típusváltás csak 2023-ra vagy 2024-re valószínűleg a kiképzőgépeknél.

A T-X program 2016 végén felgyorsult, amikor a pályázók már egymás után mutatták be az ismert repülőgépek új változatát vagy az új tervezésű típusokat, amelyekkel el kívánták nyerni a 350 darabra szóló megrendelést. Az első szériát valószínűleg újabb rendelések követnék, különféle export-megállapodások alapján. Szakértők szerint az üzleti lehetőség nagyságrendje körülbelül 1000 darab repülőgép gyártása lehet.

Az USAF-tól nem került nyilvánosságra a teljes követelményrendszer, azonban egy sor olyan kíváncsi, képesség, paraméter már kiderült, amelynek alapján a gyártók megkezdtek a kiképző repülőgépek tervezését, illetve bemutatását. Az új repülőgép közbelső típus lesz az alapki-képző Beechcraft T-6 Texan II. légszavaros oktatógépek, valamint a harci típusok között.

A tenderkövetelmények között nyilvánossá vált, hogy:

- 350 darab repülőgép beszerzésére kerül sor;
- 2017-ben választja ki a légierő a nyertest (ez 2018-ra csúszott);
- az új kiképző repülőgépek szállítását legkésőbb a 2024-es pénzügyi esztendőig meg kell kezdeni;
- a TX repülőgépeknek évente legalább 360 órát kell repülniük, és 80%-os hadrafoghatósági arányt kell biztosítani;
- a program teljes bekerülési értéke maximum 16 milliárd dollár;
- az első rendelés öt prototípus, majd 11 évre ütemezve évente maximum 37 db repülőgép legyártása.

Az előírások miatt az ajánlatban mindenképpen sugárhajtóműves, kétüléses repülőgép terveit várják, amelyet a napjainkban már megkövetelt képernyős pilótafülkével és azon belül HOTAS – Hands On Throttle And Stick (kezek a gázkaron és a botkormányon), HUD – Head Up Display (szemmagasságba vetített kijelző), FADEC – Full Authority Digital Engine Control (teljes hatáskörű, digitális gázturbinaszabályzás) rendszerekkel, valamint információ-menedzsmenttel kell felszerelni. Mindkét hajóző (tehát a növendék és az oktató) részére a gépnek azonos vezérlőkkel, kijelzőkkel, valamint terep- és ütközés-elkerülő szenzorokkal és rendszerekkel kell rendelkeznie.

A repülőgépeknek 6,5 G folyamatos és egy-egy durvább manőver során 7,5 G túlterhelést kell elviselniük, ez biztosítja, hogy a pilóták a későbbiekben egy tényleges harci repülőgépben 9 G-s túlterhelést is elviseljenek.

Az új kiképző repülőgépnek éjjel-nappal kompatibilitásra, légi utántöltésre és célelfogás gyakorlásra is alkalmasnak kell lenniük, mert az 5. generációs F-22-es és F-35-ös repülőgépeknek nincs kétüléses változata. Ugyancsak előírás a szélessávú adatkapcsolat, nagy méretű képernyők, valamint levegő-levegő és levegő-föld fegyverek szimulált



használatának beépítése. A T-38 Combat Talon kiképző repülőgéphez képest a tüzelőanyag fogyasztásnak legalább 10%-kal alacsonyabbnak kell lennie, valamint az üzemeltetéséhez elegendő kell, hogy legyen egy maximum 2500 méteres kifutópálya. A repülőgépnek leszálláskor száraz kifutópályán 25 km/h, nedves kifutópályán 20 km/h oldalszelet kell elviselnie.

A T-X TENDER PÁLYÁZÓI ÉS A POTENCIÁLIS JELÖLTEK

A BRITISH AEROSPACE SYSTEM (BAE) ÉS A NORTHROP GRUMMAN

Az USAF pályázatára elsőként a brit BAE System és az amerikai Northrop Grumman jelentkezett a Hawk új változatával. A típus régebbi verziója nem ismeretlen az Egyesült Államokban. A McDonnell Douglas T-45 Goshawk – amely gyakorlatilag egy hordozófedélzeti üzemeltetésre átalakított BAE Hawk Mk60-as – 1991 óta áll szolgálatban a haditengerészetnél. A 221 darabból napjainkban a T-45C változatot repülik, amely már szintén képernyős HOTAS-sal ellátott pilótafülkével, és HUD-dal rendelkezik. A tervek szerint 2035 után tervezik a típusváltást. A repülőgép szubsonikus, lokátorral felszerelhető, a légi utántöltés beépítése megoldható. A típus mögött jelentős exportsiker áll, a sárkányszerkezet optimális kialakítása miatt a mai napig is korszerű kiképző repülőgép. A legutolsó nagy üzletet Indiával kötötték, ahova 132 darabot exportálnak. A BAE – Northrop Grumman a Hawk T2-es modernizált, áttervezett változatával pályázott volna.

A T-X tenderen történt korai indulás megbosszulta magát, mert – valószínűleg a követelményrendszer változása miatt – a pályázatot félretették, a Northrop Grumman és a BAE pedig beszüntette kooperációját.

A NORTHROP GRUMMAN

Az amerikai cég, a brit Hawk helyett saját, új fejlesztést mutatott be 2016. augusztus 22-én, Model 400-as néven. A repülőgépet különös módon egy alvállalkozónál, a kompozit repülőgépeiről ismert Scaded Composites üzemében gyártották le. A terv aerodinamikailag hasonlított a T-38-as Talonra, az orr-rész viszont az ötödik generációs repülőgépekére emlékeztetett. A sárkányt nagysebességű repülésre optimalizálták, a hajtóműve azonban az F-404-102-es változata, amelyet a Boeing X-45-ösnél is alkalmaztak. A gázturbina utánégető nélküli, így kérdéses, hogy elérhető-e a szuperszonikus sebességet. A kompozitépítés kis

tömeget feltételez. A repülőgép függőleges vezérsíkjára az N400NT civil lajstrom került. A repülőgéppel több repülést végeztek. A kompozit „Talon-fejlesztés” problémákba ütközhetett, mert 2017. január végén a Northrop Grumman indoklás nélkül sajtóközleményt adott ki, hogy nem indul a tenderen.

A LEONARDO ÉS A RAYTHEON

A Raytheon és az olasz Leonardo (korábbi nevén Finmeccca) az Alenia Aeromacchi M-346 Master kiképző repülőgépének módosított változatával 2016. márciustól közösen készült a pályázatra. A T-100-asnak nevezett repülőgép F124-es hajtóművel már bemutatkozott 2016-ban Farnborough-ban, és elsősorban a törzs felső részére épített módosítás különbözteti meg az M-346 Mastertől. Az M-346-os kiképzőgép előzményei az orosz Jakovlev tervezőirodáiig vezethetők vissza. Az olaszok 1993-ban szálltak be a Jakovlev által az orosz légierő részére már 1991-től fejlesztett trénergép programjába. A kéthajtóműves típus 1996-ban repült először, és azzal a két ország a saját kiképző repülőgép flottáját akarta felfrissíteni. Széles körű exportban is gondolkodtak. Az oroszok a volt szovjet utódállamok részére, illetve a hagyományos fegyverpiaцаkra szállítottak volna, az olaszok pedig javarészt a NATO országoknak. A két ország partnerségének 2000-ben azonban vége szakadt, mivel a gép fejlesztésének további irányvonalát illetően a felek nem tudtak megegyezni. Az olaszok 77 millió dollárt fizettek a Jakovlevnek a gép technikai dokumentációjáért. A cégek egymástól függetlenül, M-346 Master és Jak-130 Mitten néven folytatták a típus további fejlesztését. Az orosz és az olasz repülőgép is sikeres az exportpiacokon. Mindkét repülőgép típusnak már most vannak alváltozatai, és könnyű csapásmérésre is alkalmasak. Az M-346-ost az olasz légierőn túl többek között a lengyel és az izraeli légierők is rendszeresítették.

A T-100-ast amerikai gyárban szerelték volna, és egy sor elektronikai alkatrészt szintén az Államokban gyártottak volna. A műszerfalba az F-35-ös nagy méretű képernyőjét építették be. A Honeywell F124 gázturbínája nem rendelkezik utánégetővel, ezért az olasz-amerikai kiképző repülőgép transzonikus tartományú repülésre készült, de enyhe zuhanásban képes átlépni a hangsebességet.

A Raytheon azonban Trump amerikai elnök megválasztása után, 2017. január 25-én bejelentette, hogy nem kíván a Leonardo partnereként indulni a tenderen. Az Egyesült Államok új elnöke által meghirdetett protekcionista (az amerikai megrendeléseket azok az amerikai vállalatok

4. ábra. A Modell 400-as a Northrop Grumman és a Scaded Composites közös terméke. Az N400NT egy kompozit T-38-as újragondolás. A Grumman végül visszalépett a T-X tenderen történő indulástól



5. ábra. A Leonardo M-346 Master T-100-as változata





6. ábra. A Lockheed Martin és a Korean Aerospace Industries a T-50 Golden Eagle kiképző repülőgéppel nevezett a T-X tenderre. A képen látható repülőgép törzsén a gerinctartály opcionálisan felszerelhető légi utántöltő-berendezéssel

nyerjék, amelyek az Egyesült Államokban, amerikai munkaerővel dolgoznak) politika is lehet a háttérben, mert a két cég közötti kapcsolat mindaddig nem tűnt labilisnak. A Leonardo a kiképző repülőgép gyártását Olaszországban végezte volna a Raytheon kiszállása előtt, de utoljára azt jelentették be, hogy a T-100-as számára összeszerelő üzemet hoztak volna létre a Mississippiben található Meridian mellett. A Leonardo végül egyedül pályázott a T-100-assal, azonban az amerikai partner nélkül esélytelen volt a jelen politikai helyzetben.

A LOCKHEED MARTIN (LM) ÉS A KOREAN AEROSPACE INDUSTRIES (KAI)

A Lockheed Martin és a Korean Aerospace Industries közösen fejlesztett T-50 Golden Eagle gépe utánégetős hajtóművel felszerelt szuperszonikus gyakorló repülőgép, amelynek harci változata az FA-50-es, együléses gép. Utóbbi egy „mini F-16-os” felszerelhető Elta EL/M-2032 doppler-impulzus, vagy Selex Vixen 500E AESA lokátorral, besugárzásjelzőkkel, a hajtóműve opcionálisan Eurojet EJ200-as vagy General Electric F414-es gázturbina. A repülőgépbe egy 20 mm-es gépágyút is beépítettek. A törzsközépponton egy, a szárnyak alatti hat felfüggesztőhelyen 3740 kg harci teher függeszthető, köztük AIM-1120-as lokátor irányítású BVR és AIM-9-es hőkövető rakéta, Mk82-es, 83-as bombacsaládok, köztük JDAM vagy Spice intel-

ligens bombák, KEPD-350K2-es robotrepülőgép, AGM-65 Maverick rakéta. A repülőgép logisztikai támogatása kiváló, technológiai oldalról kiforrott konstrukció. A T-50-est és az FA-50-est eddig öt ország rendszeresítette, Európában azonban a Lockheed Martin nem kívánja az F-16-os, valamint az F-35-ös konkurenciájaként versenyeztetni, ezért a KAI itt nem indíthatja tenderen, bár szerényebb fegyverterhelése ellenére a szuperszonikus 1640 km/h-s csúcsebbséggel rendelkező típus valószínűleg esélyes lenne kisebb kelet-közép európai országok beszerzésein.

A T-50A módosított változata a törzsgerincen kialakított légi utántöltési ponton képes az USAF merevcsőves tankereiről az üzemanyag átvételre. A repülőgép esélyes volt a tendergyőzelemre, amit azonban nehezített, hogy a Lockheed Martin az F-35-össel gyakorlatilag „túlnyerte” magát az Egyesült Államokban. A négyszeresére növekedett bekerülési költségek miatt jelenleg annak ellenére nem áll túl jól az új amerikai kormányzatnál, hogy Donald Trump személyes tárgyalása után az F-35-ös légierős változatának darabára először esett 100 millió dollár alá. A másik probléma a koreai alkatrészek bekerülése volt, amely ellentétes az amerikai kormányzat irányvonalával, bár ezeket az alkatrészeket a Lockheed hazai gyárában is elő tudták volna állítani.

2017 márciusában a hírek szerint a Lockheed Martin ajánlatot tett a T-X tenderre, amelyben vállalta, hogy az előírt 2024-es szállítási határidő helyett már 2022-ben átadja az első sorozatgyártású példányt az USAF számára.





7. ábra. A Sierra Nevada Corp és a Turkish Aerospace Industries közös fejlesztésű kiképző repülőgépről készült grafika

Az amerikai kiképzőgépek rendszeresítésére irányuló közbeszerzési eljárásra eredetileg 2017. március 30-ig kellett jelentkezni, így a versenytársaknak nem sok idejük volt, hasonló ajánlatokra.

A SIERRA NEVADA CORP (SNC) ÉS A TURKISH AEROSPACE INDUSTRIES (TAI)

A pályázni kívánó jelöltek legbizarrabb összefogása volt a Török Repülő és Űripari Vállalat, valamint amerikai partnere, a Sierra Nevada Vállalat összefogásából készülő repülőgép. Törökországban a repülőgép és hadiipar gyorsan fejlődik. A TUSAS (Turkiye Ucak Sanayii As – Turkish Aircraft Industries) az F-16C vadászbombázókat is licenc-

ben gyártotta. A Törökországban készített Viperek egy pilanatra érintették egy amerikai támaszpont betonját, így a gépeket immár amerikai termékeként adták el a gyártón kívüli, harmadik országok felé. Ennek ellenére a meglepetés volt a modernizált Mangusta harci helikopterből készített TAI-129-es gyártójaként is ismert TAI ringbe szállása az amerikai kiképző repülőgép tenderén.

A gép hajtóműve két FJ44-4-M típusú gázturbina. Az új kiképzőgépet a pilótafülkében ötödik generációs többfunkciós kijelzőkkel, HOTAS és HUD beépítésével tervezik. A repülőgép alacsony üzemanyag-fogyasztás mellett, másodlagos könnyű csapásmérő képességgel rendelkezik, és közös tervezési pontokon kapcsolódik az ötödik generációs török TF-X programhoz (amelyben érdekes módon a Raytheonnal először összeállt brit BAE a partnere a törököknek). Az új típus alacsony észlelhetőségű lenne, amely egyébként egy kiképző repülőgép számára nem kedvező. A repülőgép manővereit ugyanis ebben az esetben nehezen, vagy sehogysem lehetne lokátorral támogatott földi megfigyeléssel ellenőrizni.

A repülőgépet valószínűleg Nevadában állították volna össze. Egyetlen számítógépes grafika (7. ábra) került nyilvánosságra a repülőgépről, illetve egy, a grafikára nem is emlékeztető fénykép, amelyet valószínűleg a prototípusról készítettek. Az elsődlegesen török tervezésű repülőgép indulása és tendergyőzelme szinte kizárt az Amerikai Egyesült Államokban.

A TEXTRON AIRLAND LLC

A pályázattal kapcsolatban, a lehetséges indulók között emlegették a Textron Airland cég saját fejlesztésű könnyű harci és kiképző repülőgépét, a Scorpiont is. A Textron elsősorban a Cessna repülőgépgyár termékeivel vált világhírű repülőgépipari céggé. A légszavaros, valamint a

8. ábra. A Textron Airland LLC Scorpion repülőgépe. Az A-X és az O-A-X tenderen sem felelt meg, valószínűleg befejeződik a fejlesztése



Citation sugárhajtású üzleti repülőgép kategóriában a piaci szereplők egyik óriása jelenleg is öt-öt féle légcsonk és sugárhajtású típust gyárt.

A könnyű harcászati repülőgép tervezése 2011-ben kezdődött. Az elképzelések szerint elsősorban polgári gyártású alkatrészekből, a piacon található navigációs, rádió-, és avionikai rendszerekkel és jelentős kompozitanyag felhasználásával könnyű sárkányszerkezettel próbálták egy kiképző és könnyű harci repülőgépet létrehozni. A „fapados” katonai repülőgépet jóval kisebb bekerülési és fajlagosan kis karbantartási költséggel tervezték. A repülőgép-fejlesztés 4-5 év alatt, kizárólag saját forrásból készült. Az első „taxizás” 2013. november 25-én, az első felszállás december 12-én történt. A másfélórás első repülés során is bebizonyosodott, hogy a gép kiváló repülési tulajdonságokkal rendelkezik. Külsőre hátulról az F-14-esre emlékeztető, egyenes szárnyas konstrukció, tandem kétüléses elrendezésű pilótafülkével rendelkezik. Beépített fegyverzete nincs. A repülőgépbe többek között Cessna Citation Mustang, XLS, valamint X repülőgép-alkatrészeket is beépítettek. A repülőgép fly-by-wire rendszerű kormányzása, kettő darab Honeywell TFE 3731-es gázturbinával rendelkezik. A sárkánya kompozit és 20 000 repült órára tervezett. A Scorpion üres tömege 5352 kg. Szárnyanként három felfüggesztési pontra 2800 kg össztömegű fegyverzet, illetve póttartály függeszthető. A Scorpion orr-részébe – annak szűk mérete miatt – komolyabb hatótávolságú AESA lokátor nem helyezhető el, de vannak kisebb lokátortárral rendelkező, elsősorban izraeli és olasz gyártású radarok, illetve lézeres távmérők, amelyeket a megrendelő kívánságára beépíthetnek. A fegyverzet mellé, illetve helyére célzókonténer is függeszthető. Maximális sebessége 450 km/h, hatótávolsága 4400 km. A típus először a 2014. évi a fairfordi repülőnapon mutatkozott be. Azóta több kiállításon szerepelt, valamint több országban bemutatták, köztük Bulgáriában. Ott a hajózók azt mondták, hogy egyetlen repülőgéptípust sem vált ki, alacsony sebessége és páncélozatlansága miatt harci bevetésre minimális légvédelemmel rendelkező ellenféllel szemben is alkalmazható, ezért biztonságosan csak lézer vagy GPS irányítású bombázást tud végrehajtani közepes magasságból, célzókonténerrel. Az említett jellemzők ismeretében inkább (COIN) partizánvadász feladatokra használható. Paramétere alapján – különös tekintettel a szubszonikus sebességre – nem lett volna alkalmas a tenderen történő induláshoz, mivel szuperszonikus kiképző repülőgépet keresnek. A repülőgép átépítése gyakorlatilag új típus kifejlesztését jelentette volna. 2017. március 16-án a Textron hivatalosan bejelentette, hogy nem indul a T-X tenderen, a Scorpionnal és a saját leányvállalata által gyártott Beechcraft AT-6 Wolverine-nal ugyanakkor, az amerikai légierő OA-X könnyű csapásmérő pályázatán próbál szerencsét. 2018. február 6-án azonban az amerikai légierő nyilvánosságra hozta, hogy a sugárhajtóműves, valamint az Air Tractor/L3 Technologies által benevezett AT-802 Longsword is kiesett a tenderből, és végül, az AT-6 Wolverine és a brazil tervezésű, és más tendereken már nyertes A-29 Super Tucano turbólégcsavaros típusok közül kerül majd ki a győztes. Ez a bejelentés valószínűleg a Scorpion program végét is jelentheti, hiszen az Egyesült Államokon belül nincs rá igény, tehát legfeljebb külföldi megrendelésre számíthatnak.

Az AVIATION TECHNOLOGY GROUP (ATG)

Az ATG, amely a könnyű kompozit repülőgépeivel vált ismertté, 2017. február 2-án bejelentette indulását a tenderen. A cég a coloradói Englewood városában, a Stavatti



9. ábra. Az Avation Technology Group/Stavatti Aerospace Ltd. Javelin Mk-20-as repülőgépe. A kiállított N104TG még szuperszonikus üzleti jet-ként szerepelt a kiállításon

Javelin program keretében építené fel az ATG-1 Javelin típusjelzésű kiképző repülőgépét. A repülőgépet először még 2002-ben mutatták be, teljes léptékű mock-up-ként (makettként). 2003-ban az Israel Aircraft Industries (IAI) is beszállt a fejlesztésbe. A kétüléses repülőgépet Mk-20-as és Mk-30-as néven, két változatban fejlesztették tovább. A prototípus 2005. szeptember 30-án repült először. 2007 decemberéig azonban lassan haladt a fejlesztés. A repülőgéppel több kiállításon, köztük Le Bourget-en is megjelentek, ahol szuperszonikus üzleti repülőgépként próbálták eladni. Az időközben Stavatti Aerospace Ltd. néven átszervezett gyártó cég 2016. november 14-én mutatta be az áttevezett Mk-30-as repülőgépet, amelyet Advanced Jet Trainer (haladó kiképző sugárhajtású repülőgép) kategóriába soroltak. A december 16-i sajtótájékoztatóján újabb részleteket közöltek a repülőgépről. A Javelin 3,2 méter magas, 11,3 méter hosszú és 7,65 méter szárnyfeszítávolságú. A tömege üresen 2041 kg, teljes terheléssel 3300 kg. A Javelin erőforrása két Williams FJ33-4-19-es gázturбина, amellyel a tervek szerint maximális 925 km/h-s csúcssebességet érhet el, és 13 716 méter csúcsmagasságig emelkedhet; hatótávolsága 1852 km. A túlterhelhetőségét 9G-re tervezték.

A BOEING – SAAB

A Boeing a svéd SAAB cégcsoporttal már 2013-ban felvette a kapcsolatot az új kiképző repülőgép közös tervezésével, gyártásával kapcsolatban. A megkötött közös fejlesztési megállapodás (JDA) alapján egy új, közös tervezésű repülőgép készült el. Előzőleg többen egy lecsupaszított JAS-39 Gripen C/D változatot vártak, hiszen a Brit Birodalmi Repülőiskola már régóta használ JAS-39 Gripen szuperszonikus oktatási célra, azonban a BTX-1-es nevű oktató repülőgép új kialakítású sárkányán a LERX-re és az F/A-18-asra hasonlító függőleges vezérsík van, a hajtómű levegő-beömlő nyílások a Gripenére, az orr-rész a soha meg nem valósult SAAB-38-as csatarepülő tervezetre emlékeztet. A nagy pilótafülke kiváló kilátást nyújt. A Boeing Phantom Works vezetője, Darryl Davies szerint a T-X repülőgép harci feladatokra is alkalmas tervek alapján készült, kiválóan lehet vezetni, és biztonságos légi utántöltést tesz lehetővé. A pilótafülke kialakítása, a műszerfal, az oktató és a hallgató számára is lehetővé teszi az ideális helyzetmeghatározást, láthatóságot, a repülés oktatását és a





10. ábra. A Boeing-SAAB két, sorozatgyártás előtti példánya



11. ábra. A Boeing-SAAB T-X kiképző repülőgépe, felszállás közben

kai piacon, a Northrop Grumman és a SNC-TUSAS repülőgépén kívül az egyetlen teljesen új konstrukció. Az ezzel járó műszaki-technológiai kockázat csökkentése érdekében a repülési próbák már 2016. december 21-én megkezdődtek. A berepülési programot ütem szerint folytatták, az N381TX és N382TX számú T-X repülőgépeket nem prototípusnak és nem is demonstrátornak, hanem sorozatgyártás előtti repülőgépnek nevezték.

A GYŐZTES

2018. szeptember 27-én Washingtonban bejelentették, hogy a tender győztese a Boeing-SAAB közös fejlesztésű kiképző repülőgépe. Az első megkötött szerződés alapján, 813 millió dollár értékben, 5 sorozatgyártású példányt és 7 darab szimulátort kell leszállítani az amerikai légierő számára. A program keretében ennél jóval nagyobb megrendelésre számíthat a nyertes: 351 db repülőgép és 46 db szimulátor beszerzése a terv, 9,2 milliárd dolláros összköltséggel. A Boeing-SAAB stratégiája bevált, mert bár új típusról van szó, azonban ezeket rögtön sorozatgyártású repülőgépként adták el. Prototípusok nélkül indultak, ugyanakkor a T-X-ekkel végigrepültek egy komoly tesztso-rozaton. A Boeing gyártósora gyakorlatilag kész.

A tendergyőzelemben valószínűleg az is közrejátszott, hogy a Boeing a közelmúltban nem jutott ilyen jelentős mértékű katonai megrendeléshez. A Boeing katonai részlegének, fejlesztőcsapatának túléléséhez is szükséges volt a tendergyőzelem.

A nagy vesztes az LM partnere, a Korean Aerospace Industries (KAI) volt, amelynek részvényei 29,8%-kal zuhantak

az elvesztett üzlet miatt. A légierő szóvivője szerint a győzelemben Boeing-SAAB típus nagyon alacsony ára jelentette a döntő szempontot. A légierő előzetesen 19,7 milliárd dollárt tervezett a beszerzésre, ám végül majdnem 10 milliárd dollárral kevesebbet kell az új kiképzőgépekért fizetnie. A szerződés fix áras, tehát az esetleges költségnövekedést a Boeing-nek kell finanszíroznia.

FORRÁSOK

<https://combataircraft.keypublishing.com/2018/09/27/boeing-wins-t-x-trainer-competition/> [2018.12.20.];
<https://www.airspacemag.com/military-aviation/t-38-replacements-180967111/> [2018.12.20.];
<https://saabgroup.com/media/news-press/news/2018-09/u.s.-air-force-selects-saab-and-boeing-t-x-trainer/> [2018.12.20.];
<https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/1647147/air-force-awards-next-generation-fighter-and-bomber-trainer/> [2018.12.20.].

Vincze Gyula*

A Bundeswehr különleges műveleti erőinek új standard gépkarabélyja, a HK416A7-es



1. ábra. HK416A7-es gépkarabély Brügger & Thomet Rotex-V hangtompítóval és EOTech optikai irányzékkal

Az Oberndorf am Neckar székhelyű Heckler & Koch fegyvergyártó cég HK416A7-es gépkarabélyja nyerte a német szárazföldi- és a haditengerészeti haderőnem különleges műveleti erői (Das Kommando Spezialkräfte und des Kommandos Spezialkräfte der Marine) számára kiírt fegyvertendert, amely kiegészítővel együtt 1745 da-

rab fegyver 2020-ig történő legyártását és leszállítását jelenti. (A Heckler & Koch olyan löfegyverek előállításával vált híressé, mint az MP5-ös géppisztoly, a G3-as, valamint a modernebb G36-os gépkarabély, az MP7-es önvédelmi fegyver, az USP típusú pisztolyok és a nagy pontosságú PSG1-es mesterlövész-puska.) Az új gépkarabély katalógusszáma G95 (Gewehr 95) lesz.

2. ábra. HK416A5-ös gépkarabély EOTech optikai irányzékkal és GLM gránátvetővel



A tendert a Bundeswehr Technológiai és Beszerzési Hivatala (Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr) – a Sturmgewehr der Spezialkräfte program részeként – 2017 januárjában hirdette meg a különleges műveleti erőknél rendszeresített rövid csövű G36KA1-es / A2-es / A4-es változatok leváltására. A Bundeswehr alapfegyverének számító G36-os gépkarabély pontosságával kapcsolatban ugyanis súlyos probléma vetődött fel az alkalmazói tapasztalatok, többek között az afganisztáni német misszió harcosainak tapasztalatai alapján. Mivel a fegyver műanyag tokkal készült, nagyobb lövésszámnál, amelyet egy hosszabb tűzharc is

ÖSSZEFOGLALÁS: A Heckler & Koch fegyvergyártó cég HK416A7-es gépkarabélyja nyerte a német szárazföldi és a haditengerészeti haderőnem különleges műveleti erői számára 2017-ben kiírt fegyvertendert, amely kiegészítővel együtt 1745 darab fegyver 2020-ig történő leszállítását jelenti. Az új gépkarabély short stroke rendszerű, rövid gázdugattyú-hátrasiklásos, forgózárfes, 5,56×45 mm NATO-kaliberű sorozati lövő fegyver 14,5"-os csővel, FDE színű felületkezeléssel és a korábbi H&K változatokhoz képest módosított tűzváltó karral.

KULCSSZAVAK: Különleges műveleti erő, HK416A7 gépkarabély, Picatinny szerelősín, optikai, elektrooptikai célzó berendezés, lézeres célmegjelölő, GLM/AG36 gránátvető, VTAL harcászati lézermódul, fegyverlámpa

ABSTRACT: The winner of the tender launched in 2017 for a weapon for the special operations forces of the German Army and Navy was the HK416A7 assault rifle of the Heckler & Koch arms manufacturer; 1745 pieces of the weapon together with their accessories shall be delivered up to 2020. The 5.56×45 mm NATO-calibre new automatic assault rifle uses short-stroke system; it is designed with short gas piston, rotary bolt head and 14.5" long barrel; it is surface-treated to FDE-colour; its change lever is modified in comparison with the earlier H&K variants.

KEY WORDS: Special operations forces, HK416A7 assault rifle, Picatinny rail, optical, electro-optical aiming device, laser target designator, GLM/AG36 grenade launcher, VTAL tactical laser module, flashlight

* Vincze Gyula ny. mérnök alezredes. ORCID: 0000-0002-3732-4573

előírdézhethet, a cső felmelegedése miatt a műanyag tokozás nem tudja a csövet az eredeti pozíciójában tartani. A cső elhúzódik, ami a találati középpont vándorlását eredményezi. Egyes források szerint ez a jelenség már 120 lövésnél is jelentkezhet, és a pontatlanság mértéke 200 m lőtávolságon akár 50 cm is lehet! A fegyver pontosságát a szélsőségesen meleg időjárás is ronthatja, mert ilyenkor a fegyver alkatrészeinek felmelegedése intenzívebben, lehűlése pedig lassabban megy végbe.

Összesen öt fegyvergyártó cég indult a pályázaton, de közülük csak a Heckler & Koch, a C. G. Haenel, a Rheinmetall – Steyr – Mannlicher, valamint a SIG Sauer adott le 5-5 fegyvermintát vizsgálatra a Bundeswehr meppen fegyver- és lőszer-bevizsgáló centrumába. Az ötödik érdeklődő a Colt Canada Corporation nem nyújtott be termékmintát. Az amerikai-német SIG Sauer 2017 novemberében visszalépett a tendertől. Ahogy azt korábban feltételezni lehetett, a Heckler & Koch nem egy standard termékkel vett részt a pályázaton, hanem a HK416-os fegyvercsalád – francia és norvég fegyveres erők által már beszerzett, és számos más ország különleges műveleti erői által már használt HK416A5-ös (G38-as) – változatát fejlesztette tovább, kifejezetten a tender céljára.



3. ábra. HK416A7-es gépkarabély Brügger & Thomet Rotex-V hangtompítóval, kétlábú állvánnyal és EOTech optikai vörösponthoz

A HK416A7-es egy nagy pontosságú, megbízható működésű, rendszerét tekintve gázelveles, rövid gázdugattyú-hátrasiklásos short stroke rendszerű, forgózárfes, sorozatlövő egyéni tűzfegyver. 14,5"-os csővel, és a HK416-os korábbi változataihoz képest módosított tűzváltó karral rendelkezik, amely az 5,56×45 mm NATO-kaliberű töltényt tüzel. A short stroke rendszerből adódóan a fegyver működése rendkívül tiszta, lőporgáz szinte egyáltalán nem jut

4. ábra. A módosított mellső markolat könnyű hozzáférést biztosít az állítható gázátömlés-szabályozóhoz



5. ábra. Az ergonomikus kialakítású, kétkézes tűzváltó kar közeli képe

hátra az elsütőszerkezethez. A gyártó állítja, hogy a fegyver akár 15 000 lövés leadására is képes, és a cső ellenáll a lőporgázok korrozív savas közegének.

A HK416A5-ös (G38-as) modifikációhoz képest a HK416A7-es legszembetűnőbb módosítása a mellső ágy, amely hordozza a szerelékcsín-rendszert és ellátja a kéz hőtől való védelmét, valamint a burkolatbevonat és az új biztonsági architektúra. Az ergonomikus kialakítású, könnyen kezelhető, kétkézes, mind a jobb-, mind a balkezes használatra alkalmas tűzváltó kart biztosított helyzetből 45 fokos lépésenként – egyeslövés-állásba 45°-kal, sorozatlövés-állásba 90°-kal – kell elfordítani, hogy a fegyver kibiztosított állapotba kerüljön. Ez egyébként a Sturmgewehr der Spezialkräfte projekt célkritériumát is képezte.



6. ábra. A HK416A7-es gépkarabély Schmidt & Bender céltávcsővel a lőtéren

A Slim Line könnyű műanyag mellső markolatot univerzális HKey Picatinny szerelősínekkel látták el. A csőre szerelt mechanikus első irányzék lehajtható. A különféle képességnövelő kiegészítők (hangtompító, EOTech lézeres optikai irányzék, lézeres célmegjelölő, fegyverlámpa, bajonett, fegyverállvány stb.) felerősítésére szolgáló szerelősínek szerszám nélkül le- és felszerelhetők, egyszerűsítve ezzel a fegyver részleges szét- és összeszerelésének műveletét karbantartás vagy javítás során. A mellső sínrendszer 3-6-9-12 óra irányokban helyezkedik el a műanyag mellső ágyon. A szabványos sínek optikai, elektrooptikai célzó berendezéseket, lézeres célmegjelölőket, villalábat hordozhatnak. Az alsó sín alkalmas egy 40×46 mm-es Heckler & Koch fejlesztésű, saját markolattal és célzórendszerrel ellátott, oldalra nyitható (így hosszabb lövedékkel szerelt gránátok betöltésére is alkalmas), külön fegyverként is használható GLM vagy AG36-os gránátvető csato-

lására. A fegyver hőkezelt kerámia alapú Ceracote bevonata magas korrózió- és kopásvédelmet biztosít, ellenáll a legtöbb vegyszernek és oldószernek. Ez a modell már nem hagyományos földfekete, hanem Flat Dark Earth zöldes-barna színárnyalatú, amely nemcsak a fegyver napsugárzás általi felmelegedését csökkenti, hanem az optikai álcázást is javítja. Matt színe nem csillog, nem fénylik.

A fegyver csövén kiáramló gázok hanghatása Brügger & Thomet Rotex-V 30 dB zajszintcsökkentő hangtompítóval minimalizálható. A módosított, szerszám nélkül is végezhető gázszabályozás lehetőséget biztosít szubsónikus lösszer használathoz is.

Az 1745 darab lézeres célmegjelölő szettre később kiírt külön pályázatot a Rheinmetall Soldier Electronics nyerte el az általa fejlesztett Variable Tactical Aiming Laser (VTAL) integrált NATO harcászati lézermódullal. Szállítása 2019 első negyedévében kezdődik. Ezt a különösen kompakt, lézertámogatott célzási technológiát kifejezetten a rövid csövű HK416A7-es gépkarabélyhoz fejlesztették ki. Robosztus kialakítása stabilitást és megbízhatóságot kölcsönöz.



7. ábra. A Variable Tactical Aiming Laser célmegjelölő modul közeli képe

A modulhoz két különálló fegyverlámpa tartozik, egy dupla LED-fejes standard változat, valamint egy speciális – tűszmentési műveleteket szolgáló – verzió. A gépkarabélyra, feladattól függően csak a VTAL-t, és csak a két fegyverlámpa egyikét szerelik fel. A fegyverhez történő rögzítést biztosítandó, a VTAL vízálló fémházát Picatinny síncsatlakozási profillal alakították ki. Mivel a modul csak körülbelül 25 mm-re emelkedik a szerelősín fölé, hagyomá-

8. ábra. Variable Tactical Aiming Laser célmegjelölő modul HK416A7-esre felszerelt állapotban



9. ábra. A Bundeswehr különleges műveleti erőinek négyfős csapata a leváltásra ítélt G36-osokkal, valahol Afganisztánban

nyos optikai célzás során nem zavar be a látótérbe. A VTAL egy rendkívül erős, látható piros pontlézerral, egy közeli infravörös pontlézerral, valamint egy közeli infravörös lézermegvilágítóval rendelkezik. Kompatibilis valamennyi standard éjszakai felderítő eszközzel. Gyárilag beszabályozott lézerblokk segíti a fegyver egyszerű beállítását. A kommandós katona mindkét pontlézer intenzitását szinkódos kábelkapcsolóval tudja szabályozni. A célmegvilágító külön szabályozóelemmel fókuszálható. A VTAL összekapcsolható más fegyverlámpákkal, például Rheinmetall moduláris Lumenator fegyverlámpa-típusokkal is. A fénysugarak kiváló minősége és konzisztenciája képességnövelő szereppel bír.

A világ tíz legismertebb, speciálisan felkészített, különleges műveleti erői közé sorolt német elitegységeknél 2019 elejére tervezik a HK416A7-es gépkarabély bevezetését. Mivel a különleges rendeltetésű alakulatok specifikus tüzelési szokásai magas igényeket támasztanak a szolgálati fegyver funkcionalitásával és pontosságával szemben, Meppenben már 2017 végén megkezdődtek a vizsgálatra

1. táblázat. A HK416 A7-es gépkarabély főbb paraméterei

Űrméret	5,56 mm
Lőszer	5,56 × 45 mm NATO
Tárcapaciás	30 töltény
Működési elv	gázdugattyús, forgózárfejes
Csőhosszúság	14,5"/ 368 mm
Fegyverhosszúság (max.)	893 mm
Fegyverhosszúság (min.)	797 mm
Fegyverszélesség	74 mm
Tömeg – tárral	3,69 kg
Tömeg – tár nélkül	3,49 kg
Hüvelykivetés iránya	jobb
Tüzelési mód	egyeslövés és sorozatlövés
Szín / bevonat	Flat Dark Earth / Cerakote
Elsütőbillentyű-húzóerő	~20 N
Elméleti tűzgyorsaság	~850 lövés/perc
Torkolati energia 882 m/s kezdősebességnél	1,555 J
Lövedéksebesség (v_0)	882 m/s



leadott első 40 tétel HK416A7 tesztjei, valamint egyidejűleg a műveleti erők elitegységeinél a harcászati szintű csapatpróbák. A rendszeresítés utáni átállás az új HK416A7-es gépkarabélyra zökkenőmentesnek ígérkezik, hiszen nyilvánvalóan nem lesz szükség a kommandós állomány G36K modellekről történő idő- és költségigényes átképzésére.

FORRÁSOK

- (1) Borrud, Gabriel: Heckler & Koch G36: the rifle held in all the wrong places. DW.com, 2015.04.13. <https://p.dw.com/p/1FDOu> [2019.01.11];
- (2) HK416 A7 ist neues Sturmgewehr der Spezialkräfte. <http://www.bundeswehr-journal.de/2017/hk416-a7-ist-neues-sturmgewehr-der-spezialkraefte/> [2019.01.11.];
- (3) HK416A7 für KSK - HK (Heckler&Koch). <https://www.all4shooters.com/de/shooting/militaer-und-behoerden/heckler-koch-hk416-ksk-bundeswehr-sturmgewehr/> [2019.01.11.];
- (4) HK416A7 to be called G95 by the German Special Forces <https://www.thefirearmblog.com/blog/2017/10/12/hk416-a7-called-g95-german-special-forces/> [2019.01.11.];
- (5) New Photos of The New HK416A7. <https://www.thefirearmblog.com/blog/2017/10/18/new-photos-new-hk416a7/> [2019.01.11];
- (6) G95 – Das neue Sturmgewehr Spezialkräfte. Europäische Sicherheit & Technik November 2017;
- (7) Jetzt offiziell: Spezialkräfte bekommen HK416 als neues Standardgewehr. <https://augengeradeaus.net/2017/10/jetzt-offiziell-spezialkraefte-bekommen-hk416-als-neues-standardgewehr/comment-page-1/> [2019.01.11.];
- (8) Rheinmetall to Supply Laser Light Package for Bundeswehr's New Special Forces Assault Rifle. https://www.rheinmetall-defence.com/media/editor_media/rm_defence/publicrelations/pressemitteilung/en/2018/2018-07-05_Rheinmetall_LLP_Special_Forces.pdf. [2019.01.11.];
- (9) Germany selects G95 carbine for special forces / Jane's 360 <https://www.janes.com>;
- (10) Strategie & Technik <http://strategie-technik.blogspot.com>;
- (11) Heckler & Koch: Product Overview <https://www.heckler-koch.com>;
- (12) G95 for German commandos - MILMAG - The Military Magazine https://www.milmag.eu/news/view?news_id=339 [2019.01.11.];
- (13) Rheinmetall to supply Laser Light Package for the new Bundeswehr's Special Forces Assault Rifle. https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/public_relations/news/latest_news/index_17600.php [2019.01.11.];
- (14) Rheinmetall "Variable Tactical Aiming Lasers" for the German Army. <https://www.all4shooters.com/en/shooting/accessories/rheinmetall-variable-tactical-aiming-lasers-for-german-army/> [2019.01.11.];
- (15) German Special Forces Adopt HK416A7. <https://www.monch.com/mpg/news/special-forces/2209-german-special-forces-adopt-hk416a7.html>. [2019.01.11.];
- (16) Gyarmati József: A nehézpuskát jellemző szempontok fontosságát kifejező súlyszámok számítása és statisztikai vizsgálata. Haditechnika 2006/2, pp. 11–16.

(Fotók a szerző gyűjteményéből.)

HM ZRÍNYI TÉRKÉPÉSZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

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



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

• PrePress – Nyomdai előkészítés

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

• Gyorsokszorosítás

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

• Press – Nyomtatás

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

• PostPress – Kötészeti feldolgozás

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

• Vákuumformázás

- vákuumformázó szerszámok, terepasztalok előállítása CNC-technológiával
- vákuumformázás

ÜGYFÉLSZOLGÁLAT ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Filler u. 14.

+36 (1) 212-4540 • ugyfelszolgalat@topomap.hu

Nyitva tartás: hétfő–péntek 9.00–15.00

NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336-2035

Ott István Dániel*

Argentín tengeralattjárók az Atlanti-óceánon I. rész

Az argentin tengeralattjáró fegyvernem történetének összefoglalása az ARA SAN JUAN (S 42) utolsó útjáig

Az ARA SAN JUAN 2017. november 15-i eltűnése megdöbbentette a szakembereket, és a széleskörű közvéleményt is.

Mostanra már teljes bizonyossággal kijelenthető, hogy a katasztrófában a 44 fős legénység életét vesztette¹. Az ehhez hasonló balesetek sajnos nem ritkák a tengeralattjáró fegyvernem kötelékében szolgálók körében.

Ki emlékszik már a több mint tizennyolc éve, 2000 augusztusában szerencsétlenül járt orosz KURSZK atomtengeralattjáró matrózaira?² A szakmabelieken kívül pedig alig tudja valaki, hogy a második világháború utáni tragikus kimenetelű balesetekben csak a francia haditengerészet 4,³ a brit 3,⁴ az izraeli és a török⁵ egy-egy hagyományos, tehát nem nukleáris meghajtású tengeralattjárót veszített el, túlnyomó részt a teljes személyzettel együtt.⁶

Szándékosan emeltük ki ezeket az eseteket, mert a nagyhatalmak elmúlt évtizedeinek főként nukleáris – bár a szovjet/orosz fél részéről több dízel-elektromos – veszteségei még a hidegháborút jellemző titkolózás és hírzáratok ellenére is nyilvánosságra kerültek.

AZ ARGENTIN TENGERALATTJÁRÓ FLOTTA TÖRTÉNETE

A tengeralattjárók rendszeresítésének szándéka már korán felmerült, ennek ellenére a gyakorlati lépéseket viszonylag későn, 1917-ben kezdték meg az Armadánál (spanyol: Armada de la República Argentina [ARA]), az Argentín Köztársaság haditengerészeténél. Már javában zajlott az első világháború, amiben Argentína semleges maradt, de az Armada tisztjei az Amerikai Egyesült Államokban vettek részt tengeralattjáró kiképzéseken. Az ott szerzett tapasztalatok nyomán indultak meg a későbbi beszerzések.

Az Armada tengeralattjáró-fejlesztéseit öt generációra osztják fel, az elsőben Olaszországtól rendeltek három



1. ábra. Argentína első három tengeralattjárója, az olasz gyártmányú SANTA FE osztály még Mussolini hatalma alatt, 1933-ban készült, és 1960-ig volt szolgálatban az ARMADA-nál

egységet. A SANTA FE⁷ osztálynak nevezett tengeralattjárók igen hosszú ideig, 1933-tól 1960-ig szolgáltak. Ne fedjük, a gyártó Olaszországban ekkor már nyoma sem volt a még Mussolini hatalma(!) alatt épített tengeralattjáróknak. Ellenséggel szemben nem, de az országot jellemző gyakori belpolitikai harcokban jutott szerep a SANTA FE osztálynak is. Amikor 1955. június 16-án Juan Perónt⁸ egy államsínnel próbálta megbuktatni a flotta, a SANTIAGO DEL ESTERO (S 2) tengeralattjáró blokád alá vonta a Río de la Plata folyótorkolatot, sőt egy feljegyzés szerint harcot vívott az egyik lojális Gloster Meteor vadászgéppel. Hogy a vízalatti naszád és a sugárhajtású repülőgép küzdelmének mi lett a vége, arról nincs információ.

A Latin-Amerikában uralkodó politikai zűrzavar a hidegháború idején nem tartotta vissza az USA-t attól, hogy dip-

ÖSSZEFOGLALÁS: A cikk aktualitását, az Atlanti-óceánon eltűnt ARA SAN JUAN (S 42) tengeralattjáró roncsának megtalálása adja. A kereséssel megbízott Ocean Infinity magáncég több, mint 800 méterrel a víz alatt fedezte fel. Az még mindig rejtély, hogy mi okozta a 44 fős legénység halálával járó haváriát. Az argentin tengeralattjáró fegyvernem nagy múltra tekint vissza. Egységei eddig baleseteknek nem, de fegyveres konfliktusoknak többször is részesei voltak, például a Beagle incidensben vagy az ismertebb falklandi háborúban. Az argentin baleseten kívül szó lesz még az elmúlt ötven évben a „nyugati világban” rendszeresített hagyományos meghajtású, tehát dízel-elektromos tengeralattjárókkal történt szerencsétlenségekről is.

KULCSSZAVAK: Argentína, Atlanti-óceán, Armada, dízel-elektromos tengeralattjáró, Type 209, TR 1700, Beagle-csatorna, Falkland-szigetek, ARA SAN JUAN

ABSTRACT: The subject of the article was served by the submarine tragedy of the ARA SAN JUAN (S 42) missed in the Atlantic Ocean. The Ocean Infinity private founder recently discovered the wreck of the ARA SAN JUAN, more than 800 meters below the water, but still it was a mystery what caused the death of 44 people. The Argentine submarine weapon has a long history. Until now, its units have been involved in several types of accidents, such as the Beagle incident or the more commonly known Falklandian war. In addition to writing an Argentine accident, there will be talk of misfortunes with conventional propulsion, such as diesel-powered submarines, in the „Western world” over the past fifty years.

KEY WORDS: Argentina, Atlantic Ocean Armada, diesel-electric submarine, Type 209, TR 1700, Beagle Canal, Falkland Islands, ARA SAN JUAN

* ORCID: 0000-0001-5524-6735



2. ábra. Az amerikai gyártmányú Guppy II osztályú tengeralattjárók még a második világháború idején készültek, és katonai segélyprogramok részeként kerültek Argentínába. A képen látható ARA SANTA FE (S 21) nevét az előző osztálytól örökölte. Bár már elavult volt, mégis bevetették még az 1982-es faklandi háborúban is

lomáciai előnyöket remélve felfegyverezze a térséget. Így került két Balao osztályú tengeralattjáró az Armadához katonai segély keretén belül, 1960-ban. Ezek képviselték a második generációt. Visszaemlékezések szerint a hajók igen hatékony és használható eszközök voltak a kor színvonalának minőségét képviselve, ahogy ez a tengeralattjárók gyártása terén nagy tapasztalatra szert tett USA hadiparától elvárható volt. Az ARA SANTA FE (S 11), és az ARA SANTIAGO DEL ESTERO (S 12) 1971-ben tért vissza az USA-ba.

A két tengeralattjárót 1971-ben szintén az USA-ból érkező két Guppy II osztályú váltotta, amelyek – a hajóneveket örökítő tengerész hagyományt követve – ugyanazt a nevet viselték, mint elődjük, csak eltérő taktikai számokkal. Az ARA SANTA FE (S 21), az ARA SANTIAGO DEL ESTERO (S 22)-es számot viselte a tornyán.⁹

A harmadik generációs egységek csak átmeneti jelleggel kerültek az Armada kötelékébe, a szükség hosszabbította meg a provizórikus szolgálati idejüket, és tolta ki jelenlétüket – a SANTA FE esetében – egészen 1982-ig. Miért volt rájuk szükség? Mert már javában zajlott a negyedik generációt jelentő német gyártású Type 209-es egységek beszerzése, és az addig keletkezett űrt kellett betölteniük a Guppyknak.¹⁰

A második világháborút követő (nyugat-)német gazdasági csoda akkora kapacitást eredményezett a nehéziparban

3. ábra. Az ARMADA tengeralattjáróinak negyedik generációját képviselő, Type 209 típusú ARA SAN LUIS (S 32) merülésből indít torpedót a Falkand-szigetek körüli vizeken. A számítógépes grafikán jól látható a hajótest letisztult, áramvonalas formája, amely a német mérnökök munkáját dicséri



4. ábra. Épül a TR 1700 típusú tengeralattjáró az emdeni hajógyárban, Németországban. Jól látható a precízen tervezett áramvonalas hajótest és a torony a kormánylapokkal. A második világháború után épített legnagyobb német tengeralattjáró, kategóriáján belül az egyik legkorszerűbb volt az 1980-as években. Rendszerezésével az argentin flotta jelentős technológiai fölényt szerzett a riválisokkal szemben

(is), hogy az Ingenieur Kontor Lübeck (IKL), a német haditengerészetnek épített Type 206 projekt után, még több tengeralattjáró építésén gondolkodhatott. Jó üzleti érzékkel felismerték, hogy a latin-amerikai, és más gazdaságilag kevésbé fejlett NATO-országok, például a görögök és a törökök haditengerészetében cseréjére érettek a főleg Balao, és az olyan Guppy osztályú tengeralattjárók, mint amilyen a fentebb már említett ARA SANTA FE, és ARA SANTIAGO DEL ESTERO voltak. Ezeket a hajóegységeket még a második világháború idején készítették, így azok sem az amortizáció, sem technikai színvonaluk miatt nem voltak már alkalmasak komoly haditengerészeti feladatok ellátására.

A tengeralattjáró-gyártók között ráadásul az olcsón üzemeltethető, de jó minőségű dízel-elektromos egységek előállításában „rés” keletkezett. Az USA már egyáltalán nem, Nagy-Britannia korszerűt még nem, Svédország, Olaszország pedig saját felségvizei és haditengerészetének igényeit szem előtt tartva gyártott dízel-elektromos tengeralattjárókat. Bár Olaszország megpróbálta Görögországnak eladni a NAZARIO SAURO osztályú tengeralattjárót, érdekes lenne megvizsgálni, hogy a mediterrán vizekre specializált (így a görögöknek elvileg ideális) hajóosztály helyett miért a német Type 209-est választották?¹¹ Szovjet gyártású egységek pedig ekkoriban a „szabad” világ fegyverpiacán nem voltak jelen. Így Nyugat-Németországnak szinte kínálta magát a széles körű tengeralattjáró export, és az ezzel járó hatalmas bevétel.

A Type 209-es a korábbi Balti és Északi-tengerre specializált német Type típusok méretben, fegyver- és akkumulátor-kapacitásában megnövelt hajóosztálya volt. Kifejezetten óceáni szolgálatra szánták, így igen ellenállóra tervezték az időjárási viszonytárgyakkal szemben, és sokkal hosszabb, akár több hónapos bevetésekre optimalizálták.

A hajótest formáját a vízalatti haladáshoz alakították, amely leginkább a tengeri emlősökhöz hasonló, a Type sorozat hajóorráé például a bálnáéhoz.¹² Ez a nukleáris hajtású egységeknél már elfogadott tervezési szempont volt, de a dízel-elektromos tengeralattjáróknál újdonságot jelentett. A korábbi típusok ugyanis javarészt a felszínen haladtak, leszámítva a támadó, rejtőzködő és menekülő manővereket, ezért testük is inkább a hajókéhoz hasonlított. A német mérnökök felhasználták saját hazájuk második világháborús tapasztalatait, így például légperiszkóppal (amellyel a teljes hajótesttel a víz alatt haladhattak a dízel-

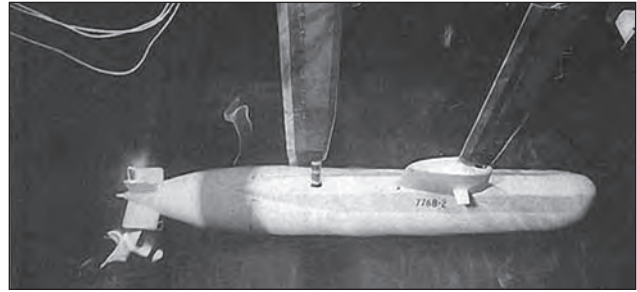
motorok használata mellett), és korszerű Hagen/Varta akkumulátorral látták el új gyártmányukat. Ezek még ólomsavas telepek voltak, de az ügyes tervezésnek köszönhetően 20%-kal nagyobb elektromos kapacitást értek el, mint a régi hagyományos lemezcélás akkukkal. Az elektromos forrásokkal kapcsolatban azt is állították, hogy jobban ellenállnak az esetlegesen betörő tengervíznek.¹³ A több elektromos áramra nemcsak a Siemens villanymotorral hajtott hajócsavarnak, hanem az automatizált felderítő és tűzvezető rendszereknek is szüksége volt.

A Type 209-es ezeknek a fejlesztéseknek köszönhetően némely teljesítménymutatójában megközelítette az atomtengeralattjárókéét. Igaz, korlátlan ideig nem maradhatott a víz alatt, mint a nukleáris osztályúak, legfeljebb csak pár napig, de például a vízalatti sebessége, amely a hajótest kiképzésének köszönhetően nagyobb volt, mint felszínen, (ez is eddig csak a nukleáris hajtásúakra volt jellemző) 22,5 tengeri csomó lett, ez nagyjából 42 km/h-nak felelt meg.¹⁴ Ezt ugyan csak rövid ideig volt képes tartani az akkuk kislülése miatt, de a dízel-elektromos tengeralattjárók között ez is óriási előrelépés volt. Argentína 1969-ben rendelt meg két Type 209-est az időközben Thyssenkrupp Howaldtswerke-Deutsche-vé alakult cégtől. A hajók fő darabjai a németországi Kielben épültek, majd azokat összeszerelésre Argentínába, a buenos aires-i Tandanoz hajógyárba szállították, amely üzem így Latin-Amerika egyetlen tengeralattjáró-gyárává vált.¹⁵ Ez a gyártási eljárás bevett szokássá vált a Type 209-es, és a későbbi típusok exportjánál is.¹⁶ A negyedik generáció két hajója az ARA SALTA (S 31), és az ARA SAN LUIS (S 32) nevet kapták, és 1974-től álltak hadrendbe.¹⁷

Az új hajókat igen aktívan használták, és kevésbé ismert tény, hogy kis híján már a Falkland-szigeteki háború (1982) előtt majdnem harcérinkezésbe kerültek.

Amikor 1978-ban a Beagle-csatorna szuverenitása okán Argentína és Chile egymásnak feszült, az Armada mind a négy tengeralattjáróját(!), az ARA SANTA FE-t (S 21), az ARA SANTIAGO DEL ESTERO-t (S 22), az ARA SALTA-t (S 31), és az ARA SAN LUIS-t (S 32) a chilei partok elé küldte őrárra. Azzal a titkos, és a visszaemlékezések szerint kétértelműen fogalmazott hadparancssal, hogy ha támadás éri őket, azt fegyverrel kell viszonzozniuk. A viharos óceán miatt a „világ végén” nagy nehézségek közepette kellett helytállniuk a tengerészeknek. A Guppy II osztályú hajók a hatalmas hullámok között nem tudták használni a légeriszakópjait, amit ha víz ért – mint a búvárpipában –, egy szelep automatikusan lezárt, de emiatt a dízelmotorok is lefulladtak. A hatalmas dugattyúkat pedig nem lehetett egyik percről a másikra újraindítani. Háborús helyzetben a teljes hajótesttel a felszínre emelkedve tölteni az akkumulátorokat öngyilkosság lett volna. Emiatt alig volt elektromos kapacitás, ami nemcsak a személyzet kényelmét, hanem a fegyverrendszerek működését is hátrányosan befolyásolta. Az argentinok ráadásul egymással is rivalizáltak, a korszerűbb Type 209-esen szolgálók lenézték a régi Guppy II-esek tengerészeit, akik viszont arról panaszkodtak, hogy az elavult technikával őket küldték a veszélyesebb ütközőzónákba. Az ARA SAN LUIS pedig egyik dízelmotorjának megrongálódása miatt került nehéz helyzetbe, aminek megjavítására a viharos nyílt vizeken esélye sem lehetett.

Nem volt jobb a helyzet az ellenfélnél sem, Chile az akkor már nem túl korszerű brit OBERON osztállyal, és még régebbi második világháborús, amerikai eredetű tengeralattjáróival vehette fel a harcot. Bár az argentin és chilei tengeralattjárók, valamint a felszíni erők többször is célba vették egymást, csak a szerencsének és a hidegvérnek volt



5. ábra. A TR 1700-as tervezett hidrodinamikai modelljének vizsgálata egy német áramlási medencében

köszönhető, hogy a már vetőcsövekben élesített torpedók végül nem találtak „zsákmányt”, és ezzel nem tört ki egy lokális dél-amerikai háború.¹⁸ A béke reményében a frissen megválasztott II. János Pál pápa is próbált közvetíteni a szemben álló felek között, azok lelkére, józan eszére, és mély vallásos hitükre apellálva.¹⁹

Már az 1982-es falklandi háború előtt megindult az utolsó nagy fejlesztési hullám az argentin haditengerészetnél. A program az ötödik generációt, a szintén német tervezésű TR 1700-as osztállyal akarta megvalósítani.

Ez a terv még a Type 209-esnél is ambiciózusabb volt, kis túlzással azt lehet mondani, hogy a kor technikai színvonalán, amit lehetett, mindent kihoztak a dízel-elektromos hajtásból. Napjainkig a TR 1700-as osztály volt a legnagyobb második világháború óta épült német tervezésű tengeralattjáró. Hajótestének formáját a víz alatti haladáshoz, és méreteit az óceánok zord időjárásához alakították. Ez utóbbi következménye például a magas torony, ami a Type 209-es esetében többször is problémát jelentett, nem véletlen, hogy a perui haditengerészet az utóbbi típust magasabb toronnyal kérte az óceáni viharok miatt.²⁰

A TR 1700-as felépítménye nemcsak magasságában jelentett újdonságot, hanem abban is, hogy a merülő kormányok a toronyra kerültek fel, úgy, mint a nyugati atomtengeralattjárókon. Megjelenésében, teljesítményében, technikai színvonalában hasonló volt a kategórián belül szintén csúcsot jelentő japán YUUSHIO, vagy a holland ZEELEEUW osztályhoz.

Argentína 1977-ben rendelte meg a TR 1700-as sorozatot. Az üzlet presztizs értékű volt a hajókat tervező és kivitelező Thyssen Nordseewerke Emden GmbH-nak, ahol azt remélték, hogy az új tengeralattjáró méltó ellenfele lesz az export piacon a kiel Thyssenkrupp Howaldtswerke-Deutsche Werft által gyártott Type 209-eseknek. Az

6. ábra. A Thyssen Nordseewerke hajógyárában a SAN JUAN vízre bocsátása előtt beszédet mond a tengeralattjáró leendő kapitánya, Carlos Zavalla (1985. november 18., Emden, Németország)



1. táblázat. Az 1978. decemberi beagle-incidensben szemben álló argentin és chilei tengeralattjárók jellemzői

	Argentína	Argentína	Chile	Chile
Típus, osztály, gyártó ország	Balao osztály Guppy II. módosítás USA	Type 209 Nyugat-Német és Argentín	Balao osztály USA	OBERON osztály Nagy-Britannia
Hosszúság	94 m	54,1 m	94 m	90 m
Víziszorítás felszínen/merülésben	1900 t/2480 t	1000 t/1207 t	1900 t/2480 t	2030 t/2410 t
Maximális merülési mélység	kb. 120 m	300 m	kb. 120 m	200 m
Fegyverzet	10 db 533 mm-es torpedóvetőcső 6 elöl, 4 taton 20 < torpedó	8 db 533 mm-es torpedóvetőcső 22 db torpedó	10 db 533 mm-es torpedóvetőcső 6 elöl, 4 taton 20 < torpedó	8 db 533 mm-es torpedóvetőcső 6 elöl, 2 taton 22 db torpedó
Hajtóművek	4 db dízelmotor, 504 cellás akkumulátor, 2 db villanymotor, 2 db hajócsavar	4 db dízelmotor, 1 db Siemens villanymotor 1 db hajócsavar	4 db dízelmotor, 504 cellás akkumulátor, 2 db villanymotor, 2 db hajócsavar	2 db dízelmotor, 2 db generátor, 2 db villanymotor, 2 db hajócsavar
Személyzet	70–80 fő	31 fő	70–80 fő	70 fő
Bevetett darabszám	2 db (ARA SANTA FE, ARA SANTIAGO DE ESTERO)	2 db (ARA SALTA, ARA SAN LUIS)	1 db (SIMPSON)	2 db (HYATT, O'BRIEN)

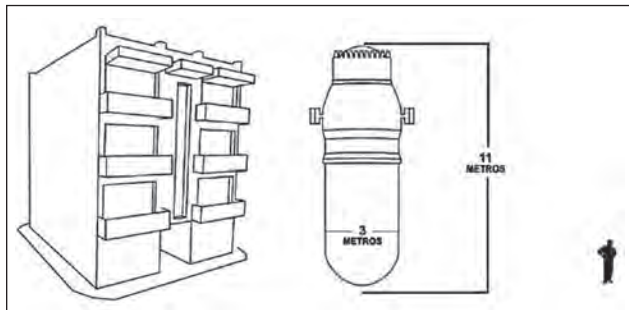
emdeni hajógyár a második világháború után ugyanis nem tervezett saját tengeralattjárót, ilyen egységeket csak a Thyssenkrupp Howaldtswerke-Deutsche programjai keretén belül, háttér cékként gyárthatott.

Annak ellenére, hogy a TR 1700-as jóval korszerűbb és nagyobb teljesítményű volt, mint a Type 209-es sorozat, mindössze két működő egység épült belőle, és azt is csak Argentínának sikerült eladni. Ezzel szemben a Type 209-es több, mint egy tucat nemzet lobogója alatt hajózik, és megfelelő elektronikával ellátva, ma is gyártják.

A TR 1700 osztály névadója az ARA SANTA CRUZ (S 41) lett, második tagja a szerencsétlenül járt ARA SAN JUAN (S 42) volt. A két tengeralattjárót még az emdeni hajógyárban készítették 1983-tól, és az Északi-tengeren hajtották végre próbaútutásaikat és merüléseiket.²¹

Hasonlóan a Type 209-es programhoz, itt is az volt a terv, hogy a további négy TR 1700-ast a Buenos Aires-i Tandanon hajógyár készíti el a német fődarabokból, két kisebb méretű TR 1400-assal, amely utóbbiak, rövidített hajótörzsszel partvédelmi célokat szolgáltak volna.²²

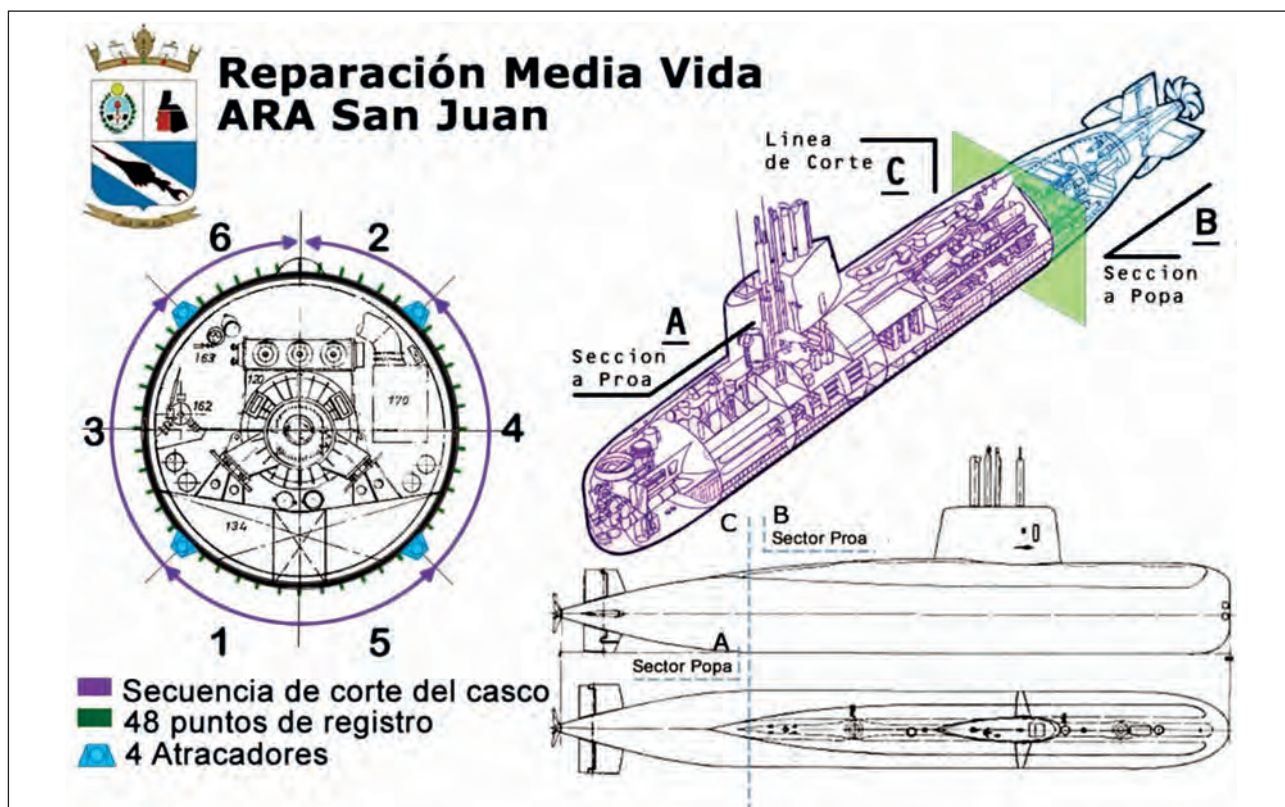
7. ábra. A CAREM kis méretű reaktora. Az ábrán az emberalak és a berendezés méretei jól érzékeltetik az arányokat



8. ábra. Az ARA SANTA CRUZ osztály be nem fejezett példányainak „maradványai” az argentin tandanori hajógyár csarnokában. Az építés különböző fázisaiban megrekedt tengeralattjárók jobb híján alkatrészforrást jelentettek a két működő egységnek

Itt azonban még nem ért véget a nagyra törő projekt, mert Argentína ekkor már kiterjedt nukleáris kutatásokat folytatott. Az egyik még sólyán álló SANTA CRUZ osztályú tengeralattjárót atomreaktorral akarták meghajtani! A hosszabb hajótesthez már módosították a tervrajzokat, és megkezdték a toldáshoz szükséges darabok előállítását. A CAREM (Central Argentina Elementos Modulares)²³ kis méretű reaktora némi módosítás után el is fért volna a TR 1700-as törzsében.²⁴

Egyes források szerint a reaktor beépítésére az osztály harmadik tagját, az ARA SANTA FE-t (S 43-ast)²⁵ jelölték ki, de ezt a tengeralattjárót már hagyományos hajtással sem fejezték be. Az elhalasztott átépítés ellenére az ARMADA²⁶ továbbra is hosszú távon, egészen napjainkig számolt egy atom-tengeralattjáró beszerzésével. Ma már tudjuk, hogy az argentin tervekben nem lett semmi, de nemcsak a nuk-



9. ábra. Az ARA SAN JUAN (S 42) tengeralattjárón tervezett felújítási munkákhoz ketté kellett vágni a hajótestet a súlyán. A zölddel jelzett metszet jelöli az ábrán, hogy ez a törzs mely részén történt. A körmetszet (a hajótörzs keretmetszetét jelölő ábra) színek szerint: lila: vágási sorrend, zöld: mérési referenciapontok, kék: a súly tartóbakjai

leáris, hanem a hagyományos hajtású TR 1700-asok sem készültek el, az 1400-asokat pedig el sem kezdték. Az ARA SANTA CRUZ, és a SAN JUAN négy testvérhajója félig kész állapotban maradt a Tandano hajógyárban. Egy ideig megpróbálták értékesíteni, és az így befolyt pénzből befizetni azokat, sőt, az egyre kritikusabbá váló gazdasági helyzetben a két működő egységtől is szabadulni akartak.

Végül a két tengeralattjáró, mint az ARMADA legkorszerűbbjei, rendszerben maradtak. Csakhogy az idő nem állt meg, és a 21. századra elértek a már nemcsak a technikai színvonal tartása miatt szükséges, hanem a biztonságos működéshez elengedhetetlen karbantartási műveletekhez. Ezt egy ideig segítette, hogy a félig megépített TR 1700-asokat kannibalizálhatták (alkatrészekre bontva beépíthették) annak érdekében, hogy a két kész hajó üzemképes maradjon. További nehézséget jelentett, hogy a gyártó Thyssen Nordseewerke szerződésben vállalt technikai támogatása és garanciája már rég lejárt.

A SANTA CRUZ-t 1999 és 2001 között Brazíliában javították, a dízelmotorok, akkumulátorok és a szonár cseréjét érintette a „közép élettartam” meghosszabbításaként aposztrofált munka.²⁷

A SAN JUAN Brazíliába szállításáról már tárgyalások folytak, amikor az argentin haditengerészet hirtelen megváltoztatta magát, és úgy döntött, hogy a szükséges karbantartást és javításokat otthon végzik el. Mint utóbb kiderült, a döntéshozók túlbecsülték a pénzügyi lehetőségeket, és a tandanori hajógyár technikai felkészültségét is. Pedig intő jelként ott kellett volna lebegnie az argentin szakemberek szeme előtt az ARA SAN LUIS (S 32) felújításának kudarca. A tengeralattjáró üres váza 1997 óta állt a tandanori csarnokban. Az egyszerűbb Type 209-es típus „házilag kivitelezett” felújítása is technikai és anyagi okok miatt szakadt félbe, használható alkatrészeit testvérhajójába, az ARA SALTA-ba (S 31-esbe) szerelték át.²⁸

Ennek ellenére 2008-tól az ARA SAN JUAN szárazdokkba került. Testét kettévágták, hogy azon keresztül húzzák ki a négy MTU dízelmotorját, és más cseréire érett bevezéseit. A már említett problémák miatt a munkálatok 2013-ig húzódtak, és szemtanúk szerint a kettévágott hajótest évekig kitéve az elemeknek, a szabad ég alatt vesztelt.

(Folytatjuk)

JEGYZETEK

1 Az ARA SAN JUAN (S 42-es) tengeralattjárót eltűntként tartották számon egészen 2018. november 17-ig, amikor is több mint 800 méter mélyen rálelték a roncsaira. Azt hogy valamilyen robbanás történt a hajón már az eltűnés után nem sokkal elismerte az ARMADA vezetése. Később pedig a legénység halálát is bejelentették.

2 Vagyim Arisztov – Izling Antal: A Kurszk utolsó útja. Focus Kiadó, Kaposvár, é. n. 151. p.;

3 David Miller, John Jordan: Modern Submarine Warfare. Salamander Books, London, 1987. 111. p.;

4 1951: Fears for crew of lost British submarine. http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/april/17/newsid_2847000/2847935.stm [2019.01.11.];

5 Lest We Forget: TCG Dumlupinar, “For our country” was their last words. <https://defence.pk/pdf/threads/lest-we-forget-tcg-dumlupinar-for-our-country-was-their-last-words.307912/> [2019.01.11.];

- 6 After 47 years, Israel Navy presents findings in sinking of submarine. <https://www.timesofisrael.com/israeli-navy-presents-findings-in-sinking> [2019.01.11.];
- 7 A név, mint más tengerészetek hagyományaiban is többször öröklődött, így nem összetévesztendő a későbbi Guppy osztályú SANTA FE-vel, amely részt vett a falklandi háborúban.
- 8 Horváth Gyula – Anderle Ádám: Perón – Che Guevara (fekete-fehér), Pannonica Kiadó, hn. 2000.
Juan (Domingo) Perón argentin katonatiszt, aki szervezőként több puccsban is részt vett, de a tényleges hatalmat civilként szerezte meg. Háromszor volt argentin elnök, bár választások után került hatalomra, politikája autokrata, amelyben az európai fasizmust követendő példának tartotta. Mindemellett az argentin történelem egyik meghatározó alakja, tettei, pályája ma is megosztja a közvéleményt;
- 9 A fellelhető képek szerint a lajstromok nem mindig látszanak, ez különösen igaz a Falklandnál bevetett ARA SANTA FE-re, valószínű az álcázás miatt festették át a nagy méretű fehér számokat.
- 10 David Miller: Korszerű tengeralattjárók. Kossuth Könyvkiadó hn. 1994. 152 p.;
- 11 Uo. 123 p.;
- 12 Bak József – Lévai Gábor – Sárhidai Gyula: Arzenál 1985. Zrínyi Katonai Könyvkiadó, hn. é. 50. p.;
- 13 Ez utóbbit érdemes megjegyezni, mert a majd hasonló akkumulátorokkal felszerelt ARA SAN JUAN katasztrófájának okai között felmerül, hogy tengervíz érte azokat. Szerző. David Miller, John Jordan: Modern Submarine Warfare. Salamander Books, London, 1987. 167. p.;
- 14 Uo. 166. p.;
- 15 ARA Santa Fe: El submarino argentino que quedo a medio terminar <http://elbunkerblog.blogspot.com/2016/09/ara-santa-fe-el-submarino-argentino-que.html> [2019.01.11.];
- 16 David Miller: Modern tengeralattjárók, Hajja & Fiai Kiadó, Debrecen 1993. 55 p.;
- 17 Jane's Fighting Ships 1986-87. Jane's Publishing Company, London, 1987. 10. p.;
- 18 La Fuerza de Submarinos de la Armada Argentina en la crisis de 1978. <http://www.elsnorkel.com/2008/11/la-fuerza-de-submarinos-de-la-armada.html> 2019. 01. 11.;
- 19 The Papal mediation in the Beagle conflict. <https://www.revolvy.com/main/index.php?s=Papal%20mediation%20in%20the%20Beagle%20conflict> [2018.12.19.];
- 20 David Miller: Modern tengeralattjárók, Hajja & Fiai Kiadó, Debrecen 1993. 55 p.
- 21 Tony Gibbson – David Miller: Korszerű Hadihajók. Kossuth Könyvkiadó hn. 1993. 8. p.;
- 22 David Miller, John Jordan: Modern Submarine Warfare. Salamander Books, London, 1987. 160. p.;
- 23 1984-től atomkutatással foglalkozó és nukleáris reaktorok részegységeit gyártó argentin cég. Fő terméke egy alacsony teljesítményű atomerőmű, például tengervíz desztillálásához.
- 24 <https://www.aviacionargentina.net/foros/forum/fuerzas-armadas-argentinas/armada-argentina/5699-reparaciones-del-submarino-ara-san-juan/page.34> 2018. 02. 21.;
- 25 Planeamiento factible de la Fuerza de submarinos. Desarrollo y Defensa, 2014.12.30. <https://desarrolloydefensa.blogspot.com/2014/12/planeamiento-factible-de-la-fuerza-de.html> [2019.02.19.];
- 26 Mezey Béla: Argentína ismét megerősítette az atom-tengeralattjárós terveit. HTKA, 2011. aug. 5. <https://htka.hu/cimke/tr-1700/> [2018. 02. 21.];
- 27 Jane's Fighting Ships 1986-87. Jane's Publishing Company, London, é. 11. p.;
- 28 Jane's Fighting Ships 2004-2005. Jane's Information Group. Coulsdon, é. 10. p.

Dr. Isaszegi János – Dr. Pósn László – Dr. Veszprémy László (szerk.)

Migráció a kora középkortól napjainkig

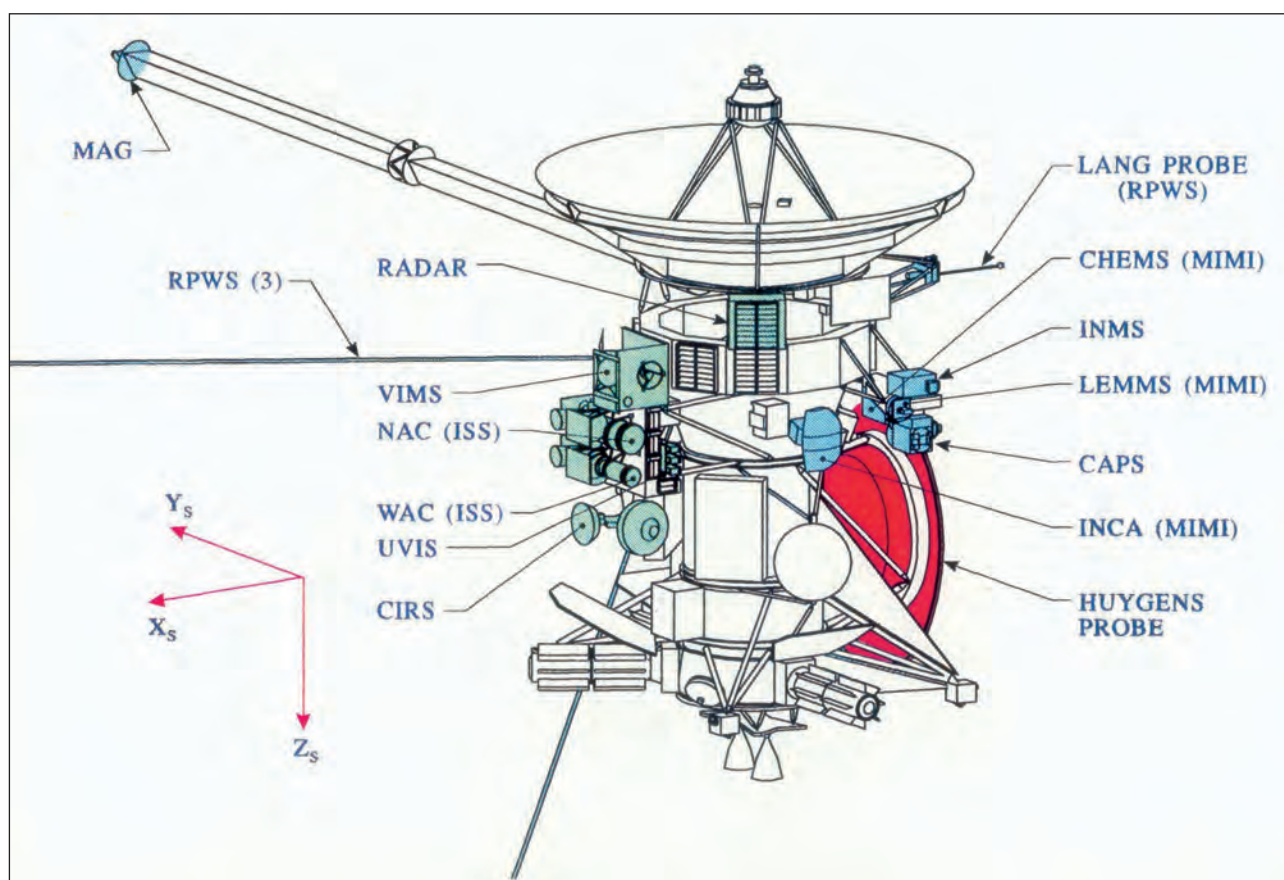
A Zrínyi Kiadó gondozásában, 2018-ban jelent meg a *Migráció a kora középkortól napjainkig* című, közel 500 oldalas, hiánypótló monográfia. A kötet a migráció – mint biztonságpolitikai aspektussal bíró, aktuális társadalmi jelenség – komplex, tudományos igényű elemzésére vállalkozott. A kötet szerzői szerint „A migráció egyidejű az emberiség történetével, kiváltó okai mindmáig rendkívül változatosak: alapvetően gazdaságiak, politikaiak vagy vallásiak, és miközben az esetek nagy részében spontán indultak meg, a milliókat megmozgató kényszeráttelepítések az emberi történelem fájdalmas fejezeteire emlékeztetnek. A mozgások egyik irányba sem voltak mindig véglegesek – különösen a foglalkozásokhoz, a katonai élethez, az oktatáshoz és a valláshoz kötődőek –, inkább jellemzi a folyamatokat a többszörös helyváltogatás és a nagyfokú mobilitás. A kötet az európai és globális népmozgásokra vonatkozó történelmi tanulmányokat tartalmaz az 5. századtól napjainkig. Elsősorban az európai és azon belül is a magyarországi be- és elvándorlások hátterével ismerkedhetünk meg, de a brit és az amerikai bevándorláspolitikát és napjaink muszlim radikalizmusát is bemutatja egy-egy írás. A témák széles választékát a vikingek, besenyők, keresztések, hugenották, huszárok nevei jelzik. A tanulmányok értelmezését térképek és statisztikai táblák segítik”. A térképekkel és táblázatokkal egyaránt illusztrált kötet szerkesztői egytől-egyig a hadtudomány magas szintű művelői. Dr. Isaszegi János nyugalmazott honvéd vezérőrnagy, a Nemzeti Közszerződési Egyetem címzetes egyetemi tanára, katonai felsőfokú végzettsége mellett okleveles szakmérnök és szakközgazdász, a Honvédelmi Minisztérium Zrínyi Kiadójának vezetője. Dr. Pósn László történész, akinek kutatási területe az európai középkor különböző korszakaira és térségeire terjed ki. Dr. Veszprémy László történész, könyvtáros, a hadtudományok, történelemtudományok művelője, aki 2000–2005 között a Hadtörténelmi Könyvtár és Térképtár igazgatója, 2005-től 2010-ig a Hadtörténelmi Intézet igazgatója volt. A kötet fejezeteinek nagy létszámú, tudományos fokkal rendelkező egyetemi és intézeti kutatókból álló szerzői gárdáját a kötet végén találja meg az olvasó, a szerzőkhöz kötődő tudományos intézmények felsorolásával. A monográfiához dr. Pintér Sándor, Magyarország belügyminisztere, illetve dr. Benkő Tibor, Magyarország honvédelmi minisztere írt méltó ajánlást és előszót.

A 497 oldalas, fűzött, keménytáblás könyv 7900 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadónál is, 25%-os helyszíni kedvezménnyel, vagy a kiadó online felületén (<http://www.hmzrinyi.hu/termek>). A kiadó címe: 1087 Budapest, Kerepesi út 29/b, (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: gyoredina@armedia.hu). (Dr. Hegedűs Ernő)



Szalai Sándor*

A Szaturnuszt kutató Cassini–Huygens űrszondapáros



1. ábra. A Cassini tudományos műszerei (Fotó: NASA)

A szabad szemmel is látható Szaturnusz a Naprendszer második legnagyobb bolygója. Már kisebb távcsővel is felismerhető, nem csupán a nagysága, hanem a látványos gyűrűrendszere alapján is. A gyűrű síkja

eltér a Szaturnusz Nap körüli keringésének síkjától, ezért látjuk az égitestet időben a keringés fázisa szerint különböző alakúnak. Christiaan Huygens holland csillagász 1659-ben jött rá, hogy ha a megfigyelések rajzait időrendbe he-

ÖSSZEFOGLALÁS: A Cassini-program a NASA egyik nagyszabású űrszonda-küldetése volt a 2000-es évek derekán, amely az európai fejlesztésű Huygens leszállóegységet is magával vitte. A vállalkozás fő célkitűzése a Szaturnusz térségének felderítése volt, valamint a leszállóegység eljuttatása a legnagyobb Szaturnusz hold, a Titán felszínére. A Cassini-programba magyar kutatók is bekapcsolódtak, az MTA Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet (jelelenleg Wigner Fizikai Kutatóközpont) fejlesztői a fedélzeti magnetométer, valamint a plazma-spektrométer létrehozásában vettek részt.

KULCSSZAVAK: űrszonda, Cassini, Huygens, Szaturnusz, Titán, Enkeladusz, leszállóegység, magnetométer, plazma-spektrométer

ABSTRACT: The Cassini program was one of the largest space probe missions of NASA in the middle of the 2000s, which also comprised the Huygens landing unit developed in Europe. The main goal of the mission was to discover the region of Saturn and to deliver the landing unit to the surface of the Saturn's largest moon, Titan. Hungarian researchers also joined the Cassini program, the developers of the Institute for Particle- and Nuclear Physics of the Hungarian Academy of Sciences (presently Wigner Research Centre for Physics) participated in the creation of the on-board magnetometer and the plasma spectrometer.

KEY WORDS: space probe, Cassini, Huygens, Saturn, Titan, Enceladus, landing unit, magnetometer, plasma spectrometer

* Villamosmérnök, az MTA Műszaki Tudomány Doktora, a Wigner Fizikai Kutatóközpont professor emeritusa. Nyugállományba vonulásáig az Űrtechnikai Osztály vezetője volt. A Magyar Mérnökakadémia és a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia rendes tagja. A Magyar Asztronautikai Társaság tiszteleti tagja. ORCID: 0000-0003-3979-084X



2. ábra. A Cassini-program logója a résztvevő országok zászlóival (Fotó: NASA)

lyezi a Szaturnusz Nap körüli harmincéves keringése szerint, a megfigyelt változó formák valójában a bolygót és a körülötte lévő gyűrű képét mutatják.

A Cassini-program a 3,3 milliárd dollár költségével a NASA egyik legdrágább, és a szonda tömegét tekintve a legnagyobb tömegű programja volt. (A vállalkozás 17 ország, köztük Magyarország részvételével valósult meg.) Az európai fejlesztésű Huygens leszállóegysége 660 millió \$-ba került. A program elsődleges célja 2004 és 2008 között a Szaturnusz bolygó környezetének vizsgálata és a leszállóegység eljuttatása volt a Titán hold felszínére.

Az 5712 kg-os űrszonda 366 kg tömegű tudományos műszert, valamint a 320 kg-os Huygens leszállóegységet vitte magával. A Naptól való nagy távolság miatt energiatermelésre három radioizotópos generátort (RTG) használtak. Ez a megoldás a zöld szervezetek tiltakozását váltotta ki, mert az üzemanyagként használt 38,2 kg plutónium-238 az egészségre igencsak ártalmas. A napelemek hatásfokának javulásával a Jupiter környezetét kutató NASA új Juno szondája (2011-ben indították, jelenleg is működik) már napelem táblákkal is kellő energiát kap működéséhez. A Naprendszer külső tartományába induló szondák, a rakéták energia-korlátai miatt, a bolygók gravitációs lendítő hatásának felhasználásával, bonyolult pálya során jutnak el céljukhoz. Az 1997-ben indított Cassini kétszer (1998-ban és 1999-ben) elrepült a Vénusz, ezután a Föld (1999-ben, 1100 km-re a Föld felszínétől) majd a Jupiter mellett (2000-ben). A hét-éves bolygóközi utazás végén, 2004 júliusában az űrszondapáros 3,5 milliárd km repülés után elérte a Szaturnuszt. A Cassini szondán a tudományos célok elérésére 12 műszer volt, ezek közül két műszer fejlesztésében magyar kutatók is részt vettek.

A műszerek a Szaturnusz környezetében lévő töltött részecskék (plazma részecskék, elektronok, protonok és ionok) energiáját, töltését, ezek kölcsönhatását a bolygó és a holdak mágneses terével, valamint az atomi semleges részecskék eloszlását és tömegét mérték (CAPS, MIMI, INMS). Az ott található szilárd részecskék nagyságáról, hőmérsékletéről és összetételéről (CDA – az 1. ábra nem látható oldalán van), az infravörös tartományban működő műszerek szolgáltatott adatokat (CIRS). A felhőket, holdak felszínét és a gyűrűket a látható fény és ultraibolya tartományban működő műszerekkel is vizsgálták (ISS, UVIS, VIMS). A magnetométer a Szaturnusz magja által keltett mágneses mezőt mérte (MAG), a rádiófrekvenciás műszer az atmoszféra elektromos jelenségeit mérte (RPWS), míg a radar (RADAR) segítségével a Titán felszínének feltérképezése valósult meg.

MAGYAR HOZZÁJÁRULÁS

A magyar szakemberek a rendszerváltás kezdetén bekapcsolódtak a Cassini műszereinek fejlesztésébe. A magyar űrkutatás számára ez a lehetőség az 1980-as évek sikeres fejlesztési eredményeinek volt köszönhető. A szovjet VEGA- és a Phobos-program kulcsszerepet játszott abban, hogy a Cassini fejlesztésébe hazánk is bekapcsolódhatott. Az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet kutatói a fedélzeti magnetométer (MAG) és a plazma spektrométer (cassini plazma spektrométer – CAPS) létrehozásában vettek részt, a földi ellenőrző berendezések és a kalibráló rendszerek megépítésével. A NASA oklevéllel ismerte el eredményes tevékenységüket. Az RMKI egy-egy munkatársa társkutatói szinten vett részt a CAPS és a MAG kísérletben.

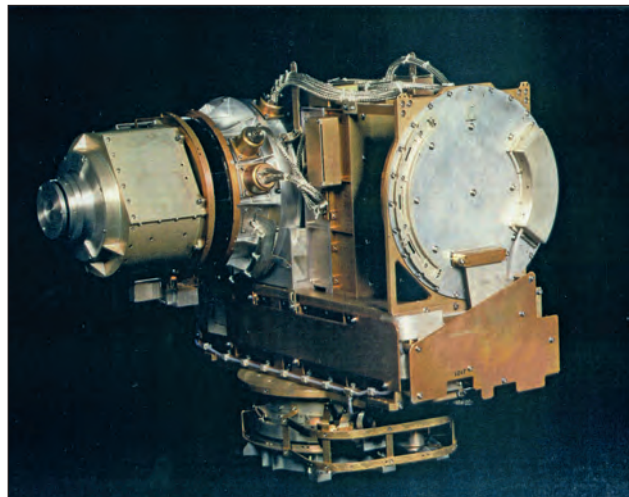


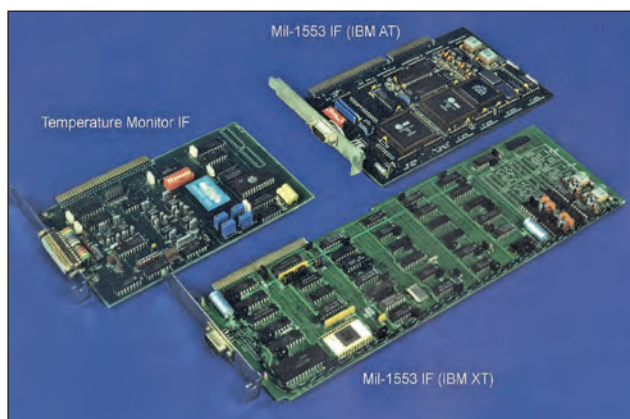
3. ábra. A cikk szerzőjének a NASA-oklevele (Fotó: Szalai Sándor)

Az űrkutatási programokban a műszerfejlesztésben való részvétel elsőbbségi hozzáférést biztosít a mérési adatokhoz, így a magyar kutatók számára is lehetővé vált, hogy az új tudományos eredmények első publikálói között lehessenek.

A Cassini szonda adatgyűjtő és vezérlő rendszere a katonai Mil-1553 szabványszámú „buszt” használta. A magyar fejlesztőknek, ennek a repülőgépeken alkalmazott

4. ábra. A CAPS három érzékelőjét tartalmazó (iontömeg és -irány, valamint elektron-detektor) forgó platform





5. ábra. Az űrszonda vezérlő és adatgyűjtő rendszereinek szimulátorai a CAPS és MAG műszerek teszteléséhez (Fotó: Szalai Sándor)

„adatbusz”-nak a segítségével kellett a Cassini szondára kerülő CAPS és MAG műszerek vezérlését megvalósítani, és a kiadott adatfolyamokat értelmezni, megjeleníteni. Ehhez a feladathoz kereskedelmi forgalomban kapható IBM típusú személyi számítógép erőforrásait használó illesztő kártyák implementálásával szimulált űrszonda felületet valósítottunk meg.

Ezekhez a kártyákhoz megfelelő kezelő szoftvert (User Interface) is kellett készíteni, amely az adott műszer könnyű vezérlését (TC – TeleCommand) és a mérési adatok (TM – TeleMetry) megjelenítését biztosította. A CAPS és a

MAG műszer számára az általunk fejlesztett földi ellenőrző berendezés biztosította, hogy az űrszonda jelenléte nélkül a működést ellenőrizni lehetett, valamint a kalibrálásokat is támogatta. 1975-ben a MIL-1553-as volt az első olyan szabványosított „adatbusz”, amit az Amerikai Egyesült Államok Légierője rendszeresített. A katonai repülésben a franciák kivételével szinte minden repülőgép-gyártó alkalmazta, még az oroszok is rendszeresítették. Ez egy Manchester-2-es kódolású, két sodrott érpárú vezetékes „busz”, 1 Mbit/s sebességgel. Az adatátvitel 20 bites szavakban történik: 3 bit a szinkronizálásra, 16 bit a tényleges adattovábbításra és 1 bit paritás-ellenőrzésre szolgál. A jeladók és a vevők transzformátor révén csatlakoznak a buszra, így kiküszöbölődik az egyenáramú komponens a buszon, azaz egy műszerben keletkező esetleges rövidzár nincs hatással a többi műszer működésére. A buszjelek nagysága 18 – 27 V, amely megfelelő zavarmentességet biztosít. Az általunk fejlesztett illesztő egység orosz gyártmányú Manchester kódoló IC-t és buszillesztő transzformátort használt, amelyek a metrikus lábkiosztástól eltekintve, paramétereiben megfeleltek az eredeti USA szabványnak. A fényképen két változata is látható a Mil-1553-as illesztő kártyának. A nagyobbik a '90-es évek elején még elterjedten használt IBM-XT, míg a kisebb méretű (két alaplapi buszcsatlakozóval) a nagyobb számítási teljesítményű IBM-AT számítógépekben is alkalmazható volt. A harmadik kártya a szonda hőmérséklet-monitorozó rendszerét helyettesítette, amely az alacsony adatforgalma miatt, az XT busz csatlakozója ellenére az AT gépben is megfelelően működött.

6. ábra. Fantáziakép a Cassini – Huygens szétválásáról a Titán holdnál (Fotó: NASA)



A CASSINI-PROGRAM

A kiválóan működő szonda 4 évesre tervezett működtetését két lépésben meghosszabbították. 2017 őszére a szonda pályáját vezérlő üzemanyag kifogyóban volt. A NASA el akarta kerülni, hogy a szonda irányítás nélkül véletlenül a Szaturnusz valamelyik holdjába csapódjon, és ott a Földről származó baktériumokkal, amelyek a 20 éves bolygóközi űrutazást még túléltek, megfertőzze az esetleges ottani környezetet. A szonda 120 000 km/h-s sebességgel érte el a bolygó légkörét, a sűrűlódás miatt legalább 2500°C-ra felhevült és elégett. Minden idők egyik legsikeresebb missziója fejezte be Szaturnusz körüli 13 éves működését 2017. szeptember 15-én. A Cassini működtetésének végére a közel 20 éves üzemeltetés és követés költsége 750 millió dollárt ért el.

A Szaturnusz 29 és fél év alatt végez egy keringést a Nap körül, forgástengelye – hasonlóan a Földéhez – pályasíkjára nem merőleges, az évszakok nagyjából nyolcévenként váltják egymást. A meghosszabbított küldetés négy szakzra volt bontható. Az alapszakasz a pályára állástól négy évig, 2008 nyaráig tartott. A 2010. októberig tartó második szakasz, az ún. napéjegyenlőségi szakasz során a Nap közel a gyűrűrendszer síkjában világította meg a bolygót. A harmadik napfordulós szakasz 2017. májusig tartott. Ezután már csak a „nagy finálé” (The Grand Finale) következett, amikor a poláris pályára állt a Cassini és még 22-szer megkerülte a Szaturnuszt. Az utolsó szakasz megvalósítására is gravitációs lendítő hatást használtak, a Titán hold mellett 3158 km-re repült el, és ezzel sikerült a Cassini-t a Szaturnusz körüli poláris pályára állítani.

A Cassini szondáról a Huygens leszállóegységet 2014. december 25-én választották le, hogy az a Titán holdon simán leszállhasson. A Huygens hat, több funkciót ellátó műszert tartalmazott. A Titán a Naprendszer második legnagyobb holdja, nagyobb a Merkúr bolygónál is. Átlagos átmérője 5150 km nagyságú. A Titán holdat a holland Christiaan Huygens csillagász már a XVII. században felfedezte, tiszteletére kapta a leszállóegység a Huygens nevet. A csillagászok a Földdel mutatott számos hasonló tulajdonsága miatt javasolták részletesebb kutatását. Például a Naprendszerben a Földön kívül az egyetlen ismert égitest, amelyen egy anyag – ez esetben a metán – mind a három halmazállapotban jelen van. A Naprendszer holdjai közül csak a Titán és a Neptunusz körül keringő Triton rendelkezik számottevő légkörrel. A szilárd felszínű Titánt jelentős, nagyrészt nitrogénből álló légkör veszi körül. A felszínén mérhető légnyomás a földinek másfélszerese, légköre jóval

vastagabb a földiénél, mintegy 1500 km-es. A felszíni átlagos hőmérséklet -180°C .

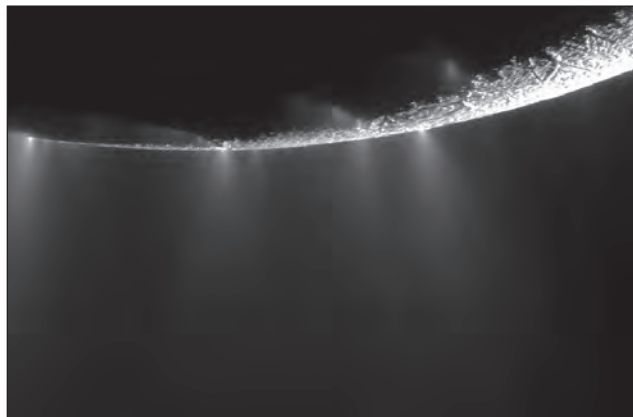
A 2,7 méteres átmérőjű, kagyló alakú Huygens 2005. január 14-én óránkénti 22 000 km/h-s sebességgel lépett be a Titán sűrű, barnás narancssárga légkörébe. A leereszkedés két és fél órán át tartott, közben három ejtőernyő egymást követően csökkentette sebességét: előbb 180 kilométeres magasságban kinyitotta első, 2,6 méteres ejtőernyőjét, amelyet mindössze 2,5 másodpercig használt. Ez az ernyő rántotta ki a 8,3 méter átmérőjű főernyőt és leoldotta a hővédő pajzsot, a főernyőt 110 kilométeres magasságban ledobta, majd kibontotta a már a leszállást biztosító, 3 méter átmérőjű ejtőernyőjét. Az Huygens ereszkedés közben, légköri kémiai méréseket végzett, fényképeket készített és hanghatásokat rögzített. Szilárd felszínén landolt és ott még 72 percig működött. A mérési adatokat az anyaszonda vette és a leszállás után néhány órával a Cassini Föld felé fordított parabolaantennájával sugározta a Földre.

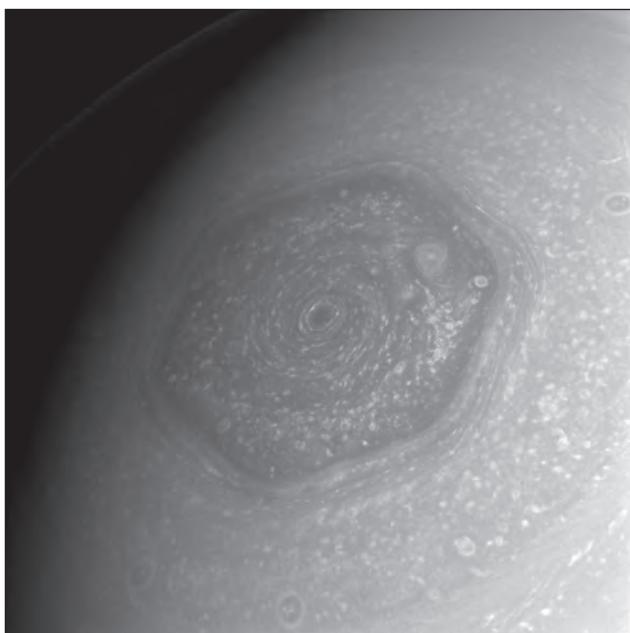
Egy szerencsés kimenetelű „hibát” érdemes megemlíteni, amely rávilágít a technikai nehézségekre és azok elhárítására. Az antennatervezők a hatások növelése érdekében igen keskenysávúra tervezték a Cassini antennáját, de megfeledeztek a szondák szétválásakor fellépő doppler hatásról. Az egymástól nagy sebességgel távolodó szondák következtében a rádiójelek frekvenciája jelentősen változott volna. Új pálya-geometriát kellett megvalósítani az utolsó pillanatokban. A Cassini 90°-os irányból vette a Huygens rádiójeleit, vele közel párhuzamosan haladva, és így a jelterjedési sebesség lényegében nem változott, azaz stabil vétel maradt. A Huygens több mint 700 felvételt készített a légköri ereszkedés közben és a felszínen.

A kutatók számtalan meglepő tényről ismerhettek meg a Titánról. Dűnék, csatornák és sivatagok árapály nyoma, magas hegyek, valamint hatalmas szénhidrogén-tavak és folyók is találhatóak a felszínen. A Titán légkörében több szerves vegyületet is találtak, köztük olyat is, amely alapja lehet az élet kifejlődésének. A Cassini és a Huygens mérései azt is felfedték, hogy 55-80 km-rel a felszín alatt, egy víz- és ammónia alapú óceán található. Korábban egyetlen idegen égitesten sem mutatták ki folyadékok jelenlétét, a Titán holdon azonban számos folyékony felületet azonosítottak, mintegy 10 méteres árapályhullám volt megfigyelhető, amelyet a Szaturnusz gravitációja kelt. A légkörében jelen lévő metán ilyen körülmények között mindhárom halmazállapotában megtalálható. Vannak metánfelhők, amelyekből metánesó vagy -hó esik, ezek metánfolyókat és tavakat táplálnak. A Földön kívül a Titán az egyetlen ismert égitest, amelyen a felhőkből hulló csapadék eléri a felszínt. A sok hasonló tulajdonság miatt jó alapot szolgált annak modellezésére, hogy az ősi Földön milyen körülmények lehettek, és mi segíthette az élet kialakulását. Az 1655-ben elsőként felfedezett Szaturnusz hold mellett a Cassini 162-szer repült el, további méréseket végezve a Titánról és környezetéről.

A gyűrűkkel és holdakkal körülvett Szaturnusz a Földtől 1,25 milliárd km-re kering a Nap körül; ez a Naprendszer hatodik bolygója, főként hidrogénből és héliumból áll. A nagy sebességű forgása miatt lapított gömb alakú, az egyenlítő és a sarki átmérő közel 10%-kal különbözik. A Naprendszer egyetlen bolygója, amelynek sűrűsége kisebb a vízénél ($0,69 \text{ g/cm}^3$). A Cassini segítségével újabb hét holdat sikerült felfedezni, ezek közül hat már nevet is kapott, így jelenleg 62 holdat ismerünk a bolygó körül. A Cassini 13 év alatt összesen 294-szer kerülte meg Szaturnuszt. Keringése során több mint 453 000 képet készített a Szaturnuszról és holdjairól, a különböző tudományos

7. ábra. A Cassini fényképe az Enkeládusz hold déli pólusán lévő gejzíreiről (Fotó: NASA)





8. ábra. A Cassini fényképe a Szaturnusz északi pólusán lévő rejtélyes hatszögletű viharfelhőről (Fotó: NASA)

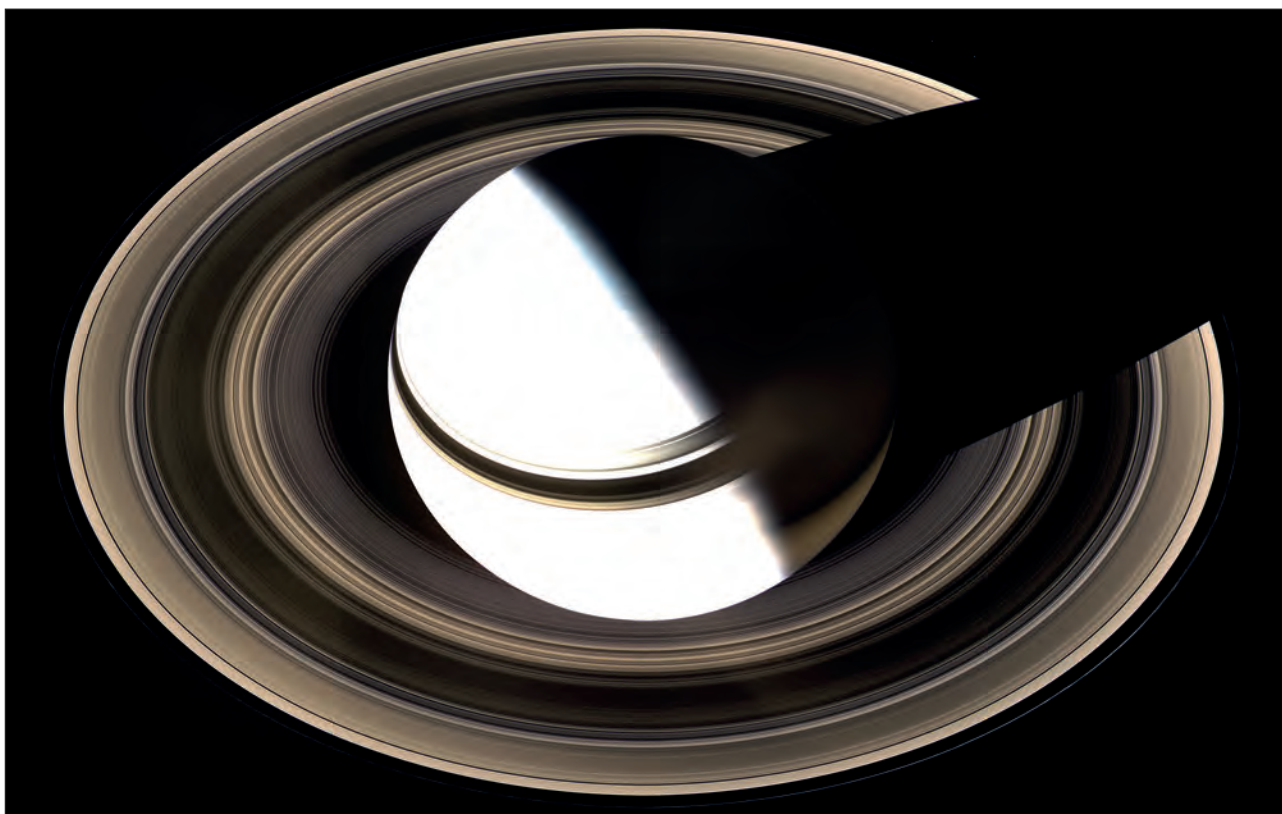
műszerek méréseivel együtt 635 GByte adatot küldött a Földre. Az adatok tudományos feldolgozása több évtizedes munka, eddig már több mint 4000 tudományos cikk jelent meg a témával kapcsolatban. A különböző üzemmódokra és pályavezérlésekre 2,5 millió parancsot küldtek, és 360 alkalommal működtették a pályakorrekciós hajtóműveket. A képek 1 Mpixel felbontású fekete fehér képek, különböző színszűrők segítségével hozták létre a színhe-

lyes fotókat, és több sorozatnyi felvétel megfelelő összeillesztésével hozták létre a nagyfelbontású fényképeket.

Az élet lehetőségének csírait tartalmazó másik hold, az 1789-ben felfedezett Enkeládusz, amelynek átmérője 500 km. A holdról a kutatók már tudták, hogy külsejét vízjég borítja, felszínformáló erői pedig még a közelmúltban is aktívak lehettek. 2005-ben a Cassini felfedezte, hogy a felszíni gejzírek vízpárát és jégszemcséket lövellnek a hold légkörébe. Majd az Enkeládusz déli pólusánál geológiai aktivitás jeleit is megtalálták (felszálló hó és kráterek). E jelenség alaposabb vizsgálata érdekében a Cassini eredeti pályatervét módosították. Többször visszatértek a hold közelébe, az űrszonda először 165 km-re, majd a későbbiek során 25 km-re repült el az Enkeládusz déli pólusa felett. 2008-ban kimutatták, hogy az Enkeládusz jégpáncélja alatt forró kőzetek helyezkednek el. Légkörében, a vízen kívül szén-monoxid, szén-dioxid, metán, szilícium-dioxid és sok szerves vegyület is megtalálható. Később a hidrogén jelenlétét is kimutatták a légkörben. E mérési adatok alapján a kutatók feltételezik, hogy a felszín alatt az élet egy kezdetleges formája létrejöhetett. A Titán és az Enkeládusz holdakon adottak a körülmények a kezdetleges létformák kialakulásához, ezért a jövőben kutatások célja lehet az élet nyomainak – akár annak mikroszkopikus formájában történő – keresése. A NASA új terveiben már szerepel egy 10 éven belüli program a Szaturnusz holdjainak további kutatására.

A Szaturnusz légkörében már korábban is észleltek erős viharos időszakokat, nagyjából harmincévenkénti periódussal. A Cassini által sikerült végigkövetni egy jelentős vihar sorsát. A Cassini 2010-ben lefényképezte az északi féltekén kialakuló óriási viharcsíkot, ami pár hónap alatt teljesen körbeírta a bolygót. A légkör viharos részén a Szaturnusz hőmérséklete 83°C-kal melegebb volt a kör-

9. ábra. A Cassini fényképe a Szaturnuszról és gyűrűrendszeréről (Fotó: NASA)



nyezeténél. Ilyen jelentős hőmérséklet-különbség ezen a bolygón nagyon ritka. Az óriás vihangyűrű ugyan egy évig tartott, de a nyomvonalában a környezetétől eltérően erős szelek tomboltak a légkörben később is.

A Szaturnusz légkörének és a gyűrűk szerkezetének vizsgálatára már a Szaturnusz körüli pályára állás kezdetén is lehetőség nyílt, de az igazi alkalom a szonda életének utolsó fázisában adódott. A Szaturnusz gyűrűi a felhőktől 2000 km-re kezdődnek és 120 000 km-ig tartanak. A szonda 22-szer átrepült a Szaturnusz légköre és a belső gyűrű közötti résen. Az első átrepülés alkalmával a NASA vezetői attól tartottak, hogy a 124 000 km/h-s sebességgel repülő szondában a gyűrűből származó szilárd részecskék esetleg nagy kárt tehetnek. Ezért 4 méter átmérőjű antennáját menetirányba fordították, hogy pajzsként védje műszereit a gyűrű síkjában feltételezhető szilárd részecskéktől. A rés meglepő módon pormentes volt, és nem történt meghibásodás. A Titán hold gravitációs lendítő terét használva, az 1400 millió km távolságban lévő szondát a keskeny résbe pontosan irányították. Ennek köszönhetően a Cassini soha nem látott közelségből vizsgálhatta a bolygót és a gyűrű-rendszert.

A Cassini a poláris pályája során nagyfelbontású fényképeket készített egy szabályos hatszög alakú felhőzeti formációról, amelyet már az 1980-as években felfedeztek. Az északi pólusnál lévő hatszög egy-egy oldala megközelíti a Földünk átmérőjét, az állandónak tűnő felhő alakzatot a Cassini által már 2004-ben infravörös tartományban érzékeltek. Később, 2009-ben, amikor az északi féltekén a szaturnuszi tavasz során a Nap megvilágította, akkor több felvételt készítettek róla. A hosszan tartó stabil hatszögű, szinte teljesen szabályos alakzat együtt forog a bolygóval és a keletkezésére máig nincs magyarázat.

A gyűrűk vastagsága meglepően kicsi, a 20 métert nem haladja meg, alkotórészei a porszemcséktől 10 méterig terjednek, helyenként azonban 4 km-es magasságot elérő hullámok láthatók. A Szaturnusz bolygó gyűrűje a közeli holdjainak gravitációs tere miatt marad egyben. A gyűrűkben lévő sűrűségi hullámokat a csillagászok szerint úgynevezett holdrezonanciák hozzák létre. A rezonanciák lelassítják és mérsékelik a gyűrűk szétterjedési lendületét.

A képek nemcsak tudományos szempontból érdekesek, hanem természetességükben szépek is. A Cassini és a Huygens segítségével kapott új tudományos eredmények minden várakozást felülmúltak és jelentősen bővítették a Naprendszerrel szóló ismereteinket. A meghosszabbított üzemidő elteltével a Cassini űrszondát 2017. szeptember 15-én a Szaturnusz légkörébe irányították, ahol megsemmisült. Az űrszondapáros másik tagja, a Huygens pedig immár a Titán felszínén pihen, ahová lassan másfél évtizede szállt le.

instrument; 5-6 Aug. 1996, Denver; SPIE Vol.2803/141-152. DOI: 10.1117/12.253414;

7. Young, D. T., Barraclough, B. L., Berthelier, J. J., Blanc, M., Burch, J. L., Coates, A. J., Goldstein, R., Grande, M., Hill, T. W., Illiano, J. M., Johnson, M. A., Johnson, R. E., Baragiola, R. A., Kelha, V., Linder, D., McComas, D. J., Narheim, B. T., Nordholt, J. E., Preece, A., Sittler, E. C., Svenes, K. R., Szalai, S., Szego, K., Tanskanen, P. and Viherkanto, K., Cassini plasma spectrometer investigation, in Cassini/Huygens: a mission to the Saturnian systems, SPIE, 2803, pp. 118–128, 1996. DOI: 10.1117/12.253412;
8. Young, D. T., Barraclough, B. L., Berthelier, J. J., Blanc, M., Burch, J. L., Coates, A. J., Goldstein, R., Grande, M., Hill, T. W., Illiano, J. M., Johnson, M. A., Johnson, R. E., Baragiola, R. A., Kelha, V., Linder, D., McComas, D. J., Narheim, B. T., Nordholt, J. E., Preece, A., Sittler, E. C., Svenes, K. R., Szalai, S., Szegő, K., Tanskanen, P., Viherkanto, K. 1998. Cassini plasma spectrometer investigation. Measurement Techniques in Space Plasmas: Particles, AGU Geophysical Monograph 102, pp. 237–242.;
9. Szego K., Nemeth Z., Foldy L., Cowley SWH, Provan G.: Dual periodicities in the flapping of Saturn's magnetodisk, Journal of Geophysical Research 118: (6) pp. 2883–2887. DOI: 10.1002/jgra.50316 ;
10. Coates A J, Wellbrock A, Lewis G R, Arridge C S, Cray F J, Young D T, Thomsen M F, Reisenfeld D B, Sittler E C, Johnson R E, Szego K, Bebesi Z, Jones G H: Cassini in Titan's tail: CAPS observations of plasma escape, Journal of Geophysical Research 117: (5) 11 p. Paper A05324. DOI: 10.1029/2012ja017595
11. NASA Extends Cassini's Grand Tour of Saturn https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=1659 [2019.01.11.];
12. Elizabeth Howell: Cassini-Huygens: Exploring Saturn's System. https://www.space.com/17754-cassini-huygens.html [2019.01.11.];
13. NASA at Saturn: Cassini's Grand Finale. https://www.youtube.com/watch?v=xrGAQCq9BMU [2019.01.11.];
14. Cassini's Final Images: Strange Angular Clouds. Saturn Structures? https://www.youtube.com/watch?v=zsNp1RdMe58 [2019.01.11.];
15. NASA's Cassini Spacecraft: A Journey's End. https://www.youtube.com/watch?v=gPdgsPTNhac [2019.01.11.];
16. Megkezdte a nagy finálét a Cassini űrszonda. http://mta.hu/tudomany_hirei/nagy-finaler-a-keszul-a-cassini-bolygoszonda-107639 [2019.01.11.];
17. http://mta.hu/tudomany_hirei/egy-huszeves-urtortenet-vege-a-szaturnusz-vegleg-befogadja-a-cassinit-108013.

IRODALOM

1. https://saturn.jpl.nasa.gov/ [2019.01.11.];
2. https://www.jpl.nasa.gov/missions/cassini-huygens/ [2019.01.11.];
3. https://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Cassini-Huygens [2019.01.11.];
4. Cassini Plasma Spectrometer (CAPS). https://saturn.jpl.nasa.gov/cassini-plasma-spectrometer/ [2019.01.11.];
5. Magnetometer (MAG). https://saturn.jpl.nasa.gov/magnetometer/ [2019.01.11.];
6. S. Kellock, P. Austin, A. Balogh, G. Gerlach, R. Marquedant, G. Musmann, E. Smith, D. Southwood, S. Szalai: Cassini dual technique magnetometer

RÖVIDÍTÉSEK

CAPS – Cassini Plasma Spectrometer.
CDA – Cosmic Dust Analyzer.
CIRS – Composite Infrared Spectrometer.
ISS – Imaging Science Subsystem.
INMS – Ion and Neutral Mass Spectrometer.
MAG – Magnetometer.
MIMI – Magnetospheric Imaging Instrument.
RPWS – Radio and Plasma Wave Science.
RSS – Radio Science.
UVIS – Ultraviolet Imaging Spectrograph.
VIMS – Visible and Infrared Mapping Spectrometer.

Kilopower – villamos erőmű a Marson I. rész

A VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS TECHNOLÓGIÁI

Az emberiség évről évre nagyobb mértékben függ a villamos energiától. A világ teljes energiaigénye is folyamatosan emelkedik, de tény az is, hogy a villamosság aránya az összes energiafelhasználáson belül is folyamatosan nő. Világviszonylatban az elmúlt 40 évben a teljes energiafelhasználás megduplázódott, míg a villamosság aránya ezen időszak alatt a négyszeresére nőtt [1]. Mi az oka a villamosság népszerűségének? Viszonylag könnyen és olcsón előállítható, illetve távvezetékekkel gazdaságosan szállítható. Tiszta és megbízható, ráadásul számos olyan technológia létezik (gondoljunk csak a félvezetőkre), ahol nincs is alternatívája. Bár gazdaságos tárolása jelenleg még nem megoldott (az akkumulátorok drágák és kicsi az energiasűrűségük is [2]), a villamosság elterjedését segíti az univerzalitása. Ez alatt azt értjük, hogy az energia szinte bármilyen formájából elő tudunk állítani villamosságot és viszont. Természetesen nem mellékes, hogy ezek az energiakonverziók milyen hatásokkal zajlanak.

Villamos energiát szinte bármiből nyerhetünk, gondoljunk csak a fizika óráról ismert ebonit-rúdra. De elektromossággá alakítható a nyomás (Hall-elem) vagy a hőmérséklet különbség is (Peltier-elem). Ezek az eljárások széles körben ismertek, de csak speciális környezetben alkalmazzák őket, mivel a hatásfokuk alig néhány százalék. Ha ipari mennyiségben állítunk elő villamos áramot, akkor gyakorlatilag csak két nagyobb releváns technológia létezik. Egyre jobban terjednek a napelemek, mivel évről-évre olcsóbbak és folyamatosan javul a hatásfokuk is. Jelenleg a kereskedelemben elérhető típusok a fény energiájának kb. 20%-át képesek elektromossággá konvertálni. A technológia nagy előnye, hogy mindenféle komolyabb kísérő hő, zaj stb. jelenség nélkül egy szilárd félvezetőrétegben indukálódik elektron-áram a becsapódó fotonok hatására [3]. Az eljárás nyilvánvaló hátránya, hogy gyengébb fényviszonyok

között radikálisan romlik a teljesítménye, este pedig szünetel a villamos energia előállítása. A technológia gyorsan terjed, de ez még mindig csak annyit jelent, hogy a 2015-ös 1%-hoz képest, 2018-ra csaknem megduplázódott (1,8%) az aránya az emberiség teljes villamos termelésén belül [1].

A fentiekből következik, hogy jelenleg a világ elektromos energiájának 98%-át generátorok állítják elő. Ezeknek a villamos gépeknek kiemelkedően jó a hatásfokuk, a forgó mechanikus mozgásnak több mint 95%-át képesek villamossággá alakítani, így az igazi kérdés már csak az, hogy mivel forgatjuk őket? Kisebb és közepes léptékben (aggregátorok) erre alkalmasak az egyszerű dugattyús motorok és gázturbinák is, nagyobb léptékben pedig a turbinák. Ezeket forgathatja a lezúduló víz energiája, vagy a lapátok- ra engedett nagy nyomású forró gőz is. A vizet pedig forralhatjuk szén-, olaj- vagy gáztüzeléssel, esetleg nukleáris energiával. A háztartási mérettől egészen óriási teljesítményekig építhetők szélerőművek is, de a villamosságot itt is minden esetben generátor termeli.

VILLAMOS ENERGIA A VILÁGŰRBEN

Először is válaszoljunk meg a kérdést, hogy mire is kell villamos energia az űrben? Tulajdonképpen mindenhez. Az eszközeink világűrbe juttatásához és az ott történő pályamódosításokhoz rakétákat használunk, de ezen kívül mindenre az elektromosságot alkalmazzuk, a már korábban említett univerzalitása miatt. Ezzel működnek az űreszközök létfenntartó rendszerei (fűtés és levegő-keringetés), motorok forgatják az antennákat és árammal működik az összes kommunikációs és számítástechnikai eszköz, így a navigáció is. A különféle mérő- és laboreszközök is elképzelhetetlenek villamos áram nélkül, de ennek előállítása a világűrben komoly nehézségekbe ütközik.

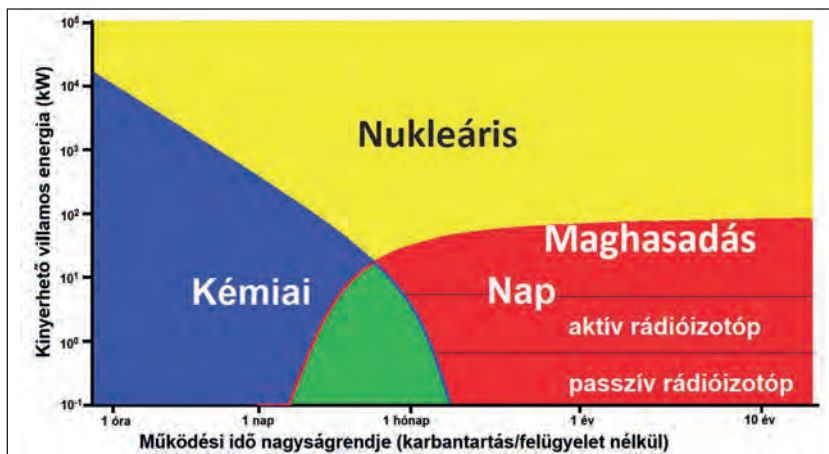
ÖSSZEFOGLALÁS: 2014-ben Barack Obama elnök jelentette be, hogy a NASA a Hold-expedíciók felújítása helyett, inkább a Marsra történő utazás előkészítésére fordítja erőforrásait. Ez számtalan olyan új kihívást jelentett a mérnökök számára, amelyek gyökeresen új technológiákat kívánnak. A probléma nagyságrendjét jól érzékelteti, hogy míg a közepes Föld – Hold távolság kb. 400 000 km, addig a Mars nagyjából 26 havonta kerül földközbe, ami 80 millió km-t jelent. Vagyis a Mars a legjobb esetben is 200-szor messzebb van, mint a Hold. Komoly kockázatot jelent a hosszú út során a kozmikus sugárzás, majd a Mars légkörében történő landolás. Egyebek mellett sokáig megoldatlan volt az űrhajó, illetve később a kolónia elektromos energiával történő ellátása is. A nehézségek miatt a tervezett indulás időpontját többször is elhalasztották, jelenleg a 2030-as vagy még inkább a 2033-as időpont tűnik valószínűnek, de egy új technika miatt talán az elektromos áramra már nem lesz gondjuk a leendő Mars-utazóknak.

KULCSSZAVAK: KRUSTY, Kilopower, Mars-kolónia, Stirling-motor, nukleáris energia

ABSTRACT: It was in 2014 that president Barack Obama declared NASA will concentrate its resources for preparing a travel to the Mars despite the renewal of Moon expeditions. It accounts lot of new challenges for the engineers that need radically new technologies. In order to demonstrate the magnitude of the problem we should see the mean Earth-Moon distance is 400 000 km but Mars is in near-Earth position only by 26 months and it means 80 million km. So the Mars even in the best position is 200 times farther than the Moon. During the long travel the cosmic radiation will be a serious risk and later the landing in the atmosphere of the Mars. Among other things the electrical power supply of the spaceship and the colony was unsolved for a long time. Because of the difficulties the time of the launch was postponed many times. Now 2030 or even more 2033 seem imaginable. But thanks for a new technology perhaps the prospective Mars-travellers won't have a problem with the electrical power.

KEY WORDS: KRUSTY, Kilopower, Mars-colony, Stirling-engine, nuclear power

* Mk. alezredes, MH Modernizációs Intézet, kiemelt főtiszt, NKE doktorandusz, vegvari.zsolt@hm.gov.hu. ORCID: 0000-0003-2543-6049



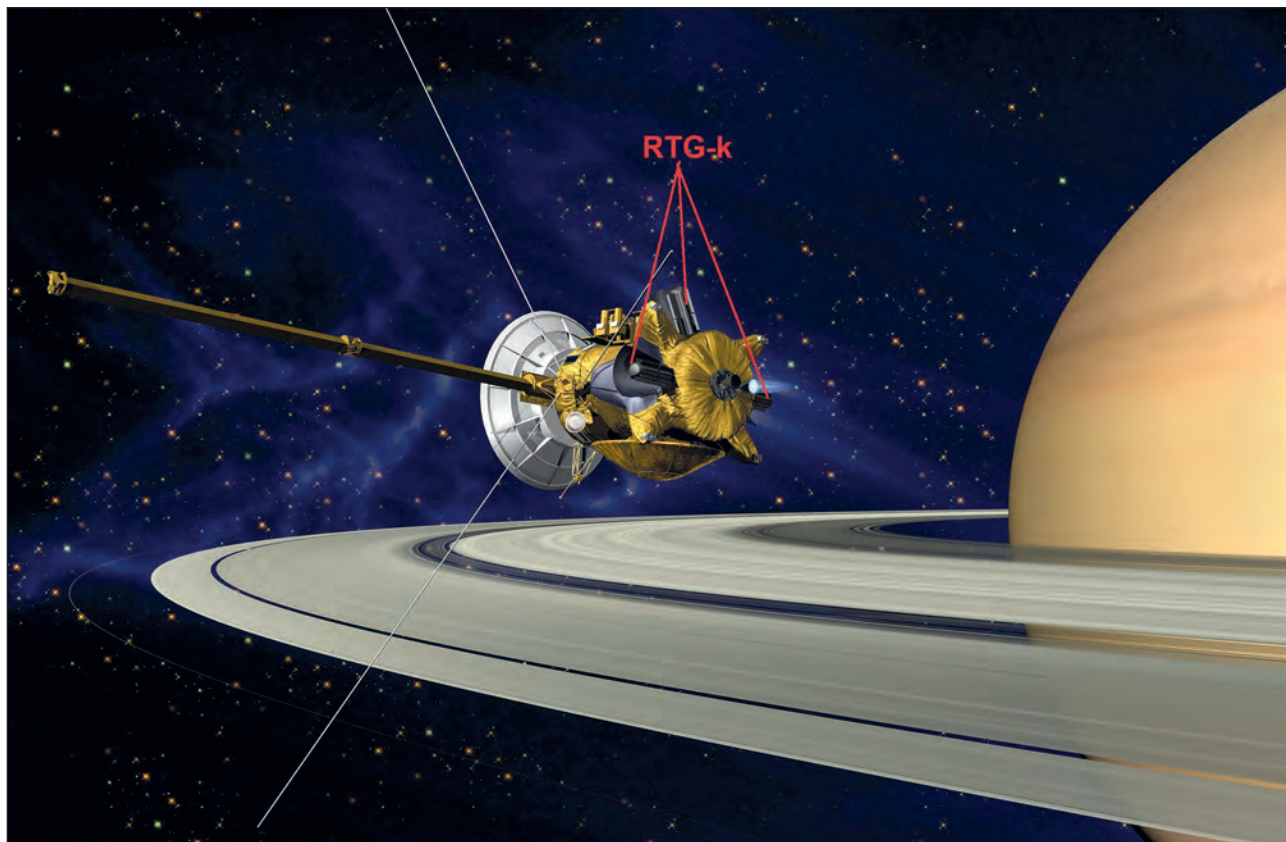
1. ábra. Az űrben elérhető villamos energiaforrások összevetése (A szerző saját szerkesztése, a Stanford University Radioisotopes – Applications in Physical Sciences alapján)

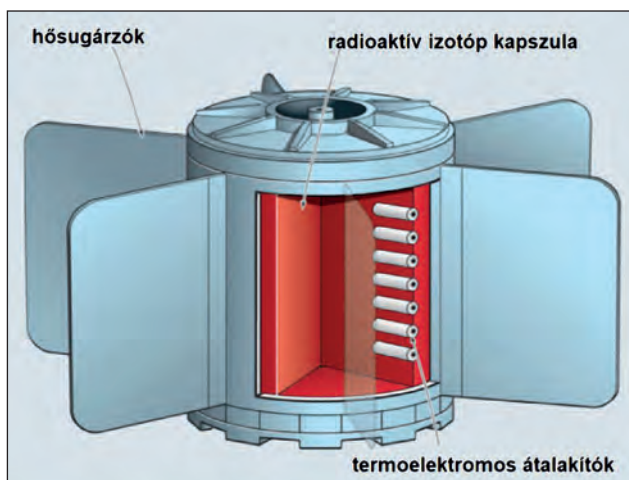
Az erőművi technológiák a hatalmas méretük és tömegük miatt nyilvánvalóan nem alkalmasak arra, hogy az űrbe telepítsük őket. Kisebb aggregátorok használata pedig az üzemanyag és az égéshez szükséges levegő űrbe szállításának magas költsége miatt lehetetlen. Mivel az űrben nincs klasszikus értelemben vett időjárás, a működésükre pedig nincs nagy hatással a hideg, szinte kínálják magukat a napelemek. Valóban, a napelemek már az 1960-as évektől használatosak az űrtechnikaiban. Az első ilyen eszközöknek a hatásfoka csupán néhány százalékpont és az áruk is csillagászati volt, ám az űrben remekül működtek és

működnek ma is. De mindez csak akkor igaz, ha a fény intenzitása megfelelő! A Föld légkörének peremén a nap m²-enként kb. 1370 W energiát szolgáltat [4]. Ez bőven elégséges egy űrállomás működtetéséhez és még arra is, hogy akkumulátorokat töltsünk fel arra az időre, amikor az állomás a Föld árnyékába kerül. De mi a helyzet a Mars-on? Mivel az elektromágneses hullámok, mint a fény, energiája a távolság négyzetével arányosan csökken, a Naptól mintegy másfélszer messzebb lévő Marson már csak kb. 600 W-ra számíthatunk m²-enként [4], amit némileg még a ritka légkör is ront. A Mars tengelyforgási ideje kb. 24 óra 40 perc, tehát a földinél alig több időt kellene akkumulátorokkal áthidalni.

Látható, hogy egy, a Nemzetközi Űrállomáshoz hasonló méretű objektumnak a Mars felszínén történő működtetéséhez hasonló mennyiségű akkumulátor és mintegy 2,5-szer több napelemre lenne szükség. Ennek tömege jelentős lenne, de a marsi utazásnak van még egy sajátossága, ami miatt el kell vetni ezt a technológiát. Az űrhajó a visszaúthoz szükséges üzemanyagot, annak jelentős tömege miatt nem viszi magával a Marsra, hanem azt is ott kell előállítani és hasonló a helyzet a létfenntartáshoz szükséges oxigénnel is. A Mars légköre főleg szén-dioxidból áll, így abból kellő energia befektetésével nyerhetünk oxigént, ehhez már csak némi hidrogén kell, ami szintén elérhető a Marson is,

2. ábra. Fantáziarajz a Cassini-Huygens szondáról. Piros színnel bejelöltük az RTG-eket. Érdekes, hogy az elhelyezkedésük semmilyen szimmetriát nem mutat (Fotó: NASA)





3. ábra. A rádióizotópos termo-elektromos generátor (RTG) felépítése

és máris kész a megfelelő rakéta-hajtóanyag, a hidrogén-peroxid (H_2O_2). Ennyi energia termeléséhez elégséges tömegű napelemet viszont már nyilvánvalóan nem vihet magával az expedíció, így csak egyetlen olyan primer energia¹ jöhet szóba, aminek kellően nagy az energiasűrűsége ahhoz, hogy racionális tömegviszonyok között magával vihesse egy űrhajó. Ez pedig nem más, mint az atomenergia.

Az atomenergia űrben történő felhasználása egyáltalán nem újkeletű, már a korai űrszondákban is alkalmazták, hiszen könnyen belátható, hogy az gázóriások pályáján már nem sok hasznát vesszük a napelemeknek. A Jupiter távolságában a napsugárzás intenzitása csak 4%-a a földinek, a Szaturnuszánál már csak 1%-a, a Neptunuszánál pedig alig 1 ezreléke. A Cassini űrszondát 1997-ben bocsátották fel és 2004-ben érte el a Szaturnuszt, illetve annak holdját, a Titánt. Az eredeti terv szerint 2008-ig tartott volna a küldetés, de azt 2017-ig meghosszabbították. Az űrszonda tömege a több mint 3500 kg, míg üzemanyag nélkül 2412 kg, de ebből 349 kg volt a Titánon landoló Huygens leszállóegység, és kb. 350 kg az egyéb tudományos műszer. Mindezek közel 20 évig tartó működtetéséhez a Cassini kb. 30 kg-nyi plutóniumot és három darab rádióizotópos termogenerátort [5] (Radioisotope Thermoelectric Generator), vagyis RTG-t vitt magával.

Az RTG-k működése az ún. Seebeck-effektuson alapul [6], vagyis ha két különböző fémeket két helyen összekapcsolunk és a kapcsolódási pontok eltérő hőmérsékletűek, akkor azok között feszültség jön létre. Ez a jelenség a fémek párosától függően Kelvinenként csak néhány mV feszültséget hoz létre, de ha a nukleáris elemekkel létrehozott párszáz fokot összevetjük a világűr hidegével, már elég nagy a hőmérsékletkülönbség ahhoz, hogy komolyabb teljesítményt adjon le az eszköz. Az RTG-k igen nagy előnye, hogy nem tartalmaznak mozgó alkatrészt, ezért nagyon megbízhatóak és a hatásfokuk a világűrben 3-7% is lehet. Az alkalmazott radioaktív anyag felezési idejétől függően viszont az RTG-k öregsznek. A Cassini három RTG-je az induláskor még 885 W névleges teljesítményre volt képes, de mikor 20 évvel később a Szaturnusz légkörébe zuhant, már csak 633 W volt a teljesítmény. Atomenergiát használnak bizonyos (elsősorban ex-szovjet) katonai műholdak is, mert az ellenséges ballisztikus rakéták bemérésére telepített radarok több kW-nyi energiaigényéhez már irreálisan nagy felületű és sérülékeny napelem kellene. Ezekben a műholdakban azonban már nem RTG-t,

hanem atomreaktort használtak. Ezek az izotópok természetes bomlásával szemben már egy kontrollált láncreakciót valósítanak meg, így jóval magasabb hőmérséklet jön létre, amit aztán szintén a Seebeck-effektussal alakítanak villamos árammá.

A STIRLING-MOTOR

Nyilvánvaló, hogy ha a naptól távoli helyeken szeretnénk nagyobb mennyiségű villamos energiát előállítani, akkor arra a jelenlegi technológiai szinten csak az atomenergia alkalmas, de a technikának kétségkívül vannak korlátai. Ha több energiára van szükségünk, akkor nagyobb felezési idejű izotópot vagy egyenesen dúsított izotópokat tartalmazó reaktort kell alkalmazni, de akkor a sugárzás is megnő. Adott esetben már az elektronikus berendezéseket is árnyékolni kell, ami jelentős tömeggel jár, ha pedig emberek is tartózkodnak a közelben, az tovább bonyolítja a helyzetet. Az egyetlen megoldás, hogy viszonylag mérsékelt sugárzású anyagot használunk, de megnöveljük a hőenergia-villamos energia konverzió hatásfokát. Szerencsére erre létezik a Peltier-elemeknél hatékonyabb eljárás is, az ún. hőlégmotor vagy Stirling-motor, ami a generátor működtetéséhez szükséges forgó mozgást képes létrehozni a hőmérséklet-különbségből.

Az eszköz valójában már 200 éve ismert, működési elvét 1816-ban egy skót lelkész, bizonyos Robert Stirling írta le először. Az Otto-motorokhoz hasonlóan ez is egy dugattyús-forgattyús hőerőgép, de azzal ellentétben, ez külső égésű. A dugattyús hőerőgépeknél a munkát a hő hatására kitérő gázok végzik a dugattyú mozgásával a hengerben. Ehhez a belső égésű eszközökben szelepeken keresztül üzemanyagot juttatunk a hengerekbe, majd miután elégettük és munkát végeztettünk vele, az égéstermékek újabb szelepeken keresztül távoznak. A külső égésű hőerőgépeknél a gáz egy zárt rendszerben áramlik. A hengerben egy külső forrás által melegítjük fel a gázt, majd az a tágulás után lehűl és összehúzóódik. A motor elméleti jelentősége azért nagy, mert elvi hatásfoka megközelíti a tökéletes Carnot-körfolyamat hatásfokát. A Stirling-motor (hőlégmotor) tényleges hatásfoka viszont a hőmérséklet-viszonyoktól függ, vagyis minél nagyobb a hőmérséklet-különbség, annál jobb a hatásfok [7]. Ez egyben magyarázza azt is, hogy miért nem terjedt el a Stirling-motor eddig a gyakorlatban. A földi hőmérsékleti körülmények között ugyanis – fosszilis hőforrást használva és a korábban rendelkezésre álló anyagok hőtechnikai tulajdonságai mellett – hosszú ideig meg sem lehetett közelíteni az Otto-motorok hatásfokát. Elsősorban a korszerű anyagszerkezeteknek köszönhetően, ez a helyzet mára jelentősen megváltozott.

4. ábra. A duál Stirling-motoros energia-konverter vázlatrajza



A világűrben, a radioaktivitást kihasználva elég komoly hőmérséklet-különbség hozható létre, így jogos a kérdés, hogy korábban miért nem alkalmazták ezt a megoldást az űrtechnikában. Erre az lehet a válasz, hogy az alkalmazott anyagok kedvező hőtechnikai tulajdonságai mellett, azoknak komoly mechanikai igénybevételt is el kell viselniük. A Stirling-motor ugyan nem tartalmaz szelepeket, és a felépítése általában lényegesen egyszerűbb a belsőégésű motorokénál, de a továbbra is meglévő forgattyús-dugattyús szerkezetnek a szélsőséges hőterhelés mellett is éveken keresztül megbízhatóan kell működnie, valamint deformáció nélkül el kell viselnie pl. a felbocsátáskor jelentkező gyorsulást is. Úgy tűnik, hogy ezt a problémát sikerült most megoldaniuk amerikai mérnököknek, de az áttörés nem egy új elv gyakorlati felhasználásán alapul, hanem azon a csendes anyagtéchnológiai forradalmon, ami az elmúlt években lezajlott.

(Folytatjuk)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Key World Energy Statistics 2017. International Energy Agency, 2017. DOI: 10.1787/key_energy_stat-2017-en;

- [2] Végvári Zsolt: Akkumulátorok a gyalogos lövészkatónák felszerelésében, a fejlesztés lehetséges irányai. Műszaki Katonai Közlöny, 26. évf. 2. sz., 2016.;
[3] Végvári Zsolt: A megújuló villamos-energiaforrások felhasználásnak lehetőségei harctéri körülmények között. Hadmérnök, 11. évf. 1. sz., márc. 2016.;
[4] Catling, D.: Planets and radiations. Jegyzet, University of Washington, 2013;
[5] Quick Facts | Mission, Solar System Exploration: NASA Science. <https://solarsystem.nasa.gov/missions/cassini/mission/quick-facts>. 2018.10.11. [2018.12.21];
[6] Jiang, M.: An Overview of Radioisotope Thermoelectric Generators. Stanford University, 15-2013. <http://large.stanford.edu/courses/2013/ph241/jiang1/>. 2018.09.28. [2018.12.21];
[7] Gras, P.: Operating principles of Stirling engine., 02.09.2017. <http://www.robertstirlingengine.com/principles.php>. 2017.09.02. [2018.12.21].

JEGYZETEK

1 A természetben előforduló energiahordozók, mint a kőolaj, földgáz, a nukleáris energia vagy a megújuló források.

Krámlí Mihály

Az Osztrák–Magyar Monarchia csatahajói 1904–1914

2018-ban jelent meg a Hadtörténeti Intézet és Múzeum kiadásában *Az Osztrák–Magyar Monarchia csatahajói 1904–1914* című kötet. A könyv hosszú évek kutatómunkájának eredményeként foglalja össze a Monarchia két utolsó, a megépült, valamint a megtervezett, megszávozott, de már az építés megkezdéséig el nem jutott csatahajóosztályának történetét.

A világméretű haditengerészeti fegyverkezési verseny hatására az osztrák–magyar haditengerészet 1904-ben határozta el a minőségi ugrás végrehajtását a csatahajó-építésben. Szakítva a „puszta partvédelem” korábbi jelszavával a haditengerészet úgy döntött, hogy a jövőben a legnagyobb tengeri hatalmakéval egyenértékű csatahajókat épít. Ebben az esztendőben kezdték meg a később RADETZKY-osztályúnak nevezett csatahajók tervezését, amelyek 1907 és 1911 között épültek meg. Miután 1906-tól a világ vezető tengeri hatalmai megkezdtek az áttérést az új, dreadnought-típusú csatahajókra, a Monarchia haditengerészete számára a valódi áttérést az igazi dreadnoughtok, a későbbi TEGETHOFF-osztály egységei jelentették, amelyek 1908-ban jelentek meg a tervezőasztalon, majd 1910 és 1915 között épültek meg. Ezen osztály utolsó tagja, a SZENT ISTVÁN, magyar hajógyárban épült. Az új, még nagyobb és erősebb csatahajók tervezése 1911-ben kezdődött és 1914-ben fejeződött be. Építésüket az osztrák és a magyar politikusok 1914-ben megszávozták, de a világháború kitörése után gyártásukat törölték a költségvetésből. Az első világháború előtt megépült két csatahajóosztálynak köszönhetően a Monarchia a mediterrán hatalmi térben igazi tengeri hatalommá vált.

A kötet a tervezés és az építés története mellett bemutatja az elkészült hajók tevékenységének krónikáját is. A műszaki adatok mellett, egy külön fejezet egyedülálló módon, részletesen ismerteti e hajók nehéztüzérségét és tűzvezetését is.

E hiánypótló könyv az eddig megjelent legnagyobb terjedelmű mű, amely eredeti források alapján részletesen és teljeskörűen mutatja be e csatahajó-osztályok történetét.

A 400 oldalas, fűzött, keményfedelű, 66 fekete-fehér képpel illusztrált kötet ára 4700 Ft; kereskedelmi forgalomban nem kapható, kizárólag a Hadtörténeti Intézet és Múzeumban (Budapest, 1014, Kapisztrán tér, 2–4.) szerezhető be.

(Pollmann Ferenc)



Vozsech István*

40×46 LV gránát rakéta-póthajtással – egy meg nem valósult fejlesztés II. rész

A FEJLESZTÉS RÖVID TÖRTÉNETE

A fejlesztés ötlete, és a póthajtásos megoldás elvi kidolgozása Egerszegi János vezető hadiipari szakértőhöz fűződik, aki tanácsaival segítette munkánkat. A fejlesztés meglehetősen rendhagyó volt, ugyanis a HM Technológiai Hivatalban önálló fejlesztési témaként nem sikerült elindítani, így diplomaterv-feladatként dolgoztuk ki a koncepciót. Az első diplomamunka 2007-ben született, a rakétahajtómű tervezésével foglalkozó Rigó Árpád hallgató kidolgozásában. Ezen munka keretében elkészült egy mérőhajtómű is, amelynek belső kialakítása azonos volt az elképzelt konstrukcióéval. A mérőhajtóművet és a mérések eredményeit, tapasztalatait a későbbiekben ismertetjük. A mérőhajtóművet a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kar Gépgyártástechnológiai Tanszékének oktatója, dr. Laczik Bálint adjunktus úr irányítása mellett gyártották a tanszék gépműhelyében, a méréseket a táborfalvai Lőkísérleti és Vizsgáló Állomáson végeztük.

A folytatás – az okokat nem részletezve – évekig váratott magára. A munka immár a honvédségi berkeken kívül folytatódott, szintén egy diplomamunka keretében. Antal Bence műegyetemi hallgató diplomamunkája 2013-ban készült, témája a rakétahajtómű-kamra gyújtását biztosító mechanikus gyújtó megtervezése volt.

A mechanikus gyújtó prototípusának elkészítésére és tesztelésére már nem került sor, a fejlesztés itt megakadt, és valószínűleg véget is ért. Bár a fejlesztés mindig is megmaradt CAD modellek és matematikai szimulációk szintjén, a munkát szívesen végeztük és örömmel gondolunk vissza rá.

ELŐTERVEZÉS

A munkát a rakétahajtómű tervezésével kezdtük, annak begyújtását – akkori elképzeléseink szerint – a Laval-csatorna torokrézsébe sajtolt pirotechnikai eleggyel oldottuk volna meg, amelyet technológiai részletkérdésnek tekintettünk, ezért a gyújtással részletesebben nem foglalkoztunk.

Első közelítésben 50%-os hatásos lőtávolság-kiterjesztés mellett végeztünk előszámításokat a gránátsebesség növelésére vonatkozóan. Szimulációs program segítségével meghatároztuk a minimálisan szükséges gránátsebességet. Első lépésben ezt a sebességet egyszerűsített eljárásokkal is meg lehetett határozni – ilyen kis sebességek esetén 5%-os pontossággal –, a következő gondolatmenet alapján.

- Feltettük, hogy a gránát légüres térben mozog, v_0 – 5 m/s sebességgel. Ezt megtehettük, mert ebben a sebességtartományban a légellenállás hatása – legalább is első közelítésben – csökkentett kezdősebs-

séggel vehető figyelembe. Ekkor a gránát parabola pályát ír le, amely könnyen számolható.

- Meghatároztuk az alaprendszer maximális hatásos lőtávolságán a röpidőt, ez 200 méteren kb. 3 s.
- Az alap és a növelt maximális hatásos lőtávolsághoz tartozó röppálya tetőpont-magassága akkor lesz azonos, ha röpidők is azonosak, amelyet a röppályák és a találati valószínűségek hasonlósági kritériumának tekintettünk. (Többféle hasonlósági kritérium felállítható, ez mozgó célok esetére és pásztázásra ad egyezést. Egy másik módszer lehet a becsapódási szögek egyeztetése.) A megnövelt lőtávolságunk 300 méter, ehhez 100 m/s kezdeti sebesség tartozik 3 s-os röpidő mellett.
- Kiszámoltuk az alap gránát mozgási energiáját, valamint megbecsültük a módosított gránát tömegét, amely több lesz – rakéta-póthajtást feltételezve. A gránát hüvelyén, és ezzel a hajtótöltet tömegén nem állt szándékunkban módosítani – mivel kereskedelmi gránátok átalakítását tűztük ki célul –, a kilövés határfokát állandónak feltételeztük. Kiszámoltuk a módosított gránát várható kezdősebességét, valamint mozgási energiáját a módosult kezdősebességgel és a megkövetelt 100 m/s-mal. A két energia különbségét kell a gránáttal közölnie a rakétának, amelyet a továbbiakban tervezési alapadatnak vettünk.

A RAKÉTAHAJTÓMŰ

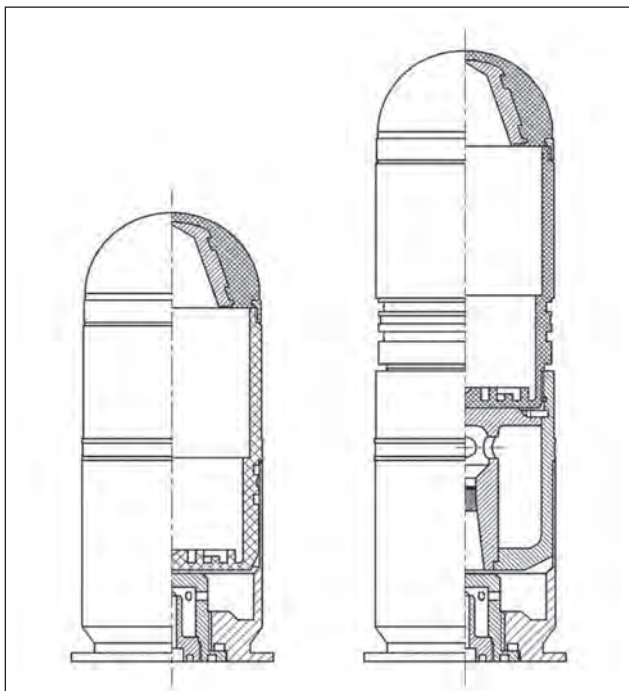
A hajtómű konstrukciós tervezésénél az Egerszegi János által felvázolt elképzelésből indultunk ki (8. ábra). Az eredeti gránáttestre menettel csatlakozik a póthajtás hajtóműháza. Ezzel viszont megváltozik a gránát hosszmérete, így a gránáttestről – a tölthetőség érdekében – a vezetőgyűrűk átkerülnek a hajtóműházra.

Működése a következők szerint megy végbe: (A hivatkozott tételek számok a 9. ábrán találhatók.)

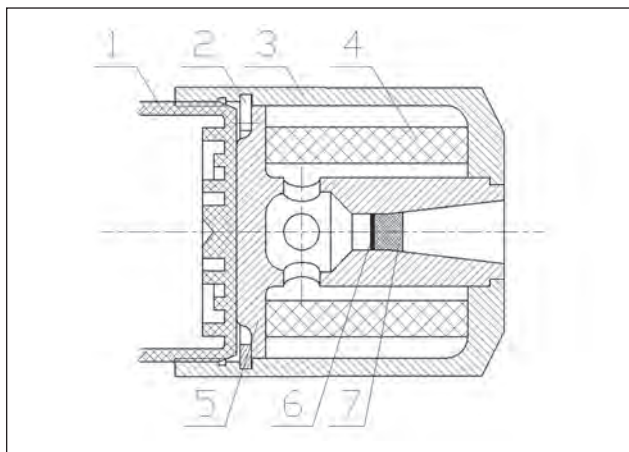
Az indítási folyamat teljes mértékben megegyezik az eredeti konstrukcióéval, azzal a kis különbséggel, hogy a 200 bar nyomású gáz az indítási folyamatokon kívül begyújtja a késleltetőt is. A késleltetés mértékét a késleltető elegy (7) – kísérleti mérésekkel meghatározott – hosszával kívántuk befolyásolni. Miután a gránát (1) már elhagyta a csövet, és a kezdeti lengések megfelelően csillapodtak, – 4-6 méter – az indító elegy (6) gyújtja a rakéta hajtólóporát (4). A lőpor tervezési szinten 0,1 s-ig átlagosan 100 bar nyomást biztosít. A keletkező lőporgázok a fúvóka (5) áttöretein jutnak – Laval-csatornán keresztül – a szabadba, impulzusukkal gyorsítva a gránátot. Ennél a megoldásnál viszont az áttöreteken áramló gázok turbulenciája elkerülhetetlen, amely határfokcsökkenést eredményez.

* ORCID: 0000-0001-9818-7755



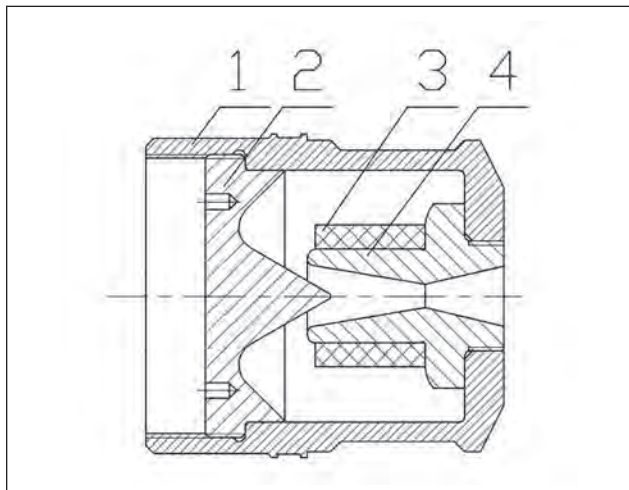


8. ábra. Az eredeti és a módosított gránát



9. ábra. Az első hajtómű-konstrukció

10. ábra. Végleges hajtómű-konstrukció



A turbulens áramlások csökkentése érdekében módosított változatokat terveztünk. A végleges kialakítás (10. ábra) egyben biztosítja a turbulenciamentes áramlást, és a legkevesebb tételből álló szerelési egységet. Ezen túlmenően biztosított a rakétalőpornak fúvókára (4), vagy a hajtóműház (1) belső felületére való illesztése, vagy – két löporrúd esetén – mindkettőre. Ezzel a megfelelő hajtómű-karakterisztika beállítható, amely a kamra kihasználtságának maximalizálása érdekében fontos.

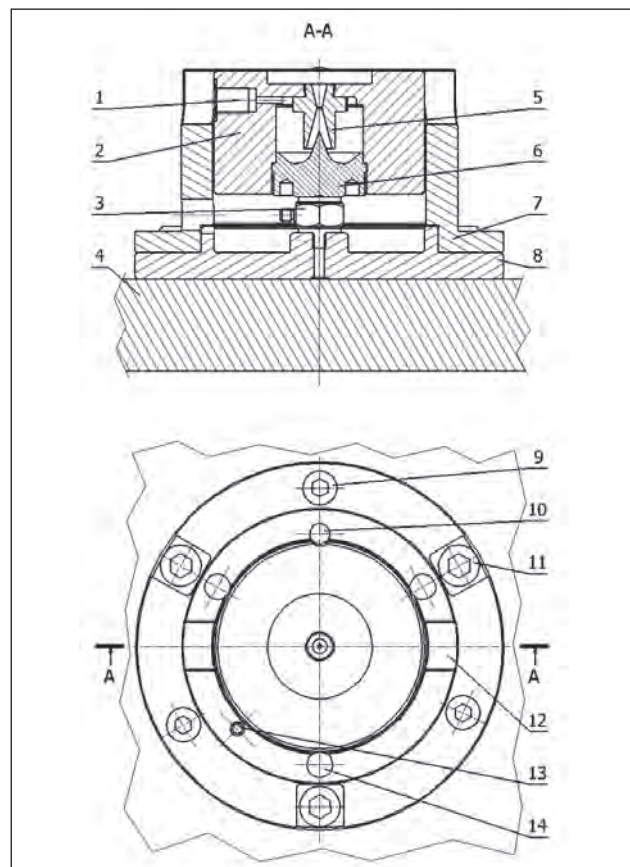
A MÉRŐHAJTÓMŰ

Az elvi konstrukció megszületése után szükséges volt egy olyan hajtómű megtervezése és legyártása, amely alkalmas a számítási eredmények mérésekkel való ellenőrzésére úgy, hogy mindeközben a belső geometriája megegyezik az elvi konstrukcióéval. A mérőhajtómű tervezésénél elsődleges szempont volt a biztonság, ezért minden teherviselő elem nemesített acélból készült, legalább tízszeres biztonsági tényezővel túlméretezve.

A megvalósított mérőhajtómű (11. ábra) felépítése:

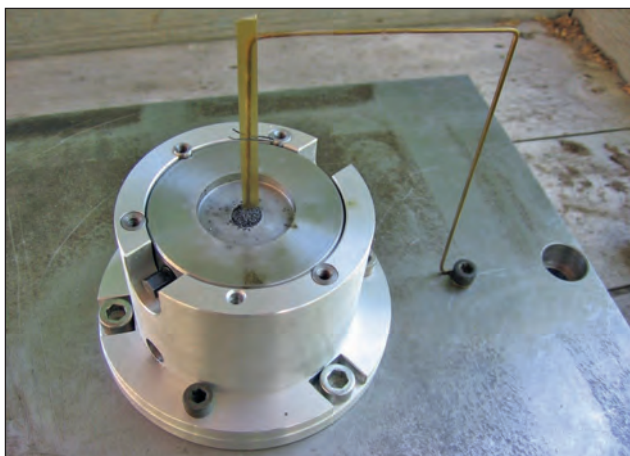
A rendszer alapja egy 40 mm vastag acél alaplap (4), amely alul 3 db csavart tartalmazott vízszintbeállításához. Az alaplapra csavarkötéssel (11) kapcsolódik a talptárcsa (8), amelybe az erőmérő cella (3) illeszkedik. A talptárcsához kapcsolódik még a tok (7), szintén csavarkötéssel (9). A tokba illeszkedik a 3 db vezetőcsap (14) a szerelési helyesség miatt pedig az orientálócsap (10). A vezetőcsapok feladata, hogy a rakétakamrát (2) kotyogás és befeszülésmentesen megvezessék, a tolóerő súrlódásmentesen tudjon átadódni az erőmérőnek. A tok két oldalán bemarás

11. ábra. Mérőhajtómű





12. ábra. A mérőhajtómű főbb elemei



13. ábra. Szerelt mérőhajtómű, inert piezofejjellel, nitroglicerines lőporcsíkkal

(12) található a szerelhetőség biztosítására, illetve a piezofej kivezetése is itt valósult meg, valamint az oldalán található furat az erőmérő vezetékének kivezetésére szolgált. A rakétakamrába menetes kötéssel illeszkedett a fúvóka (5) és a gázterelő (6). A fúvókát csöskulccsal, a gázterelőt körmoskulccsal lehetett szerelni.

A méréseket két fajta lőpor felhasználásával végeztük. Az egyik a magyar fejlesztésű PGR-9M repesz puskagránát lőpora, a másik a szovjet PG 9V páncéltörő gránát lőpora. A PGR-69M gránát lőporát a fúvókatest külső hengeres palástjára lehetett illeszteni, ekkor egy külső felületen égő, ún. degresszív lőporhoz jutottunk, a PG 9V lőporát pedig a kamra belső hengeres részére, amely ezáltal csak a belső felületén tudott égni, ezzel progresszív jellegét biztosítva.

MÉRÉSEK ÉS MÉRÉSI EREDMÉNYEK

A mérések a gránátok szétszerelésével és lőporrúdjaik kinyerésével, az eszközök előkészítésével, beüzemelésével, a mérőműszerek beállításaival és a begyújtás kikísérletezésével kezdődtek.

A begyújtás kikísérletezése idején a mérőeszközök nem voltak bekötve, a nyomásmérő helyén vakdugó volt. A kezdeti elképzelésünket, amely szerint stopin szálát helyezünk a fúvókába, el kellett vetni, mivel az túl vastag volt, a fúvókába szórt lőpor pedig a kamrában lévő rakétalőport nem gyullasztotta be. Sok próbálkozás vezetett a végleges megoldáshoz, nézzük lépésenként:

- A konfúzor részt a fúvóka beszerelése előtt cellux ragasztóval leragasztottuk, hogy a beleszórt füstös lőpor beszereléséskor ne szóródjon ki.
- A fúvókát dugókulccsal helyére csavartuk.
- Füstös lőport szórtunk a fúvókába. Feltételeztük, hogy a fúvóka diffúzor részébe tett feketelőpor égéskor a kamra belső nyomására nem lesz hatással. Ügyelni kellett továbbá arra, hogy a konfúzor részbe is lepergjen a lőpor, és megtöltse azt.
- A gázterelőre füstös lőport szórtunk, hogy meg tudjuk figyelni, begyújtja-e azt.
- A kamra megfordítása nélkül – a gázterelőt becsavartuk a helyére és meghúztuk, amely folyamat közben a gázterelő csúcsa a fóliát átszúrta, egyben lezárta azt.
- A kamrát a házba illesztettük, a fúvókához szórunk még füstös lőport, amit a PG-9V indítótöltetéből nyert nitroglicerines lőporcsíkkal indítottunk (13. ábra). A lőporaszalagos gyújtás előtt elektromos indítást alkalmaztunk, de az elektromos indítás a piezoelektromos mérőrendszert zavarta.

A későbbiekben az eljárás annyiban módosult, hogy a füstös lőport kiváltottuk füstös lőpor és gyérfüstű REX 32 NC lőpor keverékére, így kevésbé szennyeződtek elműködés után az alkatrészek.

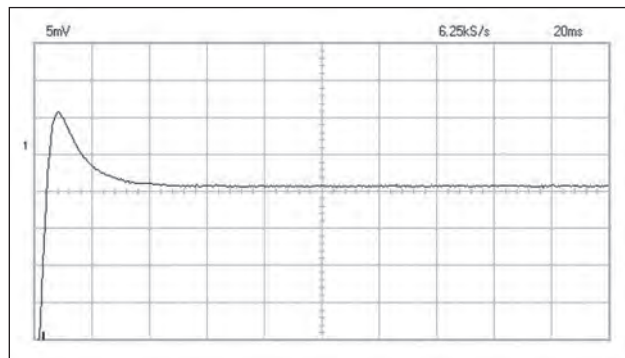
Következő lépésben a gyújtónyomást állítottuk be úgy, hogy az stabilan 100 bar felett legyen. Ezt sikerült 125,8 bar átlagnyomásra beállítani $s = 5$ bar mellett (15. ábra). Ezeknél a méréseknél a rakétalőport atrappal helyettesítettük.

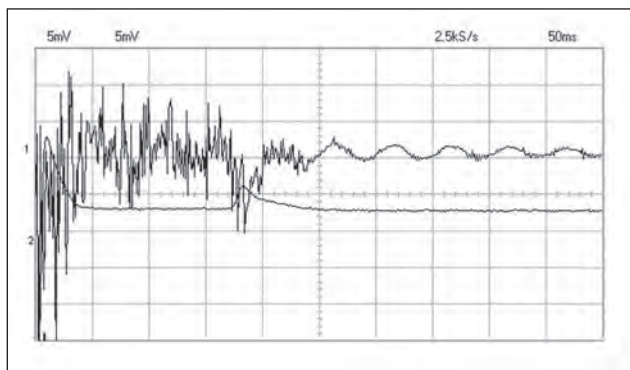
A gyújtás és a gyújtónyomás beállítása után a méréseket csak a PGR-69M repesz puskagránát lőporával végeztük el (14. ábra), többfelé fúvóka-átmérő mellett, végül – a szimulációval is előzetesen megállapított – $\varnothing 2,0$ és $\varnothing 1,6$ torokméretű



14. ábra. Fúvóka a PGR-69M lőporával szerelve

15. ábra. A gyújtás képe oszcilloszkópon





16. ábra. Erő- és kamranyomás jel, 2 mm-es fúvókánál

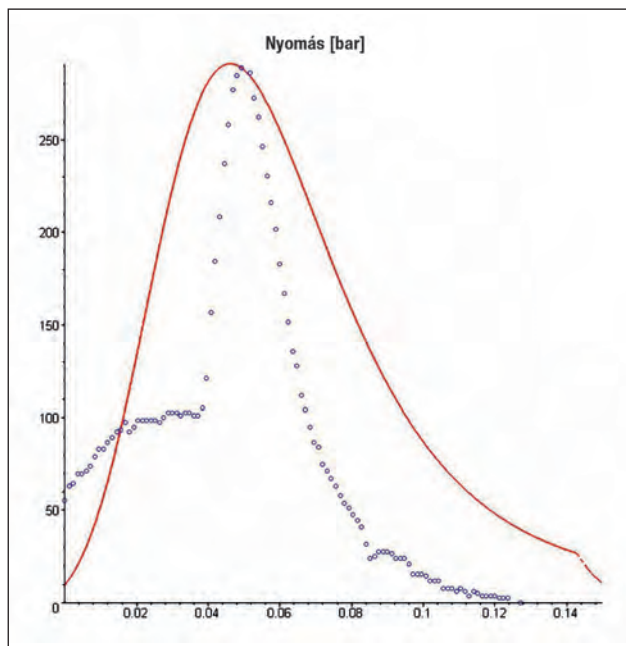
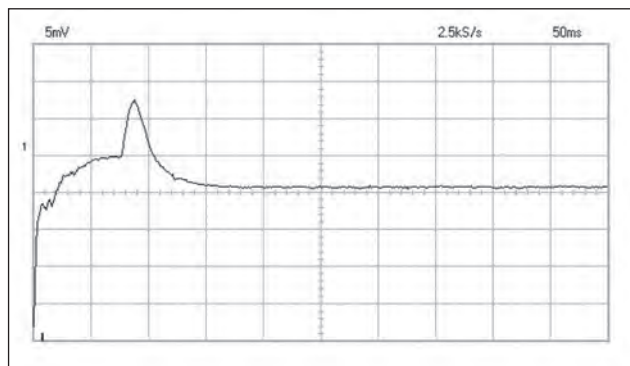
fúvókák szolgáltatott megfelelő eredményeket. Az erőméréseknél erősen zajos jeleket rögzítettünk (16. ábra), amelyeket később FFT módszerrel megszürtünk. Az erőmérést a későbbiekben elhagytuk, mivel a tolóerő a kamranyomásból számítható, a kamranyomás pedig igen jó egyezést mutatott a szimulációkkal. Az átlagos maximális kamranyomás ennél a konfigurációnál – Ø2,0 torokméret – 148,2 bar volt, és jól lehetett látni az elkülönülő gyújtó és rakétalőpor jelet. (A gyújtónyomás nagyobb volt, a gyújtótöltet változtatása miatt.) Az eredményekből az alábbi következtetéseket vontuk le:

- A begyulladó rakétalőpor nyomása nehezen fut fel, a gyújtás gázai a rakétalőpor biztos égése előtt távoznak a fúvókán. Ebből az következik, hogy a gránátot két ütésszerű terhelés éri, amely szükségszerűen kétszer fogja perturbálni azt. Ez a kétszeri impulzus biztosan rosszabb hatással lesz az alapszórásra, mint ha ez csak egyszer következne be.
- A rakétalőpor-geometriát – a hajtóműkamra optimálisabb kihasználása érdekében – degresszívra neutrálisra, vagy enyhén progresszívra kell változtatni.
- A hatékonyabb begyulladás érdekében a rakétakamra szabad térfogatát csökkenteni kell.

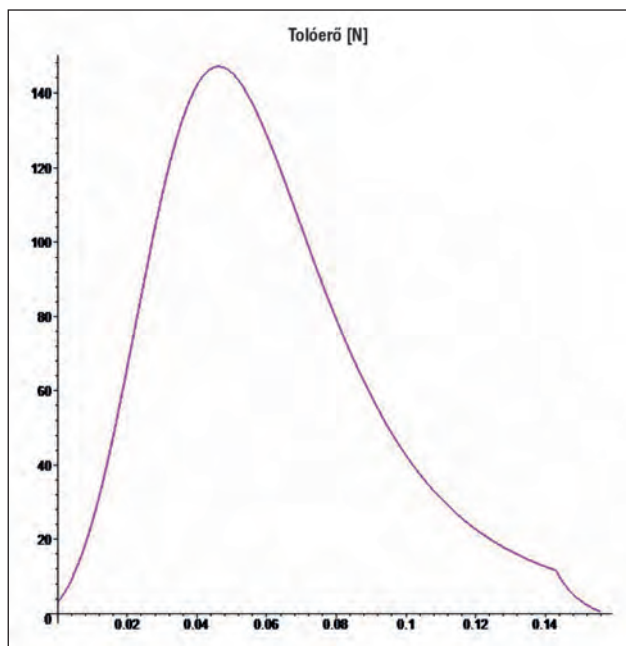
A lőporgeometriát változatlanul hagyva, megismételtük a mérést Ø1,6 torokméretű fúvókával, és visszatértünk a kezdetekkor meghatározott 128 bar értéket adó gyullasztó töltethez. Az eredmények várakozásainknak, és a szimulációknak megfelelően alakultak (17-18. ábra).

A mérések itt idő hiányában befejeződtek, a továbbiakban csak szimulációs számításokat végeztünk különböző lőporgeometriákra (20. ábra). Összegezve megállapítható, hogy a korlátozott lehetőségeink ellenére a jól kidolgozott és megszervezett mérések és szimulációs eljárások segítségével, a fejlesztés ezen fázisa sikeresen záródott. Az itt kapott eredményekből a gránát hajtóműve tervezhető lett volna.

17. ábra. Összeolvadó gyújtás- és kamranyomás-jelek, 1,6 mm-es fúvókánál



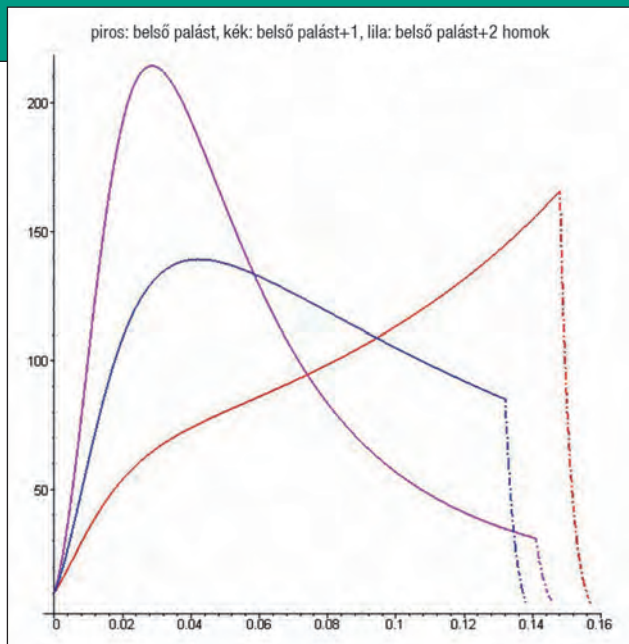
18. ábra. Az 1,6 mm-es fúvóka nyomás – idő (bar – sec) szimulációja. A számított függvény piros színnel jelölve, a mérési pontok kékekkel



19. ábra. Az 1,6 mm-es fúvóka tolóerő – idő (N – sec) szimulációja

A RAKÉTAHAJTÓMŰ GYÚJTÁSI RENDSZERE

Eredeti elképzeléseink szerint a Laval-csatorna torokrészébe sajtolt, öntött pirotechnikai elegyek biztosították volna a hajtómű indítását úgy, hogy az expanziós térbe beáramló forró lőporgázok begyűjtik a pirotechnikai késleltető elemeket, majd annak kiégésekor, az indítja a gyújtóelegyet. Ennek a rendszernek sem előtervezésével, sem műszaki alapkövetelményeinek megfogalmazásával nem foglalkoztunk, részben a kifejlesztendő eszköz iránti érdeklődés hiányából, részben a pirotechnikai termékek hazai gyártójának – és ezzel egyben a folytatás elvi lehetőségének – megszűnése miatt.



20. ábra. Az 1,6 mm-es fúvóka nyomás – idő (bar – sec) szimulációi, különböző löpörgeometriák mellett. Lila: degresszív; kék: neutrális; piros: progresszív

Számításokat végeztünk továbbá a rakétakamra gyújtási pillanatának meghatározására, amelyre vonatkozóan az alábbiakat lehet megállapítani:

1. A rakétahajtómű indításának pontos helye a röppálya mentén szabadon megválasztható, a gránát lengéseinek lecsillapodása utáni pályaszakaszon. A röppálya ezen pontjához tartozó röpidő legyen T_1 . Az így megválasztott gyújtási időpillanat a gránát pontosságára nincs hatással.
2. T_1 időpontok szórása meghatározó jelentőségű a gránát pontosságára, amelyből következően T_1 szórását a lehető legkisebb értéken kell tartani.

A két állítás megértéséhez nézzük meg a gránát mozgását – az egyszerűség kedvéért – gázutóhatás mentes légűres térben, ahol a hajtómű pillanatszerűen működik, és a gránátnak nincsenek nutációs és precesszív mozgásai:

1. A gránát $T_0 = 0$ időpillanatban elhagyja a csőtorkolatot v_0 sebességgel és φ_0 löszöggel, és a ferde hajtást leíró egyenletek szerint parabola pályán mozog.
2. T_1 időpillanatban a gránát $v_{1,1}$ sebességgel és φ_1 állásszöggel rendelkezik, koordinátái x_1, y_1 .
3. A hajtómű zérus idő alatt, Dirac-delta függvény jellegének megfelelően elműködik, így T_1 időpontban a gránát felveszi $v_{1,2}$ sebességét, állásszöge változatlanul φ_1 . Ez a mozgás második szakasza, amelyet fel foghatunk úgy, hogy a gránát $T_2 = T_1$ időpillanatban $v_2 = v_{1,2}$ sebesség $\varphi_2 = \varphi_1$ löszög mellett indul az $x_2 = x_1$ és $y_2 = y_1$ koordinátákból, és a ferde hajtást leíró egyenletek szerint parabola pályán mozog.

A fázisok leírásából látható, hogy a T_1 időpillanatban értelmezett φ_1 állásszög kiemelt fontossággal bír, mivel ez lesz a következő fázis löszöge, amelynek szórása a T_1 időpont szórásából közvetlenül számítható. Visszaülva a rendszer alapszórásának törvényszerű megnövekedésére megállapítható, hogy az alapszórás megnövekedésének a legjelentősebb tényezője a T_1 időpillanat szórásából adódó φ_2 löszög szórása, a másik jelenős tényezője pedig a hajtómű ΔT működési idejének a szórása. (Ennek kifejtésétől itt eltekintünk.) Az alacsony gránátsebesség ezeknek a tényezőknél a negatív hatásait tovább erősíti, mivel a gránát alacsony sebessége miatt – repülésének kezdeti szakaszában, a csőszáj és a hajtómű indulása között – erősen ívelt röppálya mentén halad, így a röppályaérintő egységnyi változása rövidebb pályahosszhoz tartozik. Belátható to-



21. ábra. A beinduló rakétalőpor kifújja az égő füstös lőpor szemcséket



22. ábra. A kiégő hajtómű

3. táblázat.

Gyújtó típusa	T_1 szórás nagyságrendje (s)	Külön részegységet képez-e?	Bonyolultság 1-5 (1 egyszerű, 5 bonyolult)
Pirotechnikai	10^{-1}	nem	1
Mechanikus óraműves	10^{-2}	igen	5
Mechanikus fordulatszám-számlálós	10^{-1}	igen	5
Mechanikus huzalos	10^{-3}	igen	4
Elektronikus	10^{-3}	igen	3

vább, hogy a parabola mentén haladó gránát függőleges irányú mozgásait csak a konstans nehézségi gyorsulás határozza meg, így nagyobb kezdősebességek esetén a gránát röppályája „laposabb”, alacsonyabbak esetén pedig „íveltebb” lesz. Ebből következik, hogy egységnyi idő alatt a lassabb gránátok nagyobb állásszög-változást szenvednek, míg a gyorsabbak kevesebbet. Ebből viszont adódik, hogy adott pontosság eléréséhez csökkenő kezdősebességhez csökkenő T_1 szórás tartozik, de ez az érték korlátozott, és alapvetően gyártás és szerelésteknológia függő.

A fentiek figyelembevételével kijelenthető, hogy a rendszer alapszórás-növekedése a hajtómű indítási időpillanatának kézen tartásával korlátozható. Ezek alapján a szóba jöhető gyújtási rendszereket és főbb jellemzőiket összegejtöttük és rendszereztük (3. táblázat).

A táblázatban szereplő típusok részletes adatait begyűjtve és az értékelési szempontrendszer meghatározva morfológiai mátrixok segítségével kiválasztható a legalkalmasabb megoldás.

(Folytatjuk)

(Illusztrációk a szerző gyűjteményéből.)

Koncz Imre*

Szentnémedy (Willwerth) Ferenc vezérkari ezredes élete és katonai pályafutása

II. rész

Willwerth Ferenc Alajos¹⁶ az 1921. évi XXXIII. törvénycikk (trianoni békeszerződés) rendelkezéseinek megfelelően a magyar állampolgársága fenntartására irányuló elhatározását 1922. április 5-én már Szentnémedy Ferenc Alajosként jelentette be a Magyar Királyi Belügyminisztériumnál¹⁷. Ezen időszakban – saját nyilatkozata szerint – 1919 augusztusa és 1923 szeptembere között a Szegedi Nemzeti Hadsereg Repülő Csoportjánál, illetve 1920. februártól a rejtés céljait szolgáló „fedőszervénél”, a Magyar Aeroforgalmi Rt.-nél pilótaként teljesített szolgálatot felügyelő, majd főellenőr beosztásban, mivel katonai rendfokozatát (százados) ott hivatalosan nem használhatta. A 1923. szeptember 1. és 1925. augusztus 1. közötti időszakban a Magyar Királyi Honvéd Ludovika Akadémián a vezérkari tiszti képzésen vett részt, amelyet a hivatalos végosztályzata szerint „Igen Jó” eredménnyel teljesített.

Csoporttársai közé tartozott többek között: Ibrányi Mihály százados (később altábornagy), Vörös Géza százados

13. ábra. Szentnémedy Ludovika akadémiás évfolyamtársaival a végzéskor, 1925 júliusában. Ő az álló sorban balról a negyedik. Mögötte balra Ibrányi Mihály áll. A kilencedik a hátsó sorban álló Jány Gusztáv



14. ábra. Vitéz Szentnémedy Ferenc vezérkari százados az 1920-as években. Szemből a bal zubbonyzseben az Osztrák–Magyar Monarchia tábori pilóta jelvénye látható, míg a jobb oldalin a Vitézi Rend jelvénye. Kitüntetései között jól látható a bal oldali Vaskorona Rend III. osztálya a hadiékítményekkel

(később a Magyar Honvéd Királyi Légierő vezérkari főnöke, altábornagy), Récsey Ferenc százados (később a Magyar Néphadsereg vezérőrnagya) és Szálasi Ferenc százados (később nyilas nemzetvezető). Csoporttársaival az 1930-as években komoly szakmai vitákat folytatott a Magyar Katonai Szemle című szakfolyóirat hasábjain keresztül a légierőről és a légi hadviselésről, de gyakran publikált a Magyar Szemle és a Magyar Szárnyak című sajtótermékekben is. Egyik, talán a leghíresebb oktatójuk vitéz Jány Gusztáv őrnagy, később vezér ezredes, a Magyar Királyi 2. hadsereg parancsnoka, aki a vitéz Szentnémedy Ferenc hagyatékában fellelt, kézzel írt „Egyéni Leírás”¹⁸-ban így jellemzi növendékét:

„Szentnémedy Ferenc: Közlékeny, őszinte, nyílt; határozottan, tartalmasan beszél, nyugodt, biztos, egyénileg önálló. Kiváló szellemi képességgel, gyors, éles biztos felfogással, logikus felfogó képességgel, kiváló katonai tudással rendelkezik. A repülési szakmában kiválóan jártas. Fegyelmezett, tekintélytisztelő, gyors, következetes

* ORCID: 0000-0003-3176-5658



15. ábra. Szentnémedy Ferenc esküvői fotója a Társaság című szépirodalmi és társasági képes hetilapban

elhatározó képességgel. Munkabíró és tettekéssz, alapos, kiválóan gyors munkás, testi és szellemi megerőltetést játszva győzi le; többet ér mint amennyinek látszik. Szellemes, szórakoztató, jó humoru bajtárs. Vezérkari szolgálatra kiválóan alkalmas. Jány s.k.”

Ezt a jellemzést a hadiakadémia akkori parancsnoka: vitéz Kárpáthy Kamilló altábornagy is láttamozta, javításokkal és kiegészítő megjegyzésekkel látta el.

Szentnémedy Ferenc sok korabeli tisztársához hasonlóan belépett a Vitézi Rendbe (amelyet Horthy Miklós kormányzó alapított 1920-ban), mivel az I. világháború során mutatott bátorságáért és helytállásáért kapott kitüntetései – legfőképp az Osztrák Császári Vaskorona Rend III. osztálya hadidíszítménnyel, kardokkal – biztos felvételt jelentettek számára. A vitézi cím akkoriban még rangot jelentett, és a további katonai karrierje szempontjából is nagy jelentőséggel bírt.

A belépés pontos időpontja nem ismert, vélhetően 1921. és 1925. között történhetett, mivel a Ludovika Akadémián elvégzett vezérkari tiszti tanfolyam sikeres teljesítését igazoló okirat¹⁹ már vitéz Szentnémedy Ferenc százados nevére állították ki. Az akadémia elvégzése után a szegedi 5. sz. vegyes dandár állományába került, ahonnan 1926. szeptember 1-én a Légügyi Hivatal B. állományába helyezték át, vaszt. főellenőr beosztásban. Ezt követően, 1927. január 1-én a Légügyi Hivatalból a Honvédelmi Minisztérium 1750 főnyi tiszti állományába vették át vknt. századosi rendfokozattal és a HM 1. osztályához osztották be. (1. sz. áll. par. 1927.) Ezen időszak alatt, 1927. szeptember 16-i

16. ábra. A Magyar Katonai Szemle bronz emléklapok (a szerző felvétele)



17. ábra. Szentnémedy Ferenc és felesége Adrienne egy U-12 Flamingó iskola-gyakorló repülőgép előtt

dátummal, a folyó év május 19-én, Párizsban megkötött légügyi egyezmény alapján pilótaigazolványt kapott (23. sz. HK. 1927; 1927. évi 10. sz. áll. par.). Ezen a szolgálati helyen sem töltött sok időt, mert 1928. július 1-től a Magyar Királyi Honvédelmi Minisztérium állományából a Légügyi Hivatalhoz történő tartós vezénylése mellett, a HM VI. csoport vezérkar személyi tartalék állományába helyezték át.²⁰ Ezen időszak alatt a Magyar Királyi Légügyi Hivatalnál osztályvezetőként tevékenykedett. 1928 októberétől 1934 júliusáig a Magyar Királyi Honvéd Hadiakadémia tanára volt. Időközben a magánéletében is történt változás, ugyanis 1929. május 2-án házasságot kötött Pacher Adrienne úrnővel, miután házassága ellen felettesei sem emeltek kifogást és az Országos Vitézi Széktől 1929. március 26-i keltezésű – Nősülési engedély²¹ formájában – megkapta a hozzájárulást. Esküvőjükéről *A Társaság*²² című korabeli képes hetilap fényképeket is közölt. Az egyik felvételen, a templom előtt készült csoportképen az ifjú pár és a násznép látható az esküvői tanúkkal, Illy Sándor és Ibrányi Mihály századosokkal, egykori hadiakadémiai csoporttársaival.

Sajnos ez a házasság nem járt gyermekáldással és talán emiatt nem is bizonyult tartósnak, végül 1938. augusztus 26-án válással végződött. Szentnémedy Ferenc szakmai téren azonban sikeres volt, mert a repülés elkötelezett híveként – mivel több idegen nyelven (többek között: németül, olaszul, angolul és románul) is kiválóan beszélt – széles körben tájékozódhatott a külföldi szakirodalomban az érdeklődési körébe tartozó katonai repülés és légi hadműveletek témáiban.

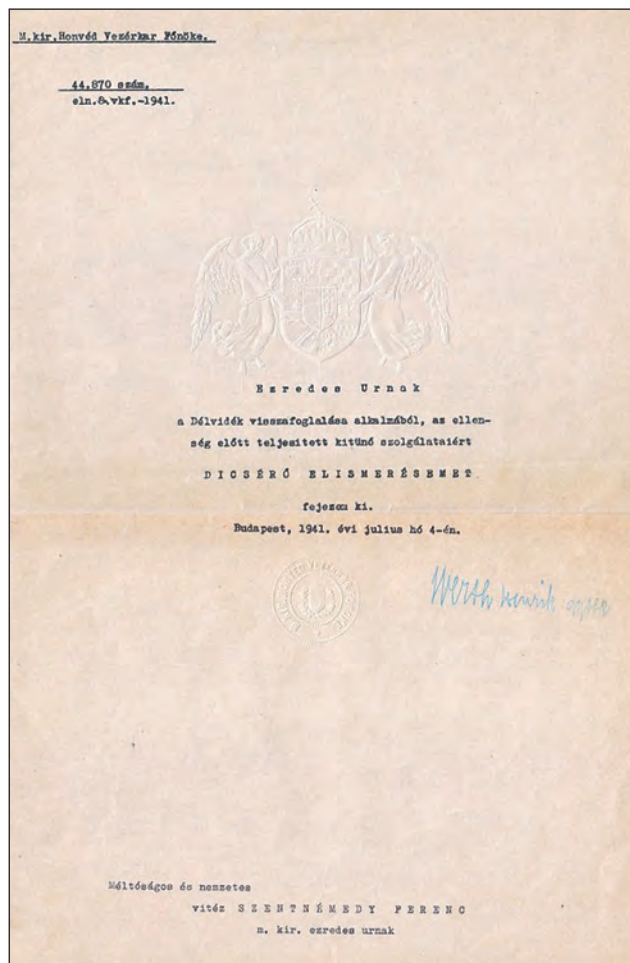
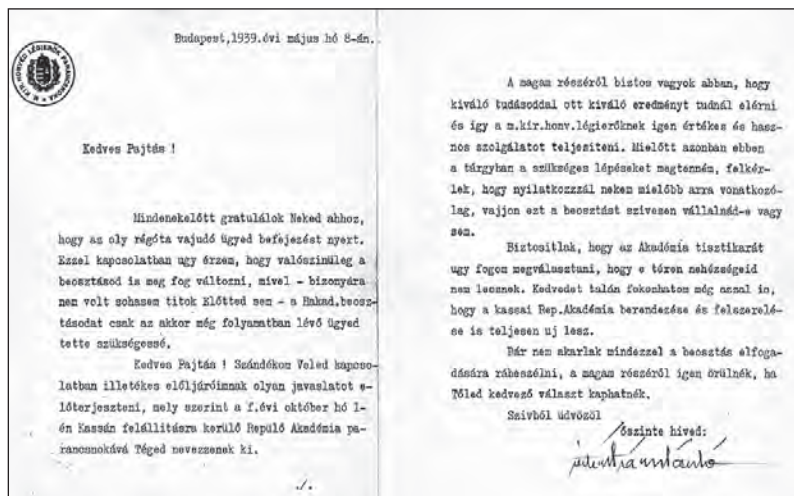
Az első világháborút követő időszakban a korszerű légi hadviselés elméletének megalkotásában, kidolgozásában elvülhetetlen érdemeket szerzett Giulio Douhet dandártá-



18. ábra. Szentnémedy Ferenc feleségével egy észak-olasz-országi hegyi túrán, az 1930-as években

bornok, egy excentrikus személyiségű olasz katonatiszt, aki már az I. világháborút megelőzően is repülőosztály-parancsnokként szolgált, emellett ő írta meg az olasz légierő első szabályzatát is. Érdemei ellenére, extrém viselkedése és az olasz hadvezetés légierő-fejlesztési elképzeléseinek kemény bírálata okán eltávolították a légierő kötelékéből, amelyet habitusából eredően nem hagyott szó nélkül, ezért még egyéves börtönbüntetést is kapott. Mivel a világháborúban nem tudták nélkülözni szakmai tudását és gyakorlati tapasztalatait, ezért reaktiválták, végül 1918-ban még a légierő parancsnokává is kinevezték. Az I. világháború után, (a vezérkari akadémia elvégzését követően) 1923-ig az olasz légierő központjának vezetője volt, és ezen időszak alatt fektette le a *Légiuralom Elmélete* címen elhíresült

19. ábra. A Magyar Királyi Honvéd Légierők Parancsnok levele Szentnémedyhez²⁹



20. ábra. Dicsérő oklevél a Délvidék visszafoglalása alkalmából

doktrínáját. Fő műve 1921-ben jelent meg *Il dominio dell'aria* címmel, amely elméleteinek összefoglaló címeként szolgált. Később még több munkájában is népszerűsítette elméletét, amelyek közül a két legjelentősebb az 1927-ben megjelentetett *Légi háború*, és az 1928-as kiadású *Az 19... évi háború* című kötet volt.²³ Douhet ezen művei Magyaror-

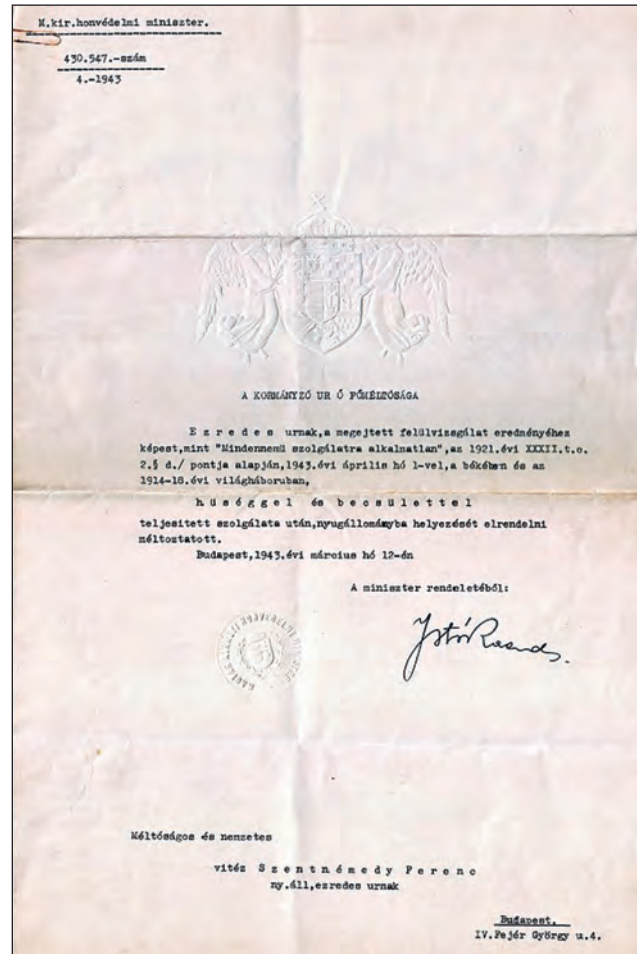
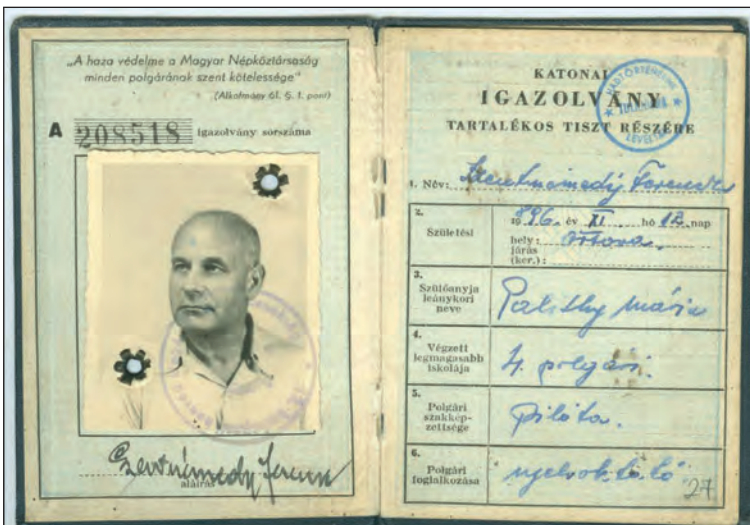
szágra is eljutottak és igen nagy hatással voltak például Szentnémedy Ferencre is, aki az 1930-as évek elején, szakmai berkekben a „douhetizmus hazai apostolá-ként” vált ismertté. Akkoriban a hadiakadémia tanáráként komolyan foglalkoztatta a korszerű légierők alkalmazási lehetőségeinek és a légi hadviselés elméletének témaköre és kiterjedt publikációs tevékenységének kezdete is arra az időszakra datálható. A korabeli katonai szaksajtóban – legtöbbször a Magyar Katonai Szemle hasábjain – sorra jelentek meg a témát érintő szakkik-kei. Írásai eleinte Douhet elméletének kritika nélküli elfogadásáról tanúskodtak, ami igen komoly szakmai vitát generált a fiatal, ambiciózus tisztikarban, leginkább a szárazföldi fegyvernemek tisztjeinek körében. Szentnémedy Ferenc vezérkari szolgálatot teljesítő százados kezdeti publikációira vá-laszul sorban jelentek meg kritikai észrevé-telek, cáfolatok és ellenvélemények a Ma-



21. ábra. Szentnémedy a Magyar Királyi Honvéd Légierő vezérkari ezredeseként

gyar Katonai Szemlében, többek között Ibrányi Mihály vkszt. szds. Réczey Ferenc vkszt. szds. Vörös Géza vkszt. szds. és Szálasi Ferenc vkszt. szds. tollából, amelyek – az időközben összegyűlt hazai és külföldi tapasztalatokkal együtt – fokozatosan formáltak és tompították Szentnémedy addigi kritikátlan douhetizmusát. Az eltérő vélemények miatt kibontakozó heves viták során a légierő fejlesztésével és a légi hadviseléssel kapcsolatos témakört sokfélekép-

23. ábra. Szentnémedy tartalékos tiszti igazolványa



22. ábra. Szentnémedy nyugállományba helyezési oklevele

pen, több megközelítésben alaposan kitárgyalták, így fokozatosan megegyezés formálódott a fegyvernemek képviselői között. Mindez közrejátszhatott abban is, hogy a Legfelsőbb Honvédelmi Tanács 1932-ben elfogadta a hadsereg távlati fejlesztési tervét, amelyen belül – három ütemben – 48 repülőszázad felállításáról döntöttek.²⁴ Szentnémedy Ferenc 1933-ban *A repülés* címmel megjelent könyve még a douhetizmus szellemében, bár már kissé árnyaltabban íródott és a légi hadviselés népszerűsítését is szolgálta, emellett Magyarország légi veszélyeztetésével kapcsolatos nézeteinek ismertetése is nagy hangsúlyt kapott. Egyebek mellett ezek az elméleti felvetések is befolyásolhatták mind a katonai, mind a politikai döntéseket, ugyanis 1933 áprilisában a kormány – a vezérkar főnökének állásfoglalásával összhangban – arra utasította a genfi le szerelési konferencián tárgyaló magyar delegációt, hogy „a legkisebb kisanant állammal való paritás figyelembevételével engedélyeztesse egy kb. 150 repülőgépből álló magyar légierő felállítását”.²⁵ Szentnémedy Ferenc igen termékeny szerzőnek bizonyult, aktív időszakában (közel 15 éven keresztül) számos írása jelent meg korabeli szakfolyóiratokban, főleg a Magyar Katonai Szemlében, ahol légügyi rovatvezetőként is tevékenykedett²⁶. Munkájának elismeréséül 1934-ben bronz emlékplakettet kapott.



24. ábra. Az idős Szentnémedy Ferenc

Írói, újságírói tevékenysége mellett, mint vkszt. őrnagy, 1934. július 1. és 1938. április 22. között a Légügyi Hivatal vezérkari osztályának vezetőjeként teljesített szolgálatot, emellett 1938. március 15.-től 1939. január 1.-ig a LÜH. Vezérkari főnöki beosztást is ellátta. A Magy. Kir. Légügyi Hivatal felelős beosztású tisztjeként egy politikailag igen kényes ügyben is el kellett járnia, ugyanis 1934. október 9-én Marseille-ben meggyilkolták II. Karadjordjevic Sándor jugoszláv királyt, és Louis Barthou francia külügyminisztert. A támadást követő nyomozás során számos külföldi ország, így Olaszország mellett Magyarország érintettsége is felvetődött, illetve hogy hazánk szerepet játszott a merényletet végrehajtó horvát usztasák kiképzésében. A szervezők egy része Magyarországra menekült, őket el kellett tüntetni Magyarországról²⁷. A kimenekítést egy háromfős, repülőkből álló csoport hajtotta végre Gaáli Zoltán repülő százados (később őrnagy) vezetésével, aki az erről szóló emlékeit Jankapuszta története néven írta meg Ilinkay-Eggenhofer Dezső dr. mérnök századossal folytatott levelezésében. Gaáli százados visszaemlékezésében említi a következőket: „A légierők I.a. vezetője, Szentnémedy Ferenc vezérkari őrnagy ezen feladat megoldására, a horvát emigránsok eltávolítására saját személyemet hozta javaslatba, mivel az egyetlen voltam, aki egy személyben pilóta és rádiós is volt. Abban az időben a légierők központjában rádió előadó voltam és így azonnali bevetésre kéznél is voltam.”²⁸

Szentnémedy magánemberként is imádta a repülést, ha hivatali teendői megengedték, pilótaként sokszor „repülőre pattant, hogy a gondjait kiszellőztesse a fejéből”. Hobbijában házasságuk idején felesége is gyakran társul szegődött, erről több fennmaradt fénykép is tanúskodik.

Kirándulni is szeretett és miután anyagi helyzete lehetővé tette, Mercedes-Benz luxusautójával ellátogatott ifjúkora emlékezetes helyszínére, az észak-olaszországi hegyvidékre is, amely fölött gyakran repült megfigyelőként Hansa-Brandenburg C.I. felderítő biplánon az első világháború során.

Újságírói és írói tevékenységén túl, műfordítóként is jeleskedett, de itt sem távolodott el messzire „tanult szakmájától” ugyanis az 1930-as években Magyarországon többször is kiadták egy német szerző, bizonyos Helters őrnagy regényét *Légiháború 1938-ban – Páris szétrombolása* címmel, amelyet Szentnémedy Ferenc fordított magyarra. 1938 és 1940 között Szentnémedy a hadiakadémián tanított, vélhetően az elhúzódló válópere miatt nem kapott fontosabb beosztást. Ezt bizonyítja az a félhivatalos levél, amelyet 1939. május 8-i keltezéssel kapott a Magyar Királyi Honvéd Légierők Parancsnokától abból az alkalomból, hogy a Kassán felállítandó Repülő Akadémia parancsnoki beosztására felkérték. A levél tartalma a következő:

„Kedves Pajtás! Mindenekelőtt gratulálok Neked ahhoz, hogy az oly régóta vajudó ügyed befejezést nyert. Ezzel kapcsolatban úgy érzem, hogy valószínűleg a beosztásod is meg fog változni, mivel – bizonyára nem volt sohasem titok Előtted sem – a Hakad. beosztásodat csak az akkor még folyamatban lévő ügyed tette szükségessé. Kedves Pajtás! Szándékom Vele kapcsolatban illetékes előljáróimnak olyan javaslatot előterjeszteni, mely szerint a f.évi október hó 1-én Kassán felállításra kerülő Repülő Akadémia parancsnokává Téged Nevezzenek ki. A magam részéről biztos vagyok abban, hogy kiváló tudásoddal ott kiváló eredményt tudnál elérni és így a m.kir.honv.légierőnek igen értékes és hasznos szolgálatot és hasznos szolgálatot teljesítenél. Mielőtt azonban ebben a tárgyban a szükséges lépéseket megtenném, felkérek, hogy nyilatkozzál nekem mielőbb arra vonatkozólag, vajjon ezt a beosztást szívesen vállalnád-e vagy sem. Biztosítalak, hogy az Akadémia tisztikarát úgy fogom megválasztani, hogy e téren nehézségeid nem lesznek. Kedvedet talán fokozhatom még azzal is, hogy a kassai Rep.Akadémia berendezése és felszerelése is teljesen új lesz. Bár nem akarok mindezzel a beosztás elfogadására rábeszélni, a magam részéről igen örülnék, ha Tőled kedvező választ kaphatnék. Szívből üdvözlő őszinte hived: azonosítatlan aláírás²⁹” (19. ábra)

Arról nem áll rendelkezésre információ, hogy e kinevezése milyen ok miatt hiúsult meg. 1940 szeptemberétől 1943 áprilisáig a Honvédelmi Minisztérium IV. csoport (légügy) törzstisztjeként, ezen belül 1942–1943 között a HM IV. Csoport vezetőjeként tevékenykedett. Ezen időszak alatt részt vett a délvidék visszafoglalásáért vívott harcokban, ezért Werth Henrik vezérezredes honvéd vezérkari főnök dicséretben részesítette 1941. július 4-én.³⁰ (20. ábra)

Ugyanebben az évben a magyar királyi I. gyorshadtest ukrainai hadműveleteihez a szövetséges erőkkel – ezen belül a német 4. légiflottával – való kapcsolattartáshoz összekötőtisztnek nevezték ki.³¹ Ezt követően már valószínűleg nem vett részt hadműveletekben (erre utaló adatok nem állnak rendelkezésre), 1942 decemberében orvosi kivizsgálásra rendelték, amelynek eredményeként 1943. április 1-i hatállyal nyugállományba helyezték. Saját nyilatkozata szerint 1943. november 1-én még SAS-behívóval visszarendelték a légierő parancsnokságra,³² de 1944. május 1-én végleg nyugállományba került.



25. ábra. Szentnémedy végső nyughelye a Farkasréti temetőben (a szerző felvétele)

Budapesten két ingatlannal is rendelkezett: a budai oldalon a XII. kerület, Galgóczy utca 61. szám alatti villával, és Pest belvárosában, egy IV. (ma: V.) kerület Fejér György utca 4. szám alatti lakással. Budapest ostroma a budai házában érte, innen szeretett volna 1944. december 26-án – a pillanatnyi fegyvernugvást kihasználva – eljutni a Duna túloldalán lévő lakásába, ezért légierő-ezredesi egyenruhában, saját gépkocsijával útnak indult abban a reményben, hogy a feltűnő díszegyenruha némi védelmet biztosít számára, ha elfogják és a szovjetek értékes hadifogolyként

tekintenek rá. A Dunán átkelve fogságba esett, de kihallgatása után, mint a magyar légierő egykori főtisztját nem engedték szabadon, hanem a Szovjetunióba szállították, ahol több fogolytábort is megjárt, végül a 7270/16 sz. (borovicsi) hadifogolytáborból 1948. július 17-én tért vissza Magyarországra. Debrecenben vette nyilvántartásba a Magyar Népjóléti Minisztérium hadifogoly-gondozó kirendeltsége. Ekkor ideiglenes személyi okmányt és 20 forint gyorssegélyt kapott. Az ingatlanait nem kapta vissza, ezért különböző albérletekben lakott és eleinte nyelvtanításból tartotta el magát. Katonai múltja miatt még 1945-ben, hadifogsága alatt feljelentették és hazatérése után népellenes bűntettrel vádolták³³, emiatt közel egy évet töltött börtönben 1949-ben. A Magyar Népköztársaság már nem tartott igény a szolgálataira, de mint tartalékos tisztet nyilvántartásba vették és katonai igazolványt is kapott.³⁴

További sorsáról kevés megbízható információ áll rendelkezésre, csupán annyit lehet tudni, hogy az 1950-es évek végén Budapesten, a II. kerületi Lórántffy Zsuzsanna utca 4. szám alatt lakott, albérletben. Mivel élő rokonai nem voltak sem Magyarországon, sem Romániában, így baráti viszonyba került a közelben lakó Somlai családdal, akik a családot jelentették számára. Ez a bensőséges kapcsolat egészen a haláláig fennmaradt közte és a Somlai család között, így törvényes örökös hiányában végrendeletében rájuk hagyományozta összes megmaradt ingóságát, köztük a hadtörténeti szempontból is értékes fényképalbumait és személyes dokumentumait. Életének utolsó éveiben a Váci úti Felvonógyárban portásként dolgozott és szerény jövedelmét nyelvtanítással egészítette ki. Az 1960-as évek második felében, az I. világháborúban szerzett sebesülésének kései szövődményeként gyomorvérzést kapott, emiatt a Sportkórházban életmentő műtéten esett át. A műtétje után már nem épült fel teljesen, ezért a Péterfy Sándor utcai Kórház Csengeri utcai krónikus belgyógyászati osztályára került, ahol 1970. október 12-én³⁵ elhunyt. Végakaratának megfelelően légierő-vezérkari ezredesi díszegyenruhájában helyezték végső nyugalomra a Farkasréti temetőben.

JEGYZETEK

- 16 Vitéz Szentnémedy (Willwerth) Ferenc személyes adatainak és fotóinak forrása: HM HIM Hadtörténelmi Levéltár, (továbbiakban: HL) Tiszti anyakönyvek (továbbiakban: Akvi) 1897/2117., továbbá Szentnémedy Ferenc személyes iratai, dokumentumai, fényképei és fotóalbumai (továbbiakban: Szentnémedy-hagyaték) a hagyaték birtokosa, Somlai Ferenc jóvoltából (azóta a Szentnémedy-hagyaték hadtörténeti szempontból is jelentős dokumentumai és fotóanyaga a HM HIM birtokába kerültek);
- 17 Szentnémedy-hagyaték, 181.318/1930 sz. Állampolgársági bizonyítvány;
- 18 Szentnémedy-hagyaték, sz. n. „Egyéni leírás” Jány s.k. és Kárpáthy aláírással;
- 19 Szentnémedy-hagyaték, sz. n. A Ludovika Akadémia értesítője, 1925. augusztus 20.;
- 20 Szentnémedy-hagyaték, Anyakönyvi lap 430. lap 3–4. o.;
- 21 Szentnémedy-hagyaték, Országos Vitézi Szék 1119. sz. Nősülési engedély;
- 22 Társaság című folyóirat, 1929. május 19. 6. o.;
- 23 M. Szabó Miklós: Légiuralom-elmélet – légi fegyverkezés – A Magyar Királyi Légierő az 1930-as években, Mindentudás Egyeteme, IX. szemeszter, 3. előadás – 2006. október 2.;
- 24 Uo.;
- 25 Uo.;
- 26 Turcsányi Károly – Hegedűs Ernő: A Magyar Légideszant és Légi Szállítás Csoportok alkalmazásának, szervezetének és haditechnikai eszközeinek fejlődése (1933–1945) I-II. rész, Katonai Logisztika, 2006. 3–4. szám 1., 5. o.;
- 27 Sőregi Zoltán: Adalékok a Marseille-i merénylet hátteréhez – archívnet 13. évfolyam 4. szám (2013);
- 28 Gaáli Zoltán: Jankapuszta története 1. o. HL, Personalia Ilinkay – Eggenhofer Dezső dr. m. kir. mérnök százados, a Vitézi Rend törzskapitánya, ausztriai székkapitány hagyatéka, 221. doboz. Vitézi Rend iratai 1940–1988. szn., Gaáli Zoltán neve alatt;
- 29 Szentnémedy-hagyaték, sz. n. Ismeretlen személy levele, 1939. május 8.;
- 30 Szentnémedy-hagyaték sz. n. M. Kir. Honvéd Vezérkar Főnök 44.870 szám / eln.8., vkf. – 1941. azonosító kódú Dicsérő Oklevél.;
- 31 Andaházi Szeghy Viktor: A magyar királyi I. gyorsadtest 1941. évi ukrainai hadműveletei – Doktori (PhD) értekezés 2009, 27. o.;
- 32 HM HIM HL, Akvi 1897/2117;
- 33 Budapest Fővárosi Levéltár, Büntetőügyek. XXV.1.a – 3925 – 1948; XXV.2.b – 6098 – 1948; XXV.2.b – 80703 – 1949;
- 34 HM HIM HL, Akvi 1897/2117;
- 35 Szentnémedy-hagyaték, Halotti Anyakönyvi Kivonat, Bp. VI. anyakönyvi kerület, 990/1970, C/552.552.

(Illusztrációk a szerző gyűjteményéből.)

Schmidt László*

A szovjet GAZ AA tehergépkocsi

Az 1927-ben meghirdetett első szovjet öt éves terv a járműgyártás megsokszorozását írta elő. Tekintettel arra, hogy a hatalmas birodalom saját erejéből erre nem lehetett képes, külföldön kerestek megoldást.

A külső segítséget – a polgárháború és a külföldi intervenció tapasztalatai ellenére – elsődlegesen európai cégek támogatása formájában remélték. A Szovjetunió és a már akkor is a nagy tömegű autógyártás hazájának tekinthető Amerikai Egyesült Államok (USA) között ugyanis nem volt jó a viszony. A diplomáciai kapcsolatok 1917-ben megszakadtak, és az USA a Szovjetunió politikájával szemben ellenséges beállítottságú volt.

A szovjet kormányzat így a járműgyártás segítése érdekében egy szakemberekből álló bizottságot küldött Németországba és Nagy-Britanniába. A nyugati országokban azonban meg kellett állapítaniuk, hogy járműgyártásuk termelékenységben messze elmaradt a szovjet tervekben elképzeltektől, ebben a tekintetben ott nem volt mit tanulni, vagy vásárolni. A felkeresett európai államok járműgyártóival ilyen vonatkozásban nem számolhattak.

Az 1920-as évek végén az észak-amerikai autógyárak eladási számai a kibontakozó gazdasági válság miatt csökkentek, így 1928-ban a szovjetek megkeresése nagyon jókor érkezett a legnagyobb amerikai járműkonszernnek, a

1. ábra. A gazdasági válság miatt a szovjetek megkeresése jókor érkezett a Ford Motor Company-nak, amikor 1928-ban eladták a Ford AA tehergépjármű-típus gyártási licencét



ÖSSZEFOGLALÁS: A cári Oroszországtól minden tekintetben súlyos elmaradottságot öröklő Szovjetunió rendkívül nehéz körülmények között, már az 1920-as években elindította az ország iparosítását. Ennek keretében az első külföldi licenc alapján gyártott szovjet gépkocsi a Moszkvai Gépkocsi Társaság (AMO) által gyártott F15-ös teherautó volt, amelyet az olasz FIAT gyár tervei alapján építettek Moszkvában, az AMO, későbbi nevén a 2. sz. Sztálin Autógyárban (ZISZ). Egy másik, korán termelni kezdő autógyár Jaroszlavban működött, ott nehéz tehergépkocsik készültek. Ez a két gyár tett először – sikertelen – kísérletet a nagyszériás autógyártásra.

KULCSSZAVAK: szovjet GAZ tehergépkocsi, Ford, licence, járműgyártás, szovjet autópár



2. ábra. A Ford licenc alapján gyártott, szép vonalvezetésű GAZ AA tehergépkocsi

Fordnak. A tárgyalások eredményeként az amerikai cégtől lényegében két gépkocsitípus gyártási licencét és egy, az oroszországi Nyizsnij Novgorod városban felépítendő teljes gyártósort vásároltak meg. A két gépkocsi a Ford A személyautó és a Ford 1,5 tonnás AA típusjelzésű tehergépjármű volt.

A megvásárolt, majd kisebb módosításokkal a szovjet út- és klimatikus viszonyokhoz illesztett típusok korántsem jelentették az akkori járműtechnika csúcsát. A szovjet szakembereket választásukban nem is ez, hanem elsődlegesen a nagy tömegben történő gyárthatóság és az üzemeltetés egyszerűsége vezette.

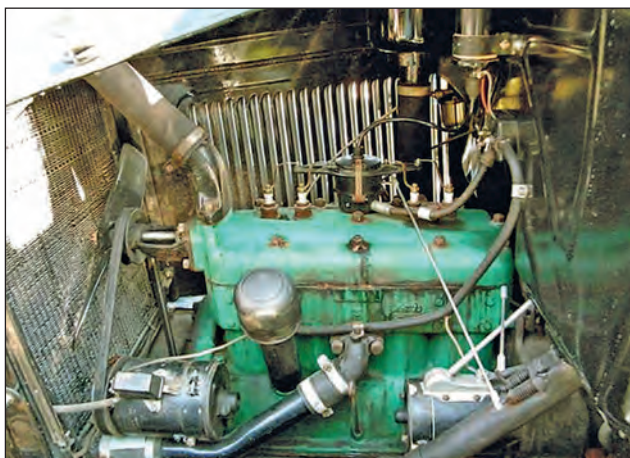
Az első tíz, még eredeti amerikai Ford elemekből összerakott AA típusú tehergépkocsi 1930 februárjában készült el az új gyárban.

Ezt követően 1932. január 29-én már szovjet gyártmányú alkatrészekből épített tehergépkocsik gördültek le az akkor még az A típusjelű személygépkocsival közös gyártószalagról, az első időben NAZ AA (Nyizsnij Novgorod-i Autógyár) jelzéssel. Az év végére már naponta 60 tehergépkocsi készült. Ugyanebben az évben, a város nevének Gorkijra változtatásával a gyár NAZ logójának első betűje „G”-re módosult, így a gépkocsik márkaneve GAZ-ra változott.

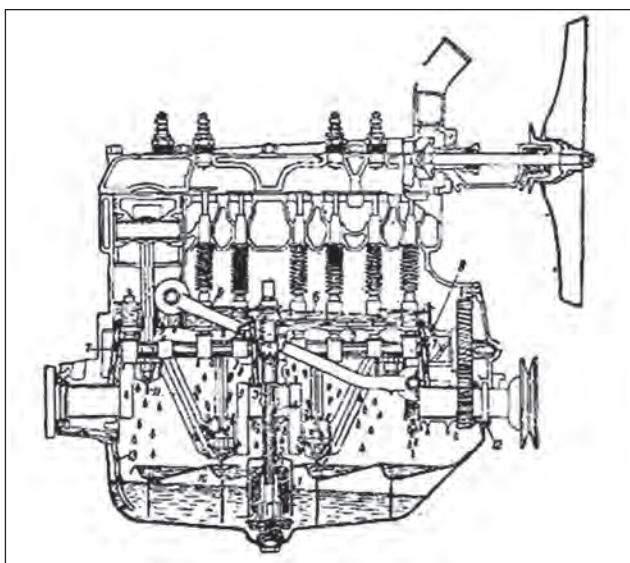
ABSTRACT: The Soviet Union, which in all respects suffered a severe backwardness from Tsarist Russia, launched the industrialization of the country in extremely difficult circumstances, already in the 1920s. In the framework of this, the first Soviet car produced under a foreign license was an F15 truck manufactured by the Moscow Automobile Company (AMO). This truck was built on the basis of the designs of the Italian FIAT factory in Moscow, AMO, later called No. 2. Stalin's Automobile Factory (ZISZ). Another car factory, that began its production early years in Yaroslavl, manufactured heavy trucks. These two factories made first but unsuccessful attempt to produce cars in large series.

KEY WORDS: Soviet GAZ truck, Ford, license, vehicle production, Soviet automotive industry

* ORCID: 0000-0002-1526-029X



3. ábra. A jármű motorja. Láthatóak a gyújtókábel helyett alkalmazott rézhuzalok



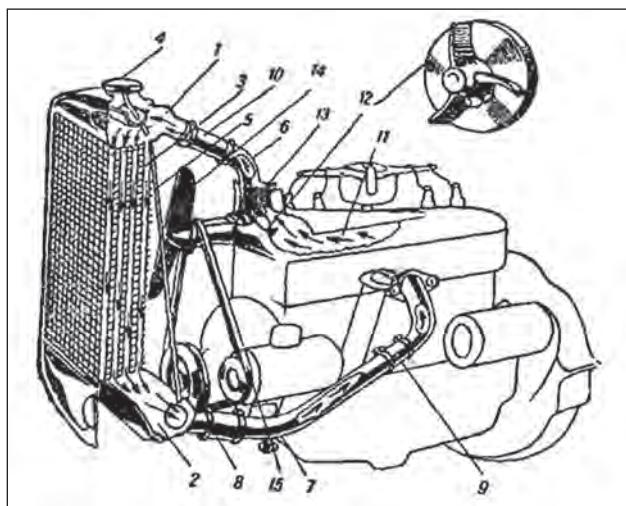
4. ábra. A motor metszete a három helyen csapágyazott főtengellyel

Az első változatot, az alapkivitelt 1938-ig gyártották. Ekkor néhány módosítást hajtottak végre a gépkocsin, ezek közül a legfontosabb a motor sűrítésének megnövekedése volt (1:4,2-ről 1:4,6-ra), amit követően a már MM típusjelű gépkocsi 3290 cm³ hengerűrtartalmú motorjának teljesítménye 31 kW-ról (42 LE) 37 kW-ra (50 LE) emelkedett. Ezt követően a két egymástól alig különböző korábbi, és az újabb típus gyártása egy ideig még párhuzamosan folyt tovább.

A gépkocsi eredeti motorja 3290 cm³ hengerűrtartalmú, 4 hengeres, alulvezérelt, alulszeleplelt benzinmotor volt, 31 kW (42 LE) teljesítménnyel. A vezérműtengelyt fogaskerék-áttétel hajtotta meg. Hűtése folyadékűtés, a motorról közvetlenül, ékszíjjal meghajtott folyadékszivattyúval. Az alacsony, 1:4,2 sűrítési viszonyból következett a motor felbecsülhetetlen előnye, hogy „mindenevő” volt. Nagyon alacsony oktánszámú benzinnel, de – szükség esetén – petróleummal is üzemelt.

Az üzemanyagtartály a motortérben, felül helyezkedett el, így a benzin egy zárható csapon keresztül, szivattyú nélkül (ejtőtartály) jutott a karburátorba.

Az akkumulátoros gyújtás érdekessége volt, hogy a korai gyártású példányoknál a gyújtáselosztót a gyertyákkal nem



5. ábra. A hűtőrendszer rajza

a szokásos gyújtókábelek, hanem merev rézhuzalok kötötték össze.

A jármű közúton 100 kilométerenként kb. 21 l üzemanyagot fogyasztott.

A tengelykapcsolója egytárcsás, száraz kialakítású volt. Sebességváltója 4 előre és egy hátramenettel rendelkezett, szinkronizálás nélkül. A fékek mind a négy kerékre ható, huzalműködtetésű, mechanikus dobfékek. Hatásosságuk nagyon gyenge volt, a vezetők a lehetőség határáig általában a motorféket használták. Talán némileg ezt kompenzáló, a legnagyobb háborús anyaginség idején is minden GAZ teherautót erős kürttel szereltek fel.

A kézifék a hátsó kerékre hatott. A gyakran gondot okozó, 6 V-os elektromos rendszer alapja egy 6 V 80 Ah-ás akkumulátor volt. Az egyetlen, bal oldalra szerelt ablaktörlőlapátot a szovjet kocsiknál később is alkalmazott vákuumos szerkezet működtette.

Az első futómű merev, egy keresztirányú, ívelt, féllleptikus laprugókötegre volt felfüggesztve. A hosszanti, függőleges síkban osztott hátsó híd két oldalon hosszában beépített, túlfutó, vagy cantilever laprugókkal kapcsolódott az alváshoz. A hátsó futóművel mereven egybeszerelt úgynevezett tolócső (gerinccső) az alváz második kereszttartójára egy persellyel támaszkodott fel, a csőben kapott helyet a kardántengely. A gépkocsiban lengéscsillapító nem volt.

A GAZ-AA/MM volt az első, valóban tömegben gyártott szovjet gépkocsi. Valamennyi változatát figyelembe véve összesen kb. 1 023 000 jármű készült a típusból.

6. ábra. A késői egyszerűsített, első (fék nélküli) futómű





7. ábra. A hátsó híd laprugójának beépítése



8. ábra. A háború első néhány hónapja alatt a szovjet járműállomány óriási veszteséget szenvedett

Volt olyan időszak a gépkocsi gyártása során, amikor a Szovjetunió teljes gépkocsiállományának több mint 60%-át ez a típus adta.

A Vörös Hadsereg állományában 1941-ben valamivel több, mint 150 000 példány állt rendszerben. A csapatszállító változat a rakodótérbe szerelt padokkal 16 katonát tudott szállítani. Több speciális felépítménnyel is épült, mint pl. az üzemanyag-szállító, műhelykocsi, autóbusz, sebességszállító és billenőplátós változat. Az ország nagy méretei és az üzemanyag-ellátórendszer hiányosságai miatt a gépkocsi 1939-től fagázsgenerátoros és földgáz meghajtású motorral is készült a gyárban (GAZ 42-es, illetve GAZ 44-es jelzéssel).

Az alaptípustól lényegesen eltérő, de javarészt ugyanazokból az alkatrészekből készült háromtengelyes AAA változat 1934 és 1943 között több mint 37 000 példányban épült. Gyártását 1943-tól a nyugati segélyszállítmányokkal nagy számban érkező háromtengelyes GMC és Studebaker tehergépkocsik tették szükségleten. A BA 10 jelzésű páncélgépkocsi fő elemeit is ez a típus adta.

A Németországgal 1941 júniusában kirobbant háború első időszakában a szovjet hadsereg és a keleti szovjet országrészek polgári járműparkja is katasztrofális veszteséget szenvedett el.



9. ábra. GAZ MM gépkocsi már egyszerűsített változata gördül le a gyártósorról

Ezt még tetézte, hogy a váratlanul gyors német előrenyomulás miatt októberben a moszkvai ZIS autógyárat néhány nap alatt leszerelték, és az Urál hegységen túlra telepítették.

A fővárostól keletre, kb. 450 km-re lévő GAZ gyárat azonban nem evakuálták. A szovjet hadsereg számára legfontosabb GAZ AA tehergépkocsik gyártása így egyetlen napra sem szakadt meg.

A háború, az abból adódó folyamatos anyagihiány azonban hatással volt a gyártásra. Ezt a kényszer szülte módosítások sora is mutatta.

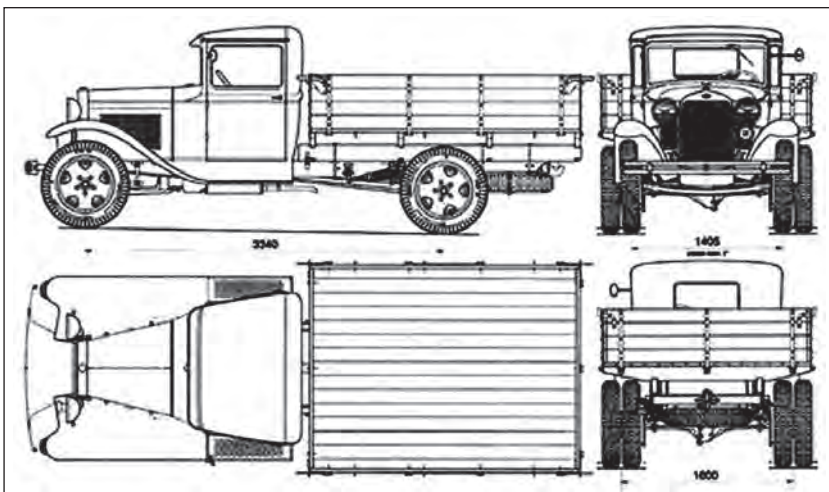
A járműfülke korábban acéllemez oldalai és két ajtaja 1943-tól fából, majd később csak vászonból készültek, a sárvédők prés nélkül is gyártható, szögletes alakot kaptak. (Fémlemez vezetőfülkét csak 1946-ban építettek újból). Az első lökhárító két párhuzamos acél lapja először egy acéllemeze fogyott, majd teljesen elmaradt.

A két fényszóró helyett csak egyet szereltek, bal oldalra. A rakodótérnek (platónak) csak a hátsó falát lehetett lenyitni, a két oldalsót nem. Az eredetileg egy részből álló sárvédőüveg a háború későbbi szakaszában két darabból állt. Időnként a hátsó dupla gumibroncsozás helyett a gyárban oldalanként csak egy kereket szereltek.

A jármű üzemét leginkább befolyásoló módosítás talán mégis az volt, mikor 1943-ban elhagyták az első kerékfékeket. Ettől kezdve az amúgy is gyenge fékek már csak a hátsó keréken működtek.

A gépkocsik feladatukat azonban a háború végéig ellátták, még az 1945-ös győzelmi díszszemléken is nagy számban szerepeltek.

10. ábra. Az AA alapváltozat négy nézeti rajza





11. ábra. A súlyos háborús helyzet okozta takarékoság minden jelét magán viselő MM változat egy nagy hozzáértéssel felújított példánya

A szovjet hadsereg a háború után már magasabb műszaki adottságú járműveket igényelt, onnan ez a GAZ típus fokozatosan kikopott. A civil életben azonban még hosszú évekig futottak az elhasználhatatlan AA és MM típusok.

1. táblázat. A GAZ AA/MM tehergépkocsi adatai

Motor 1932–1938-ig	3290 cm ³ 4 hengeres benzinmotor, 31 kW (42 LE)
1938–1950-ig (növelt kompresszió)	3290 cm ³ 4 hengeres benzinmotor, 37 kW-ra (50 LE)
Üzemanyagtartály	40 liter
Üzemanyag-fogyasztás	21 liter/100 km
Tengelykapcsoló	egy tárcsás, száraz
Elektromos rendszer	6 V, akkumulátor 6V 80 Ah
Hosszúság/szélesség/magasság	5535/2040/1970 mm
Tengelytávolság	3340 mm
Hasmagasság	200 mm
Nyomtávolság (első tengely)	1405 mm
Gumiabroncs-méret	6,50 - 20
Szállítható személyek száma	2 fő
Legnagyobb sebesség	70 km/h
Saját tömeg/hasznos terhelés	1810/1500 kg
Megengedett össztömeg	3310 kg
Fordulókör sugara	7,5 m



12. ábra. A GAZ AA/MM gépkocsik háborúban betöltött kiemelkedő szerepére emlékezve 2009. május 6-án Nyizsnyj Novgorodban avatták fel a képen látható emlékművet

A gyártást 1947-ben Moszkvától 900 km-re, keletre fekvő – híres szülöttéről, Vlagyimir Iljics Leninről elnevezett – Uljanovszkba helyezték át, majd az ott 1950-ben véglegesen megszűnt.

FORRÁSOK

Dolmatovszkovo i Trepenyenkova: Traktori i avtomobili. Kratkij spravochnyik, Moszkva 1957; Mogyelisz konsztruktor, Moszva 1991; A. V. Karjagin: Avtomobili GAZ, Moszkva 1935.

(Fotók a szerző gyűjteményéből.)

Németh Károly*

A német LK II és a svéd Strv m/21 típusú harckocsik, valamint magyar vonatkozásaik I. rész

A két világháború között – politikai és gazdasági okok miatt – több ponton is kapcsolatot fedezhetünk fel a Magyar Királyság és az attól földrajzilag meglehetősen távol eső Svédország harckocsijainak történetében. Pár évvel a harckocsit, mint harceszközt „életre hívó” első világháború után mindkét ország – még ha más-más körülmények között is – gyakorlatilag ugyanazt a típust, a német Leichter Kampfwagen II, röviden LK II típusú könnyű harckocsit rendszeresítette először hadseregében. Magyarország 1920 tavaszán a nemzetközi ellenőrzést kijátszva összesen 14 darab ilyen harckocsit hozott hozzá egyelőre nem teljesen tisztázott körülmények között. A svédek pedig, miután kudarcba fulladt a világháborút követő próbálkozásuk, hogy brit harckocsikat vásároljanak maguknak, 1921-ben – szintén nemzetközi megállapodásokat sértve – a legnagyobb titoktartás mellett 10 darab, a németek által a háború befejezése miatt össze nem szerelt LK II-es harckocsit vásároltak¹ a versailles-i békeszerződés értelmében lefegyverzett német hadsereg készleteiből.

Ezt követően a két ország páncélosainak története az 1930-as évek végén újból összetalálkozott, amikor az ekkorra már önálló harcjármű fejlesztő és -gyártó hatalommá fejlődött svéd hadiipar szolgáltatta az első hadrendbe állított magyar gyártmányú páncélos, a 38M Toldi I könnyű harckocsi előfutárának, a Landsverk L-60-nak a terveit. Ugyanekkor szerezte be a Magyar Királyi Honvédség a szintén Svédországban kifejlesztett Landsverk L-62 licenct is, ami pedig így a magyar 36/40M Nimród önjáró páncélvadász és légvédelmi gépágyú elődje lett. Nem sokkal ezután pedig csak az elhúzódó fejlesztés és a politikai helyzet változása akadályozta meg, hogy az első magyar közepes harckocsi – amely végül a csehszlovák Škoda

T-21 módosított változata lett 40M Turán I néven – is a Toldival sok közös jeggyel rendelkező svéd Landsverk Lago közepes harckocsi legyen. Mindezek ellenére magyarul eddig igen keveset lehetett olvasni a néha magyar vonatkozásokkal is rendelkező svéd harckocsikról.

Ebben a cikkben az LK II-es harckocsi német, magyar és svéd alkalmazásának történetét, vélt és valós kapcsolataikat, illetve a svéd páncélos fegyvernem létrejöttében játszott szerepét szeretném bemutatni a legfrissebb nemzetközi kutatási eredményeket is felhasználva.

EGY MEGKÉSETT ELSŐ VILÁGHÁBORÚS PÁNCÉLOS – A NÉMET LK II KÖNNYŰ HARCKOCSI

A Leichter Kampfwagen – magyarul szó szerint „könnyű harckocsi” – elnevezésű páncélosok fejlesztése az első világháború alatt, 1917 szeptemberében kezdődött a Német Császárságban Joseph Vollmer² vezetésével. Vollmer ekkor, az általa tervezett 30 tonnás, 18-23 fő által üzemeltetett német „mozgó erőd”, a Sturmpanzerwagen A7V harckocsi első próbadarabjainak bemutatását követően vetette fel, hogy szükség lenne egy ennél a típusnál jobb mozgékonyassággal bíró páncélosra is. Elképzelését ugyanaz motiválta, mint az időben vele nagyjából párhuzamosan zajló antant könnyűharckocsik-fejlesztését. A gyakorlat bebizonyította ugyanis, hogy az 1916 szeptemberétől bevetett első harckocsik, mint amilyenek a brit romboid alakú tankok, majd nem sokkal később az első francia páncélosok, vagy az 1917 végétől kis számban hadrendbe álló A7V-k is voltak, nem alkalmasak az ellenség vonalán történő áttörés sikerének kiaknázására, elsősorban a terepen

ÖSSZEFOGLALÁS: Az első világháború legvégén a Német Császárság kísérletet tett egy saját könnyű harckocsi kifejlesztésére, amelynek egyik eredménye a Leichter Kampfwagen II, röviden LK II-es lett. Ez azonban túl későn készült el ahhoz, hogy a harcokban bevethető legyen. A háborút követően – nem teljesen tisztázott körülmények között – több példány is először a Magyar Királyságban, majd Svédországban bukkant fel. A magyaroknak a típust 1920-tól 1927-ig rejténiük kellett az antant ellenőrzés elől, majd azt követően 1933-ig kiképzési célokra használták a harckocsikat. Mindeközben a svédek, egy német cég közvetítésével még 1921-ben 10 darab, össze nem szerelt LK II-es vásároltak a leszerelt német hadsereg hadianyag-készleteiből, amelyek svédországi összeszerelésüket követően a svéd hadseregben a Stridsvagn m/21, röviden Strv m/21-es nevet kapták. A típust 1928-ra elavultnak minősítették, de leváltására más külföldi páncélos típust nem találván, a megmaradt példányok felújítása és további használata mellett döntöttek. A modernizált változat az Strv m/21-29-es nevet kapta, és egészen 1938-ig állt szolgálatban a svéd haderőben.

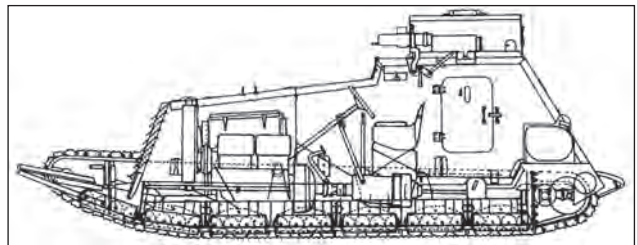
KULCSSZAVAK: két háború közötti időszak, Leichter Kampfwagen II, Stridsvagn m/21, svéd harckocsi, magyar páncélos

ABSTRACT: Right at the end of the First World War, the German Empire tried to create a domestic light tank design. This resulted in the Leichter Kampfwagen II light tank (LK II in short), which however came too late to be used during the conflict. Shortly after the war – between unclear circumstances – several units of this type of armored vehicle appeared firstly in the Kingdom of Hungary then in Sweden. The Hungarians had to conceal these tanks from Entente supervision until 1927. After that they were used as training vehicles until 1933. Meanwhile in 1921 the Swedes bought 10 unassembled LK II parts kits from the stocks of the disarming German Army, with the mediation of a private company. After their assembly in Sweden they received the designation of Stridsvagn m/21, or shortly Strv m/21. The type was declared obsolete by 1928, but since the Swedes did not find a decent replacement for this vehicle, it was decided that the remaining Strv m/21s shall be upgraded and further used. The modernized variant became the Strv m/21-29 which continued to be in service of the Swedish Army until 1938.

KEY WORDS: interwar period, Leichter Kampfwagen II, Stridsvagn m/21, Swedish tank, Hungarian armoured vehicle

* ORCID: 0000-0002-8352-3645

1. ábra. Joseph Vollmer, az első világháborús német harckocsik „atyja” és az általa is tervezett A7V, a Német Császárság egyetlen saját gyártású harckocsija, amelyet a fronton is bevetettek



3. ábra. Az LK I keresztmetszete. Jól látszik, hogy mai szemmel nézve milyen kezdetleges és viszonylag egyszerű hadigép is volt ekkoriban egy harckocsi



2. ábra. Az LK I-es oldal- és elülső nézete

történő nehézkes mozgásuk, lomhaságuk miatt. Szükség lett volna egy mozgékonyabb páncélos típusra is, ami nagyobb mozgékonyágát és sebességét kihasználva manőverező hadmozdulatokra, a nehezebb harckocsik által arcvonalon ütött réseken keresztül gyors előretörésre, az ellenség átkarolására, bekerítésére lehetett volna használni. A könnyű harckocsik szerepét ahhoz a taktikához hasonlították, ahogy a lovasságot alkalmazták a világháborús frontok megmerevedése és a géppuskák és tüzérség által uralt lövészárokharc kialakulása előtti hadszíntereken.

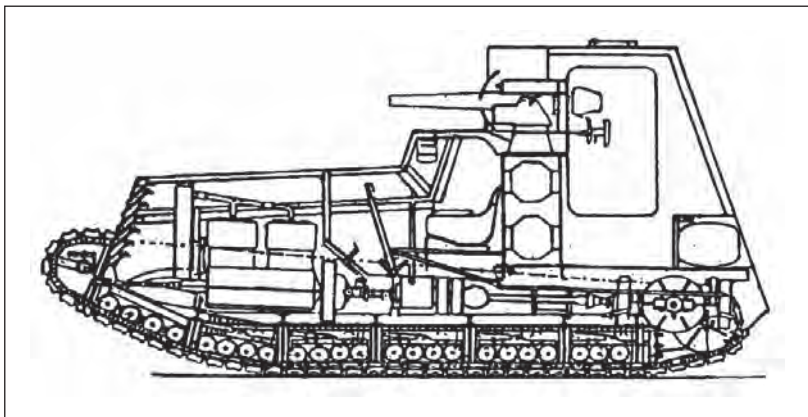
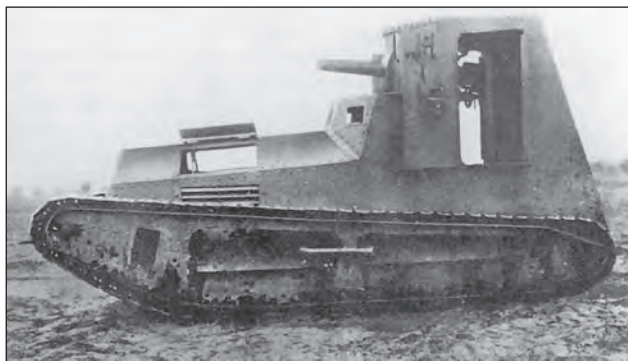
Az ilyen elveken alapuló antant könnyűpáncélosok fejlesztésével ellentétben a Vollmer által szorgalmazott német harckocsi létrehozása lassan haladt, ugyanis az eleve is kis prioritást élvező német harckocsi-fejlesztési programon belül a német császári hadvezetés inkább a szárazföldi csatahajókra emlékeztető, gigantikus, 100 tonnánál is nehezebb, áttörő szupernehéz páncélosok fejlesztését előtette, mint amilyen a Großkampfwagen, más néven K-Wagen lett volna. Így a Vollmer által vezetett tervező-részleg idejét és energiáját túlnyomó többségben ennek létrehozása kötötte le, és csak részben foglalkozhattak a könnyű páncélos típus megtervezésével.

1918 márciusáig – amikor az antant már elkezdte bevetni a hasonló elképzelést tükröző francia Renault FT, illetve a brit Medium Mark A Whippet könnyű, gyalogságtámogató harckocsikat – mindössze egy mintapéldány készült el a Vollmer által megálmodott német könnyű páncélsból. Ez a kezdetleges, egy Mercedes személyautó alvázának, alkatrészeinek és motorjának felhasználásával épült német kísérleti harckocsi a Leichter Kampfwagen Modell I, röviden LK I nevet kapta.

Az addig bevetett legtöbb harckocsihoz képest az LK I-es kevesebb, mint 7 tonnájával „nehézsúlyúnak” számított és végsebessége meghaladta az addigi, csak gyalogtempóra képes, nehézkes behemótókat. A típus megtartotta az alapjául szolgáló gépkocsi eredeti kialakítását, így a motortér a harckocsi orr-részeiben kapott helyet, és a meghajtott kerék (ez esetben lánckerék) is a hátsó maradt. A felfüggesztés a korai lánctalpas mezőgazdasági vontatóktól eredeztethető, és a hátsó, meghajtott lánckerékből, az elől lévő láncteszítő kerékből, a négyesével összekapcsolt, rugózott, kis-

4. ábra. A brit Medium Mark A Whippet harckocsi. Megjelenése a nyugati front csatáterein szemmel láthatóan hatást gyakorolt a német Leichter Kampfwagen továbbfejlesztésére is



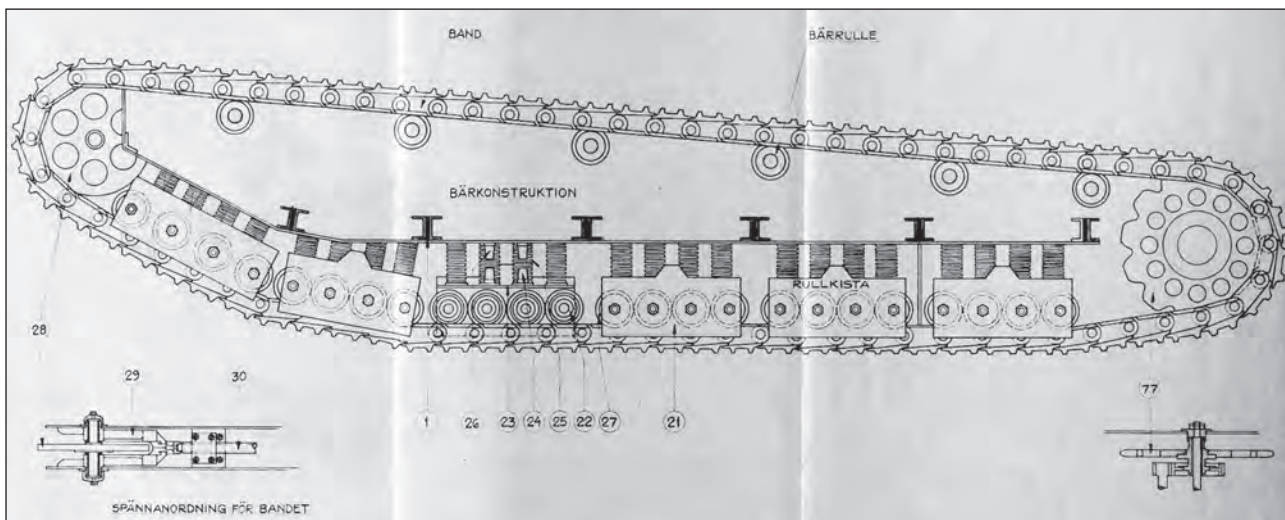


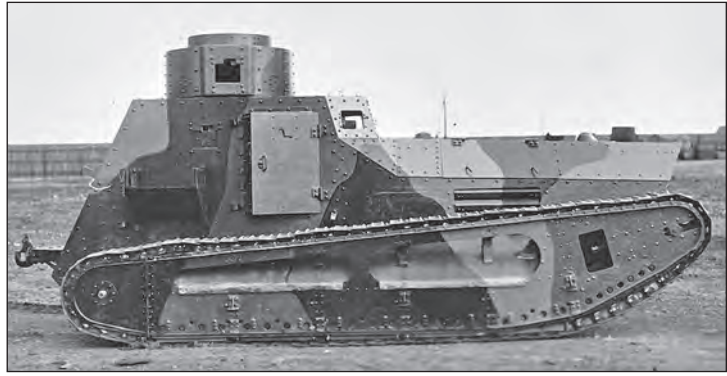
5. ábra. Az LK II-es forgótorny nélküli, 57 mm-es ágyúval szerelt változata. Jól látszik az LK I-esről örökölt hátrafelé dőlő orr-rész, amelyen még nyitható-zárható páncélzsálaton keresztül áramolhatott a motor hűtését biztosító levegő a motortérbe

méretű futógörgőkből, valamint egyszerű láncból állt. A két- vagy háromfős küzdőteret a harcjármű hátuljában alakították ki, amelynek tetején a körbe forgatható toronyba szerelt fő fegyverzet, egy vízhűtéses, 7,92 mm-es MG 08 géppuska kapott helyet. Az LK I-es páncélzatának vastagsága nem haladta meg a 8 mm-t, ami így az ellenséges kézfegyverek, géppuskák közvetlen közléről leadott tűzésnek sem tudott teljes mértékben ellenállni. A próbadarabbal végzett kísérletek alapján azonban a császári haderő – akkorra már – ígéretesnek találta az elképzelést, és szorgalmazta egy javított változat megépítését.

Egy további prototípus épült 1918 nyarán, a továbbfejlesztett, vastagabb, ellenséges kézfegyverek tűzésének ellenállni képes páncélzattal, rövidebb, javított futóműrendszerrel³ és erősebb motorral szerelt változatból, a Leichter Kampfwagen Modell II-esből, LK II-esből. Ezt az akkori elképzelések szerint kétféle változatban gyártották volna. Az egyik változatot az LK I-esen már kipróbált, forgótornyba szerelt géppuskával látták volna el, míg a másik változatot forgótorny nélküli, a harckocsi hátulján kialakított páncélozott felépítményben elhelyezett ágyúval fegyverezték volna fel. Az LK II-es prototípusa ilyen ágyús kivitelben

6. ábra. Az LK II-es felfüggesztésének egy eredeti tervrajza





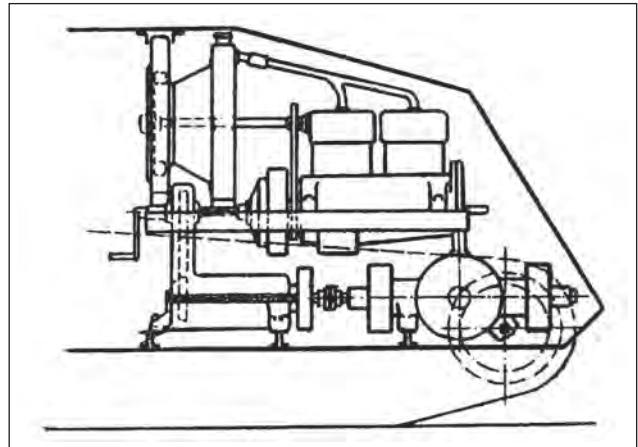
7. ábra. A svéd Stridsvagn m/21-es. Így nézett volna ki a német LK II-es sorozatgyártott, forgótoronyba szerelt géppuskás változata is, ha a háború nem ért volna véget a tömeggyártás beindulása előtt

épült meg. Ebbe a változatba az első kísérletek során, 1918 augusztusában egy – az A7V harckocsin is alkalmazott – 57 mm kaliberű Maxim-Nordenfolt löveget szereltek, ami azonban méretben túl nagyknak bizonyult, és a löveg visszarúgása túlságosan is megterhelte a harckocsi felépítményét. Így ezt később egy kisebb, 37 mm-es lövegre cserélték volna le.

A mintadarabban végzett gyakorlati próbák eredményeit összegezve, 1918 őszén az ágyús prototípushoz képest átalakították az LK II-es harckocsi testének elejét, orr-részt. Ennek során a korábbi hátrafelé dőlő orr kialakítást, és a nyitható-zárható páncélzalukkal védett levegőnyílást előre felé dőlő, zárt orrpáncélra és az orr-rész tetején kialakított lég-beömlőkre cserélték le, mivel a korábbi zsaluzat a próbák alapján nem biztosított kellő védelmet az ellenséges tűzzel szemben. Ezt követően nyerte el a sorozatgyártásra előkészített LK II-es a végsőnek szánt formáját.⁴ A háború vége előtt nem sokkal a német hadsereg 580 darabot rendelt ebből a véglegesített LK II-esből, amelyek kétharmada forgótorony nélküli ágyús-, míg egyharmada forgótoronyba szerelt géppuskás változatban épült volna meg, és az új harckocsikat először a tervezett 1919 tavaszi offenzívában vetették volna be. Erre azonban már nem került sor. A német haderő ellenállása 1918. szeptember végére összeomlott, és a novemberi, compiègne-i fegyverszünetig a prototípusokon kívül egy további „sorozatgyártott” LK II-est sem fejeztek be, bár több, géppuskával szerelt példány összeállításához elegendő alkatrész elkészült már.

A háború befejezése előtt nem sokkal Joseph Vollmer elkészítette az LK II-est későbbiekben leváltani hivatott LK III-as tervét is, amelyen a motor és a sebességváltó a szemből várható ellenséges tüztől jobban védve, a harckocsi hátuljában kapott volna helyet, és a harckocsi tornya a járműtest közepén helyezkedett volna el. Ennek a változatnak a tervrajzát azonban a háború vége miatt nem véglegesítették, és prototípus sem épült belőle.

A fegyverszünet megkötését követően tervben volt egy ideig, hogy a weimari köztársaság 100 darab harckocsit – köztük javarészt LK II-eseket – fog hadrendben tartani, azonban az 1919. június 28-án aláírt versailles-i békeszerződés értelmében annak életbelépésétől, 1920. január 10-től kezdve, Németország a szigorú fegyverzeti korlátozások miatt nem rendelkezhetett egy darab harckocsival sem. Így az összeszerelésre váró – vagy feltételezhetően akár össze is szerelt – harckocsik sorsa elméletben alkatrészeik megsemmisítése, beolvasztása lett volna. A gyakorlatban mindazonáltal – a legnagyobb titoktartás mellett – jó pár ilyen fegyverzet nélküli LK II-es összeszereléséhez elegendő alkatrész talált ekkoriban új gazdára – jó pénzért, illegálisan – többek között a Magyar Királyságban, illetve



8. ábra. Az LK III-as hátul elhelyezett motorteret ábrázoló tervrajz. A prototípus a háború befejezése miatt már nem készült el

Svédországban, mint „láncaltalpas mezőgazdasági vontató-”, vagy „traktor-alkatrész”.

SVÉD KÖZVETÍTÉS? – AZ LK II MAGYARORSZÁGON

Érdekes párhuzam a svéd és a magyar harckocsik történetében, hogy 1920 tavaszán, még a trianoni béke megkötése előtt 2 próbadarabot, majd nem sokkal később további 12 darabot, tehát összesen 14 darab, össze nem szerelt, fegyverzet nélküli LK II-es harckocsit vásárolt titokban – a svédekhez hasonlóan – Magyarország is. Ennek a pontos körülményeit azonban egyelőre még nem sikerült tisztázni. Mindazonáltal a semleges svédekkel ellentétben, az első világháború vesztes oldalán álló magyaroknak az 1920. június 4-én megkötött trianoni békediktátum fegyverzeti korlátozásai miatt⁵ már tilos lett volna ilyen harceszközöket birtokolniuk. Emiatt a legnagyobb titokban, állítólag a Dunán uszályokban, gabona alá rejtve Magyarországra szállított LK II-eseket egészen 1927-ig szétszerelt állapotban rejtetni kellett az ország különböző pontjain szétszórva,⁶ mivel az ellenséges államokkal körülzárt Magyar Királyság katonai és politikai vezetői nem kívántak megválni a nagy nehezen megszerzett páncélosoktól.

A békediktátumban előírt fegyverzeti korlátozások betartását ellenőrizni hivatott antant Szövetségi Katonai Ellenőrzési Bizottság 1927. március végi megszűnését követően, a rossz tárolás következtében javarészt tönkrement, vagy a nagy titkolózásban elveszett alkatrészekből a ma-





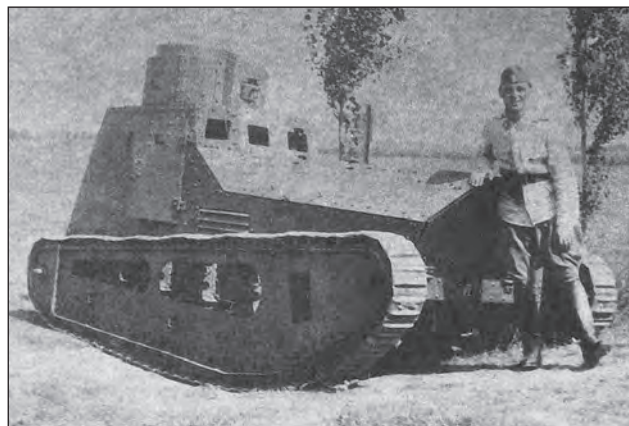
9. ábra. Német eredetű LK II-esek és Olaszországtól vásárolt FIAT 3000B típusú harckocsik magyar szolgálatban

gyarak 6 darab működőképes LK II-est tudtak összeszerelni. Ezeket az elkövetkező pár évben, az 1930-as évek elejéig, eleinte a Belügyminisztérium alá tartozó „alcázott” katonai kiképzőközpont, a Rendőr Újonc Iskola (röviden RUISK), majd később a Magyar Királyi Honvédség használta kiképzési célokra. Használatba vételüket követően pár évvel – mivel ekkorra már rendelkezésre állt egy újabb, bár nem sokkal modernebb típus, az Olaszországtól vásárolt FIAT 3000-es – a típust elavultnak minősítették és kicseleztezték. 1933-ra magyar LK II-esek kikerültek a szolgálati állományból és ócskavasként vagy lövészeti céltárgyként megsemmisültek.

Érdekesség, hogy a magyar LK II-esek egyik adminisztrációban elkallódott, elfeledett, békésen rozsdásodó utolsó példányára 1939-ben az örkénytábori laktanya egy elhagyatott, bedeszkázott fészkerében találtak rá a frissen odavezényelt ceglédi II. lovasdandár könnyűharckocsi-századának katonái. Miután századparancsnokuk utána érdeklődött a felsőbb vezetésnél, hogy mégis miért van az akkoriban már évek óta kivont harcjármű a megadott helyen és milyen sorsot szánnak neki, azt az – egyébként jellemző – választ kapta, hogy a típust a hadrendből már kivonták, példányait megsemmisítették, nem létezik. Így az alakulat katonái ennek megfelelően jártak el és a „nem létező” harckocsit „nem létező” alkatrészeire bontva, létező pénzért cserébe eladták. A befolyt összegből a körlet minden legénységi szobájába rádiót, valamint az alakulatnak két motorkerékpárt vásároltak, a maradék pedig a század rászorultjainak segélyezésére szánt bajtársi kasszába került. Tragikomikus hatyúda volt ez az első magyarországi harckocsi történetének.

A korábban megjelent szakirodalom feltételez valamilyen svéd közvetítést is a Magyarország LK II-es vásárlásával kapcsolatban, erre azonban kézzel fogható bizonyíték vagy levéltári forrás eddig még nem került elő. Feltételezhetően az a közkeletű tévhit okozta a félreértést, amely szerint az LK II-es véglegesnek szánt, forgótoronyba szerelt géppuskával és előre felé dőlő orr-résszel épített változatának kialakítása már Svédországban történt, így joggal lehetett volna feltételezni, hogy a Magyarországon megjelent, szintén forgótoronyos és előre felé dőlő orr-résszel rendelkező LK II-esek is onnan kell, hogy származzanak. Erre a legújabb kutatások eredményei már rácafoáltak, ugyanis német és svéd levéltári források alapján bizonyítható, hogy az LK II-esek – abban a formában, ahogy a svédek megvásárolták azokat –, már a háború utolsó hónapjaiban is léteztek – ha más nem, tervrajz és alkatrészek formájában –, s mind a svéd, mind a magyar LK II-esek már ennek a sorozatgyártásra szánt, német LK II-esnek az alakjában épültek meg.⁷

Az a tény pedig kifejezetten valószínűtlenné teszi ezt a svéd közbenjárását, hogy levéltári források alapján az első



10. ábra. Egy magyar LK II-es Hajmáskéren, 1932-ben

LK II-esek Magyarországra 1920 tavaszán érkeztek, míg a svédek maguk bizonyíthatóan csak 1921 első hónapjaiban kezdtek hozzá a típus vásárlásával kapcsolatos németországi tárgyalásokhoz, illetve az első darabok alkatrészei is csak 1921 szeptemberétől érkeztek Stockholmba. Így sokkal valószínűbbnek látszik, hogy a magyarok a legnagyobb titokban, vagy közvetlenül a háború után épp széthulló/újja-szerveződő német államtól, vagy annak tudta nélkül német vállalatokon, magánszemélyeken keresztül vásárolták meg ezeket a harcjárműveket. A németeknek mindenesetre kapóra jött, hogy az amúgy is tiltólistára kerülő, megsemmisítésre váró harcjárműveket mihamarabb pénzzé teheték.

Összességében elmondható, hogy – nagyon is különböző sorsuk ellenére – mind Magyarország, mind Svédország első harckocsi típusa ugyanaz a háború legvégén kifejlesztett LK II-es volt, amely túl későn érkezett ahhoz, hogy Németország oldalán részt vehessen az első világháborús harcokban.

(Folytatjuk)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Baadstøe, Christer: How the Swedish Armoured Corps was born <https://www.sphf.se/svenskt-pansar/historia/how-the-swedish-armoured-corps-was-born/> (Utolsó megtekintés: 2018.10.11.);
- Blomster, Karl és Norlund, Viktor levéltári gyűjteményei;
- Bartholomew, E.: First World War Tanks. Shire Publications, Bucks (1986). 22–23. o.;
- Bíró Ádám – Éder Miklós – Sárhidai Gyula: A Magyar Királyi Honvédség külföldi gyártású páncélos harcjárművei 1920–1945. Petit Real, Budapest (2006). 9., 16. o.;
- Bíró Ádám – Sárhidai Gyula: A Magyar Királyi Honvédség hazai gyártású páncélos harcjárművei 1914–1945. Petit Real, Budapest (2012). 40–45. o.;
- Bíró Ádám: A páncélos fegyvernem megeremtésének kezdetei a Magyar Királyi Honvédségben – az LK-II és a FIAT 3000 B. In.: Haditechnika, 1993/3. 61–65. o.;
- Bombay László – Gyarmati József – Turcsányi Károly: Harckocsik 1916-tól napjainkig. Zrínyi, Budapest (1999). 40–44., 51–52., 58., 60. o.;
- Bonhardt Attila – Pánczél Mátyás – Végh Ferenc – Szekeres József – Hattyár István – Sári Szabolcs: A magyar páncélosalakulatok története. Zrínyi, Budapest (2015). 42–54. o.;
- Bonhardt Attila – Sárhidai Gyula – Winkler László: A Magyar Királyi Honvédség fegyverzete. Zrínyi, Budapest (1995). 13–15., 48. o.;

- Éder Miklós: Az LK-II. német könnyűharckocsi magyar szolgálatban. In: Militaria Modell 1992/2. 12-13. o.;
- Edwards, Robert J.: Panzers Forward – A Photo History of German Armor in World War II. Stackpole Books, Lanham MD (2018). 2. o.;
- Fleischer, Wolfgang: Military Vehicles of the Reichswehr. Schiffer Publishing, Atgen PA (1996). 3. o.;
- Haupt, Werner: A History of the Panzer Troops 1916-1945. Schiffer Publishing, Atgen PA (1990). 15. o.;
- Janson, O.: The Swedish machineguns before 1950. http://www.gotavapen.se/gota/artiklar/utv_ksp58/ksp14/2_ksp14.htm (Utolsó megtekintés: 2018.09.01.);
- Jones, Ralph E. – Rarey, George H. – Icks, Robert J.: The Fighting Tanks since 1916. The National Service Publishing, Washington D.C. (1933). 139-140. o.;
- Lindström, Rickard O.: Strv m/21. http://www.ointres.se/strv_m_21.htm (Utolsó megtekintés: 2018.10.11.);
- Lindström, Rickard O.: Strv Renault FT17 & NC27. http://www.ointres.se/strv_renault.htm (Utolsó megtekintés: 2018.10.11.);
- Moore, Craig: Tank Hunter – World War One. The History Press, Gloucestershire (2017). 65-68.;
- Mújzer Péter: A magyar páncélos fegyvernem kezdetei. I. rész. In: Haditechnika 2016/1. 3-4. o.;
- Пашолок, Юрий (Pasolok, Jurij): Первый танк шведской армии. <https://warspot.ru/8156-pervyy-tank-shvedskoy-armii> (Utolsó megtekintés: 2018.10.11.);
- Пашолок, Юрий (Pasolok, Jurij): С прицелом на экспорт. <https://warspot.ru/5917-s-pritselom-na-eksport>. Az eredetileg orosz nyelven megjelent cikk angol fordítása: <http://tankarchives.blogspot.com/2017/05/renault-nc-destined-for-export.html>. (Utolsó megtekintés: 2018.10.11.);
- Пашолок, Юрий (Pasolok, Jurij): Трудный выбор шведской армии. <https://warspot.ru/8916-trudnyy-vybor-shvedskoy-armii>. Az eredetileg orosz nyelven megjelent cikk angol fordítása: <http://tankarchives.blogspot.com/2017/11/the-swedish-armys-tough-choice.html>. (Utolsó megtekintés: 2018.10.11.);
- Poór István (főszerk.): Harckocsi típuskönyv. Zrínyi, Budapest (1980). 202. o.;
- Schneider, Wolfgang – Strasheim, Rainer: German Tanks in World War I – The A7V and Early Tank Development. Schiffer Publishing, West Chester PA (1990). 42-46. o.;
- Varga A. József (szerk.): Magyar autógyárak katonai járművei. Maróti, Budapest (2008). 61-62., 203-205. o.;
- White, Brian Terence: German Tanks & Armored Vehicles 1914-1945. Arco, New York (1968). 26-27.;
- White, Brian Terence: Tanks and Other Armoured Vehicles 1900-1918. Blandford Press, London (1970). 170-171., 182-183. o.;
- Zaloga, Steven J.: German Panzers 1914-18 (New Vanguard 127). Osprey, Oxford (2006). 7-9., 12., 41-42. o.

JEGYZETEK

- 1 Fontos hangsúlyozni, hogy egyes korábban megjelent szakirodalomban írtakkal ellentétben, az LK II-sel kapcsolatban szó sem volt svédországi harckocsigyártásról, pusztán összeszerelésről.
- 2 Joseph Vollmer (1871-1955) német gépjármű tervezőmérnök, a német harckocsi-fejlesztés úttörője. Az első világháború során a német hadsereg tisztjeként ő volt a főkonstruktőre a Nagy Háborúban egyetlen be is vetett német tank típusnak, az A7V nehéz harckocsinak, valamint a már végül el nem készült K-Wagen 120 tonnás szupernehéz harckocsinak, illetve az LK I és LK II német könnyű páncélos típusoknak is. A háború után, az 1920-as, '30-as évek során Vollmer – mivel Németországban a versailles-i béke tiltásai miatt nem folytathatta tovább harckocsikkal kapcsolatos munkáit – Csehszlovákia részére tervezett páncélosokat, köztük például a KH-50 „Kolo-Housenkát” is. A témában korábban megjelent monográfiák és szakcikkek valamértékedéből az ő nevéhez fűződik a '30-as évekbeli, a svéd Landsverk vállalat által gyártott harckocsik megkonstruálását is, holott azok valójában a szintén német mérnök, Otto Merker nevéhez fűződnek.
- 3 Az LK I-eshez képest a futómű rövidebb lett és az elejét megemelték, hogy könnyebben tudjon magasabb akadályokon átkelni. Továbbá az LK I-esnél, mint ahogy a korai brit harckocsiknál is, gondot okozott a felfüggesztés sárral, porral való eltömődése, mivel a láncra rátapadt piszok és törmelék hajlamos volt összegyűlni a hernyótalp felső részénél, s ez képes volt a lánc megakasztására is. Erre megoldásképp a továbbfejlesztett LK II-en már a felfüggesztés oldalán nyílásokat alakítottak ki, hogy a láncra tapadt sárnak és pornak lehullva legyen hol távoznia. Elképzelhető, hogy az ötletet az akkoriban egyre nagyobb számban megjelenő brit Whippet harckocsiról másolták le a német tervezők.
- 4 Egyes szakirodalmak ez utóbbi, előrefelé dőlő orr-résszel épített változatot emlegetik tévesen LK III-as néven.
- 5 A trianoni békét becikkelyező magyar 1921. évi XXXIII. törvénycikk 119. §-ának értelmében „...tilos páncélos járműveket, tankokat vagy hadicélokra felhasználható más hasonló gépeket Magyarországon gyártani és Magyarországra behozni”. A szöveg – az ország nevét leszámítva – szó szerint megegyezik a Németországra vonatkozó, ugyanilyen tiltásokat fogantató versailles-i békeszerződés 171. §-ával.
- 6 A páncélteteket szétszerelve évekig vasúti vagonokba rejtve utaztatták keresztül-kasul Magyarországon, míg az alvázakat mezőgazdasági gépnek álcázva megbízhatónak ítélt gazdaságokban tárolták.
- 7 Korábban azt feltételezték, hogy a korai, ágyúval szerelt, hátrafelé dőlő orr-résszel kialakított LK II-es volt a német fejlesztési folyamat vége, és a forgótornyossal, illetve előrefelé dőlő, zárt orr-résszel épült LK II-eseket / Strv m/21-est már a svédek fejlesztették ki német tervek alapján, akár Joseph Vollmer személyes segítségével is. Azonban rendelkezésre álló történelmi források tanúsága szerint az 1930-as évek legelejéig (az Strv m/21-29-esig) nem alkalmaztak ilyen léptékű módosításokat az eredeti LK II-eshez képest. Joseph Vollmert pedig – aki 1923 és 1930 között Csehszlovákia részére tervezett harckocsikat – semmilyen bizonyítható kapcsolat nem fűzte svédországi vállalatokhoz, s feltehetően soha nem is járt Svédországban. Levéltári források alapján az LK II-esek svédországi összeszerelését egy Stenger nevű német mérnök felügyelte.

(Fotók: Karl Blomster, Rickard Lindström, Viktor Norlud és a szerző gyűjteményeiből.)

Olvasóink figyelmébe!

Az elmúlt több mint 50 év **HADITECHNIKA** lapszámai elérhetők a Magyar Tudományos Akadémia REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

Somkutas Róbert*

A Magyar Királyi Honvédség páncélozott eszközökkel felszerelt felderítő csapatai a Barbarossa hadművelet során I. rész

A gyorshadtest alkalmazása a Kárpát-csoport alárendeltségében (1941. június 30.–július 9.)

A gyorshadtest és felderítőcsapatai a délvideki műveletek befejezése után számos tapasztalatra tettek szert. Nyilvánvalóvá vált, hogy egyetlen korszerű egység sem nélkülözheti a gépesítést, a gyalogdandár lovasszázada pedig már nem képes feladatának ellátására. Ezért a gyűjtött tapasztalatokra hivatkozva – amelyek szerint a korszerű felderítőalakulatok hiánya végig megmutatkozott az egész hadművelet alatt – javasolták a dandárok gépesített felderítőszázaddal való kiegészítését, amelyben motorkerékpáros, páncélgépkocsi- és kerékpáros szakaszokat célszerű rendszeresíteni.¹ A felvetés jogos volt, de sajnos a későbbiek során sem valósult meg.

A felderítő-zászlóaljknál a mozgósítási terveknek megfelelően végrehajtották a feliasztást, azonban az egész országra kiterjedő kiegészítési területek nagy távolsága miatt a rendelkezésre álló kettő nap alatt csak komoly nehézségek árán lehetett a bevonuló állománnyal elérni a menetkészültséget.² Esetenként egyes alosztályok kiegészítését csak a megindulási körletekben tudták teljesen befejezni.

Az 1. felderítő-zászlóalj a békehelyőrségbe való visszaérkezés után megkezdte a sérült technika kijavítását, illetve ipari kijavíttatását a gyártó üzemeknél. A zászlóalj állománya felkészült a békekiképzés folytatására, majd a zászlóalj alosztályai hamarosan kitelepültek Párkányra táborba, ahol megkezdtek az első éves 1940. december 2-án bevonult honvédek kiképzését. A rendelkezésre álló technikai eszközökkel ott hajtották végre a motorkerékpár, személy- és tehergépkocsi, valamint a páncélgépkocsi vezetési gyakorlatokat, amelyeket vizsgáztatás is követett. A június 29-én megindított mozgósítás és átcsoportosítás miatt azonban, az elsőéves vezetők már csak a hadszíntéren – a Szovjetunióban – kapták meg a jogositványukat³.

A felderítő-pótzászlóalj parancsnokság (a zászlóaljparancsnok-helyettes vezetésével) Budapesten, a XIII. kerületi Aréna út 51. szám alatt lévő Vonat laktanyában maradt. Ez a szervezet biztosította a táborban lévő alosztályparancsnokok igényeinek megfelelő tartalékos állomány behívását, felszerelését és a szakképzettségüknek megfelelő kiképzésre való kiküldését. Ennek koordinálása és később – a háború során – a szükséges, szakképzettségnek megfelelő útba indítások végrehajtása is a pótzászlóaljparancsnok feladata volt.⁴

SZERVEZETI VÁLTOZÁSOK

A Magyar Királyi Honvédség szervezeti fejlesztésének végrehajtását a folyó hadműveletek gyakran keresztezték. Így történt ez az 1940., illetve az 1941. évi szervezési intézkedés esetében is.

Az 1940. június 24-én kiadott 40.000/el. 1/a. számú rendelet⁵ feladatait az erdélyi bevonulás miatt végül hatályon kívül helyezték és egy új, október 10-én kiadott módosított szervezési rendeletet léptettek helyette életbe. A kiadmányozó Honvédelmi Miniszter tisztában volt azzal, hogy súlyos feladatokat rótt a csapatokra – mivel az erdélyi IX. hadtest és alakulataik felállítása mellett kellett végrehajtani a gyorscsapatok átszervezését is –, de a feladatok végrehajtása már nem volt elodázható. Ekkor megváltozott a gyorshadtest-parancsnokság állomáshelye, amelyet december 1-től Szolnokról Budapestre helyeztek át.⁶

A tervzet szerint egy külön szervezési intézkedés határozta meg a felderítő-zászlóaljak változásait. Az év elején a kerékpáros és páncélosalakulatok átállítására vonatkozó javaslatokat terjesztettek fel a vezérkar főnökéhez. A bead-

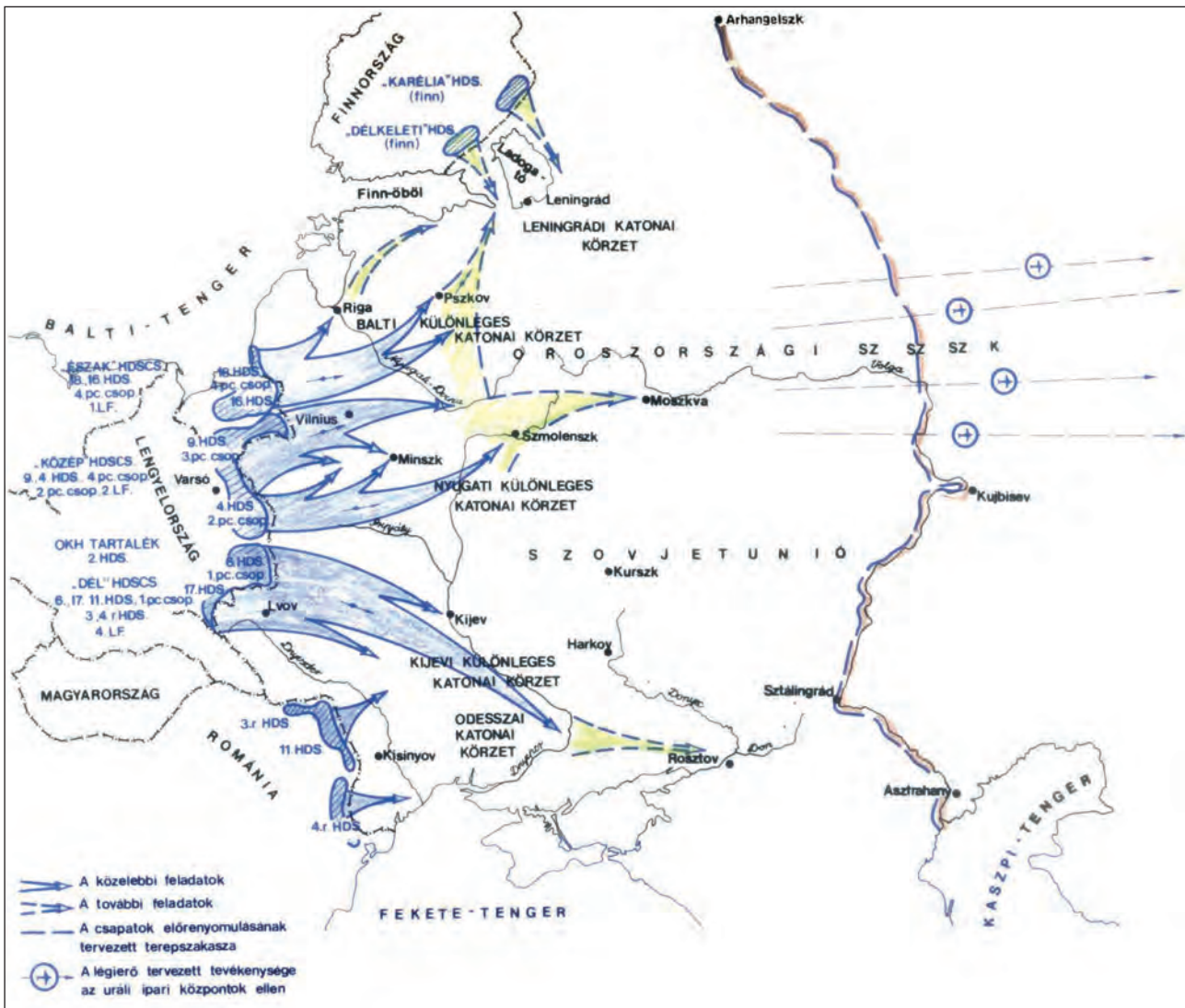
ÖSSZEFOGLALÁS: A Magyar Királyi Honvédség 1941. évi Szovjetunió elleni hadművelete a német Barbarossa hadművelet részét képezte. Az itt harcba vetett gyorshadtest szervezetében két (páncélozott) felderítő-zászlóalj tevékenykedett. A csapatok tevékenységét az üldözés, illetve több száz kilométeres dinamikus kelet felé nyomulás jellemezte.

KULCSSZAVAK: Magyar Királyi Honvédség, Barbarossa hadművelet, Kárpát-csoport, gyorshadtest, (páncélozott) felderítő-zászlóalj

ABSTRACT: The operation of the Royal Hungarian Army against the Soviet Union in 1941 formed part of the German Operation Barbarossa. There were two (armoured) reconnaissance battalions in the organization of the Rapid Corps. The activities of the troops were characterized by tracking mission and by dynamic push eastwards over many hundreds of kilometres.

KEY WORDS: Royal Hungarian Army, Operation Barbarossa, Carpathian Group, Rapid Corps, (armoured) reconnaissance battalion

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



vány nyomán a Vkf. 1. osztály 1941. február 18-án intézkedett, amelyben elrendelte a 9. és a 11. kerékpáros zászlóalj harcokcsizászlóaljja való átszervezését, az átállás időpontjának pedig 1941. május 1-ét határozta meg. Közben a gyorsadtest létszámát is emelték.⁸

A kiadott szervezési intézkedés komoly változásokat írt elő a felderítő-zászlóaljok számára, amit a felderítőknak a dandárok kerékpáros zászlóaljaival közösen kellett megoldaniuk. A rendelet szerint a felderítő-zászlóaljok meglévő páncélgépkocsi-századai bővültek, a páncélgépkocsik száma 10-ről a 16-ra nőtt, és ennek megfelelően gyarapodott az állomány létszáma is. Az 1. és 2. gépkocsizó dandárok 9/3-as és 11/3-as kerékpáros századait a felderítő-zászlóaljhoz sorolták, átszervezve azokat motorkerékpáros századokká.

A zászlóaljok kisharcokcsi (Ansaldo) századait a tervezet szerint 1940. december 1-től az 1. és 2. lovasdandárok páncélos zászlóaljai kötelékébe léptették át. A felderítő-zászlóaljok könnyű harcokcsi (Toldi) századai a 11. és a 9. kerékpáros/harcokcsi zászlóaljok kötelékébe léptek át. Ekkor adták át a 9. és a 11. kerékpáros/harcokcsi zászlóaljok páncéltörő ágyús szakaszait a felderítő-zászlóaljok állományába.⁹

A felderítő-zászlóaljoknak kellett felállítani a saját gépkocsizó puskás századaikat is.

Ezek végrehajtásába szült bele az 1941 áprilisában végrehajtott délvidéki hadművelet ezért a hadműveletet még a régi szervezettel hajtották végre (így voltak harcokcsik még a felderítő-zászlóaljok állományában).

2. ábra. Lovak szemlére való felvezetése (Fotó: Fortepan 389719)





3. ábra. A magyar csapatok helyzete a műveletek megkezdése előtt, 1941. június 26-án. (Részlet egy német helyzettérképből)

A gyorscsapatok zöme május elején tért vissza béke helyőrségeikbe.

A felderítő-zászlóaljak a visszaérkezésük után hajtották végre a harckocsizó technika és a személyzet átadását az újonnan kialakuló páncélos szervezeteknek. Felállították az új felderítő-zászlóaljak szervezetét és az új szervezeti elemeket (gépkocsizó puskás század, motorkerékpáros század, páncéltörő szakasz). Tábori körülmények között megkezdtek a decemberben bevonult első éves állomány és az új szervezeti elemek állományának kiképzését. Külön figyelmet fordítottak a (páncélgépkocsi, motorkerékpár, gépjármű) vezetési oktatásra, amit a kevés rendelkezésre álló kiképzési eszköz miatt csak igen intenzív kiképzéssel tudtak teljesíteni.

Az 1941. évi június 17-én kiadott éves szervezési rendelet elrendelte a felállított IX. (kolozsvári) hadtest teljes kiépítését, a 2. páncélosadosztály – új seregestként történő – felállítását és egyéb továbbfejlesztési feladatok folytatását.

A magyar királyi 2. honvéd páncélosadosztály parancsnokságot az addigi szervezeti keretében megszüntetett 2. gépkocsizó dandár törzséből hozta létre a dandárparancsnokság. Az új, magasabbegység szervezetén belül jött létre a magyar királyi 2. honvéd harckocsidandár parancsnokság, amit a megszüntetett 3. gyalogdandár parancsnokság állományából a 13. kerékpáros zászlóalj állí-

4. ábra. Gyalogmenetben (Fotó: Fortepan 107523)



tott fel. Az újonnan létrehozott magyar királyi 2. honvéd lövészdandár parancsnokság is az új páncélos magasabbegység alárendeltje lett, amit a megszűnő 15. gyalogezred törzséből állított fel az 5. gépkocsizó zászlóalj.¹⁰ Az alárendelt zászlóaljak a magyar királyi 4. (5. és 6.) honvéd gépkocsizó lövész zászlóalj megnevezést kapták. A páncéltörő ágyús szakaszokat átadták a V., VIII. és a II. hadtestközvetlen kerékpáros zászlóaljaknak. A zászlóaljba beosztott puskás századai pedig alosztályonként 8 golyószóróval, 4 állványos golyószóróval, 2 nehézpuskával és 2 gránátvetővel rendelkeztek.

A felderítő-zászlóaljak hivatalos elnevezése magyar királyi 1. (2.) honvéd felderítő-zászlóalj lett. A 2. felderítő-zászlóalj a 2. páncélosadosztály szervezetébe került, mint hadosztályközvetlen alakulat. A felderítő-zászlóaljak szervezetébe ettől kezdve egy páncélgépkocsi, egy motorkerékpáros, egy gépkocsizó puskás század tartozott, ami egy árkász és egy távbeszélő szakasz, valamint egy újonnan beállított javító műhely állománya egészített ki. A zászlóalj létszáma 26 tiszt, 42 fő altiszt és tisztes és 503 fő légénységi állományú katonából állt.

A zászlóalj gépkocsizó puskás századát a gépkocsizó zászlóalj alosztályaihoz hasonló fegyverzetel szerelték fel, a motorkerékpáros századnak pedig 12 golyószórója (ebből 4 állványos) és 2 nehézpuskája volt.

Az 1. gépkocsizó dandár szervezete változatlan maradt. A dandár 1. 2. és 3. zászlóaljainál a páncéltörő ágyús szakaszok megmaradtak, így a kötelékek fegyverzete és létszáma magasabb volt a 2. dandárénál. Egy gépkocsizó zászlóalj személyi állománya 30 tiszt, 27 altiszt és 811 főnyi légénységből állt. Járműparkjába 8 kerékpár, 14 motorkerékpár, 4 kis személygépkocsi, 2 sebesültszállító, 7 oktató, 1 rádiós tehergépkocsi, 1 nagy terepjáró személygépkocsi, 4 közepes terepjáró személygépkocsi, 23 db 3 tonnás tehergépkocsi (Ford Marmon) és 99 db 1,5 tonnás Botond terepjáró tehergépkocsi tartozott.¹¹

A felderítő-zászlóaljak létszámát megemelték, hogy a szükséges szervezeti változásokat végre tudják hajtani. Egy felderítő-zászlóalj járműparkjába 102 db szülő és oldalkocsis motorkerékpár, 5 db közepes terepjáró, 1 db közepes és 1 db kis személygépkocsi tartozott. A szállítási feladatok végrehajtására 4 db 3 tonnás terepjáró tehergépkocsi, 4 db 3 tonnás tehergépkocsi, 5 db 1,5 tonnás tehergépkocsi, 37 db 1,5 tonnás Botond terepjáró tehergépkocsi és 4 db 1 tonnás terepjáró tehergépkocsi állt rendelkezésre. A páncélos technikát a 16 + 1 db Csaba páncélgépkocsi képviselte. Rendelkezésére állt még 1 db rádiós gépkocsi, 1 db járműjavító gépkocsi, valamint a kiképzés végrehajtására 3 db kiképző motorkerékpár, 4 db oktató gépkocsi és 1 db páncélgépkocsi.¹²

Az 1. felderítő-zászlóalj továbbra is megmaradt az 1. gépkocsizó dandár kötelékében. Szervezete hasonló volt a 2. felderítő-zászlóaljéhoz, azonban kiegészült a szervezetében még meglévő páncéltörő ágyús szakasszal (4 páncéltörő ágyúval) és a 4. páncélvonat századdal.¹³ Ennek megfelelően a létszámát összesen 26 fő tiszt, 42 fő altiszt és tisztes, valamint 503 fő légénység alkotta.¹⁴

Az 1. páncélgépkocsi-század az 1941. október 1-én életbe lépett hadrend által előírt 17 darab 40M parancsnoki és 39M felderítő páncélgépkocsi helyett csak 14 darabbal rendelkezett, amelyből 13 darab az 1. páncélgépkocsi-századnál volt, és 1 darab parancsnoki harcjármű a zászlóaljtörzset szolgáltatta ki. A 2. motorkerékpáros század 12 db 31M 8 mm-es golyószóróval, (amelyekből 3 állványos volt) és 2 db 36M 20 mm-es nehézpuskával rendelkezett. A 3. gépkocsizó lövészszázad fegyverzete megegyezett a motorkerékpáros századéval, de nehézfegyverzetét kiegészítette.

szítették 2 db 50 mm-es gránátvetővel. A páncéltörő szakasz 4 db 36M 37 mm-es gépvontatású és 2 db 38M német gépvontatású ágyúval rendelkezett.¹⁵

A rendelet az 1. felderítő-zászlóalj feladatául szabta, hogy – Budapest állomáshellyel – hozza létre a megszünt 15/II. gyalogzászlóalj parancsnokságából, valamint a 9. és 11. kerékpáros/harcocsi zászlóalj „feleslegessé vált” páncélvadász-századaiból a magyar királyi 51. honvéd páncélvadász zászlóaljat, amely a 2. harcocsidandár kötelékébe kerül, mint „önálló csapat-, állomány és számadótest”.¹⁶ A zászlóalj állományába három páncélvadász-század egyenként 6 db 40M Nimród páncélvadászszal és 1 db 38M Toldi könnyű parancsnoki harcocsival, valamint zászlóaljközpontként egy műhelyszakasz tartozott. A zászlóalj mindösszesen 6 db Toldi harcocsival és 19 db Nimród páncélvadászszal rendelkezett.¹⁷

Az 1941/42. évi szervezési rendelet a terv szerint addig nem léphetett életbe, amíg a Szovjetunióban harcoló gyorshadtest nem tért vissza. Ezért a honvédelmi miniszter 1941. szeptember 9-én újabb rendeletet adott ki az 1. gyorshadtest-parancsnokság visszamaradó részének, amelyben rendelkezik a végrehajtás módjáról.

A BARBAROSSA-TERV ÉS MAGYARORSZÁG „O” HATÁRVÉDELME

A Barbarossa-terv fedőnevű hadjárat célja a Szovjetunió európai területének elfoglalása a három (az Észak, a Közép és a Dél) hadseregcsoport három fő hadászati irányból történő csapásával. Magyarországot a Dél hadseregcsoport tevékenysége érintette, de hazánkat (Romániával elentétben) semmilyen vonatkozásban nem vonták be a hadműveletek végrehajtásába. Ez azért is figyelemre méltó, mert a Dél hadseregcsoport Galíciából Zsitomír – Kijev – Rosztov irányába bevetett német 17. hadsereg, valamint a német 1. páncéloscsoport déli szárnya, valamint a Romániából bevetett német hadseregcsoport legészakabb szárnyán alkalmazott román 3. hadsereg között mintegy 200 km-es szakasz teljesen biztosítatlanul maradt, amely megfelelő válaszcsoportosítást lehetőséget kínálhatott a szovjet haderő számára a német hadászati tervek megakadályozása érdekében.¹⁸

Ezért is vetődött fel a német politikai és a katonai vezetés (OKW)¹⁹ számára is az a kérdés, hogy miként lehetne rábírn Magyarországot hadereje fegyverzetének korszerűsítésére és az Oroszország elleni hadjáratba való beléptetésre anélkül, hogy ez a szándék túl korán lelepleződne.²⁰ Ezt támasztja alá Halder vezérezredes, a német szárazföldi erők főparancsnokának kijelentése is, amikor a magyar vezérkarnál lévő összekötő törzs vezetője, Himer tábornok előtt arról beszélt, hogy az OKW nem akar követeléseket támasztani a magyarok felé, mert azokért fizetni kellene (hadifelszereléssel, technikai eszközökkel), azonban hálásan fogadnák az önként felajánlott támogatást, különösen a gyorscsapatok rendelkezésre bocsátását.²¹

A fenti okok miatt óvatosságot nem – magyar katonai egyeztetések történtek, de a magyar politikusok vonakodása miatt a gyakorlati lépések elmaradtak.

Az „O” azaz orosz határ 100 méter feletti, nehezen járható terepen húzódott. A németek júniusi támadása egybeesett a Kárpátokban lévő nagy esőzések időszakával, ami miatt a lezúduló nagy mennyiségű csapadék még nehezebbé tette a hegyekben történő tevékenységet. A magyar határzár viszonylag kis mértékben kiépített tábori erődítésekkel állt, a hágókon átvezető utakat pedig század, zászlóalj erejű támpontok biztosították. A teljes kiépítéshez szükséges anyagok azonban már a határt biztosító dandá-



5. ábra. Rövid pihenő valahol a Kárpátokban (Fotó: Fortepan 92550)

roknál voltak. A szükséges határvédelem aktivizálásával és a védelmi harc megvívásával kapcsolatos feladatok irányításával a VIII. hadtest parancsnokát, Szombathelyi Ferenc altábornagyot bízták meg.

Már június 18-án 0 órától mozgósították a VIII. hadtestparancsnokságot, a 8. vadász és az 1. hegyi dandárt, valamint a parancsnokságok közvetlen alárendeltségébe tartozó csapat- és seregvonat alakulatokat, és felkészültek a határvédelmi feladatok végrehajtására.

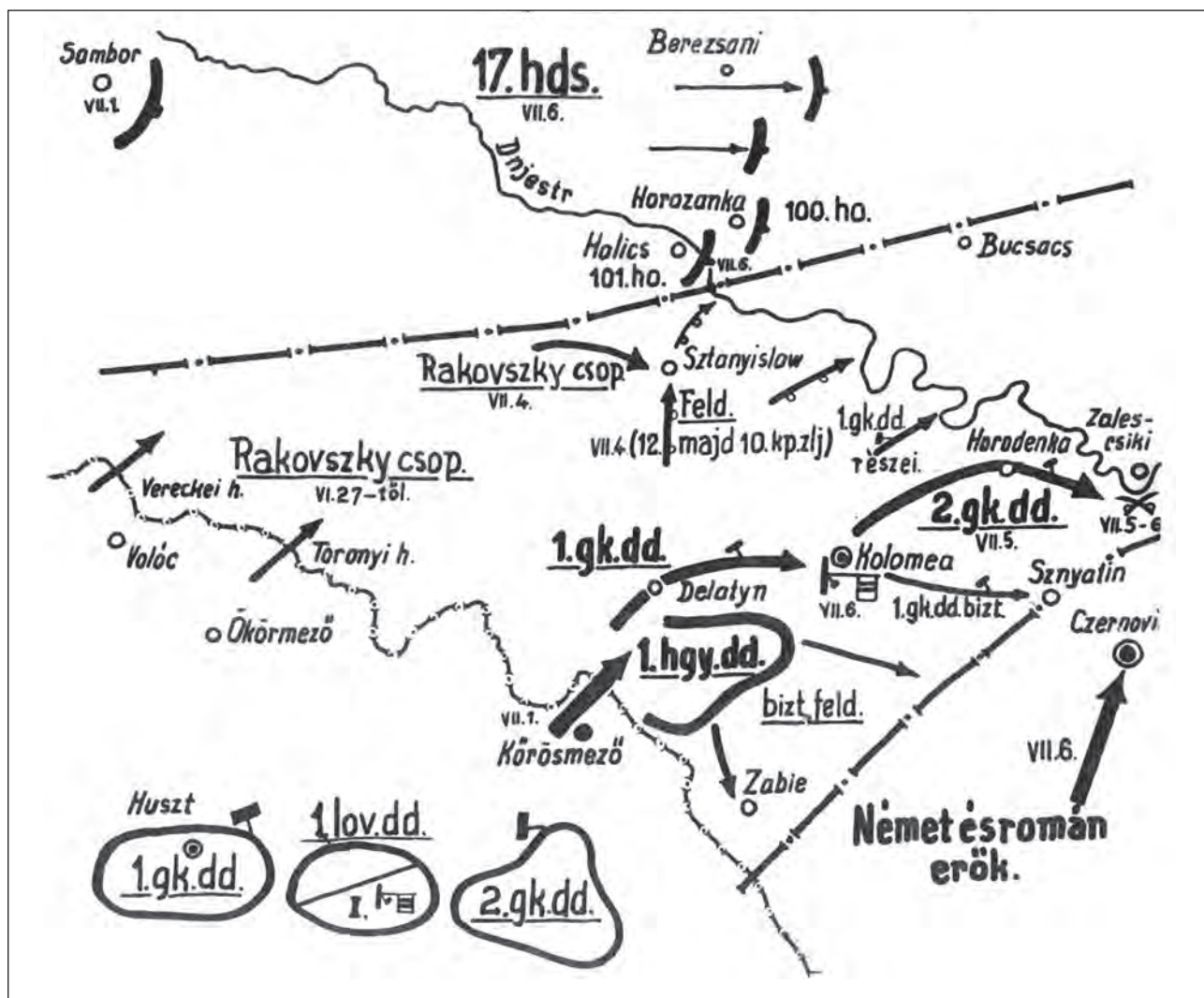
A német szárazföldi csapatok már április végétől megkezdtek az átmanőverezéseket, hogy a támadás megindítására létrehozzák a három hadseregcsoportba tömörített, hét hadseregből és két páncélos csoportból álló támadócsoportosításukat, amelynek légi támogatására három légigfoltta települt.

Június 22-én hajnali 3 óra 15 perckor megindult a Szovjetunió elleni hadüzenet nélküli német támadás. A magyar vezérkar főnöke a német támadás hírére utasította a hadtestparancsnokot az „O” határvédelmi tervben foglaltakat végrehajtására.²² A szovjet-magyar határszakaszt lezárták, mindkét dandár megszállta a határ mentén húzódó védelmi állásait és a határerődítések erődszázadait is készenlétbe helyezték.²³

A június 22–25. közötti időszakban a határ mentén szétbontakozott 8. határvadász és az 1. hegyi dandár, bevezették a határon túli területek hézag nélküli megfigyelését, minden ellenségeskedés kezdeményezésétől tartózkodtak, de készen álltak arra, hogy minden orosz kezdeményezést a legerélyesebben visszautasítsanak.²⁴ (A magyar „visszautasítási”, azaz ellentámadási készségre igen nagy szükség volt, mivel – amint arra dr. Szabó Péter alezredes és

6. ábra. Hegyitüzérség előrevonása málházott löveganyaggal (Fotó: Fortepan 18284)





7. ábra. A Kárpát-csoport hadműveleti terve 1941. június 26. és július 9. között

dr. Számvéber Norbert őrnagy, a HIM hadtörténészeinek kutatásai részletesen rávilágítottak – a szovjet határon ún. „párhuzamos támadó felvonulás” történt, azaz mindkét haderő, a német és a szovjet egyidejűleg jelent meg több-millió létszámmal, támadó csoportosításokkal és fegyvernemekkel²⁵). Megfigyelték a szovjet csapatok tevékenységét, a műszaki záruk és robbantások előkészítését és végrehajtását.

Közben folyt a korábban már megkezdett védelmi állások kiépítése, az akadályrendszerek telepítése és június 25-én a hadtestparancsnok már a védelmi munkák befejezése érdekében intézkedett, mivel a német csapatok előrenyomulása miatt a szovjet csapatok megkezdtek erőik kivonását a határ körzetéből.

Az 1. önálló távfelderítő-osztály, Heinkel He 70-es gépeivel már 26-án megkezdte a Szovjetunió közeli területeinek felderítését, de ekkor azonnal fény derült a gépek hatótávolságának problémáira is. Ugyanis a „távfelderítő gépeknek” Budaörsről indulva, illetve a bevetésüket követően is, le kellett szállniuk az ungvári repülőtéren üzemanyag-vételezés miatt!²⁶ Az említett nehézségek ellenére, a légi felderítés folyamatosan biztosította az adatokat a háttól visszavonuló szovjet erőkről.

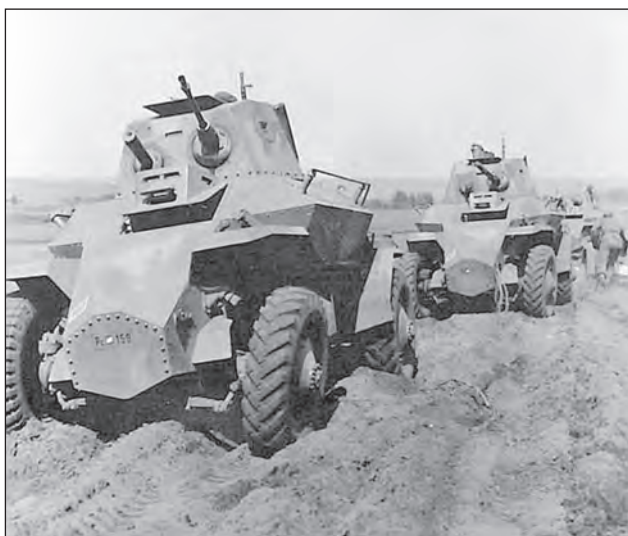
1941. június 26-án – máig tisztázatlan körülmények között – megtörtént Kassa bombázása, amely „meggyőzte” a

habozó politikusokat, és eldöntötte Magyarország hadba lépését a Szovjetunió ellen.

A kassai bombázást követően a vezérkar főnöke 1941. június 26-án kiadta utasítását a VIII. hadtest és az 1. gyors-hadtest (a 2. lovasdandár Délvidéken megszálló feladatot teljesítő erők kivételével) mozgósításának végrehajtására. Ezeket a kötelekeket Kárpát-csoport néven a VIII. hadtest parancsnokának, Szombathelyi Ferenc altábornagynak alárendeltségébe helyezte. A Kárpát-csoport alárendeltségébe kerültek a tiszabogdányi, a kőrömezői, a királymezői, a szinevéri, az ökörmezői, a valóci és az uzsoki völgy-zárak erődszázadai is.

Június 26-án délután a tapolcai 4/II. bombázó osztály, valamint a VIII. és a IX. közelfelderítő századok megkapták a parancsot a másnap végrehajtandó „válaszbombázásra” a szovjet határ menti célok ellen. A vezérkar jelentése szerint június 27-én 8 órakor 19 db Junkers Ju86 K-2-es bombázó szórta le terhét Sztanyiszláv körzetére, míg a közelfelderítő századok, WM-21-es közelfelderítő gépekkel, veszteség nélkül támadták Oporec, Lavocsnye, Rozanka, Jelenkovata laktanyáit, repülőtereit, közlekedési csomópontjait.²⁷

A parlamentben június 27-én 10 óra harminc perckor dr. Bárdossy László miniszterelnök – hivatkozva a kassai bombázásra – bejelentette, hogy Magyarország és Szovjetunió között a „hadiállapot beállott”.²⁸



8. ábra. Az előrenyomulás nehézségei – Csaba páncélgépkocsik a „vendégmarasztaló” utakon

Mivel egyértelművé vált a háborúhoz való magyar „önkéntes csatlakozás”, Himer vezérőrnagy, a német szárazföldi vezérkar összekötő törzsének vezetője még aznap benyújtotta az addigi „békés területszerzések” számláját, az OKW igényét egy Kolomija – Sztaniszlav irányú támadás végrehajtására.²⁹

A HATÁR MENTI HARCOK IDŐSZAKA (JÚNIUS 28–30.)

A hadiállapot bejelentése után – a vezérkar főnökének utasítására – a VIII. hadtestparancsnok a határ mentén már rendelkezésére álló határvédelmet végrehajtó erőkből két vegyes összetételű hadműveleti csoportosítást hozott létre annak érdekében, hogy biztosítsák a gyorshadtest seregeinek mozgósítását és a határra történő felzárkózását.³⁰

A bal szárnyon, a 8. határvadász dandár parancsnoka vezetésével megalakult az úgynevezett „Rakovszky-cso-



9. ábra. Határbiztosítás. Géppuskás raj tüzelőállásban (Fotó: Fortepan 13961)

port”, amely a 8. határvadász dandár erőinek zömével Volócnál, részeivel pedig az Uzsoki- és a Tornyai-hágónál települt támpontszerű védelemben helyezkedett el. A dandár parancsnoka – Rakovszky György vezérőrnagy – a határbiztosítás időszakában állandóan a határt járta, hogy teljesen megismerje a reá bízott határszakaszt, illetve, hogy személyes tapasztalatokat szerezzen az oroszok magatartásáról és tevékenységéről.

A Tornyai-hágótól délre, az 1. hegyidandár bázisán, annak parancsnoka alárendeltségében hozták létre a „Felkl-csoportot”. A csoport Kőrösmezőnél, illetve Tiszabogdánynál és a Pantir-hágónál bontakozott szét.³¹

A határ mentén elhelyezett csapatok tűzértségi támogatása érdekében elrendelték a 2./4. gépkocsizó zászlóalj és a 2. dandár, valamint a 1. lovasdandár tűzértségének azonnali előrevonását.

A Kárpátok határszakaszának Szovjetunió felőli védelmét az 1941. június 22-én megalakult Délnyugati Front alárendeltségébe tartozó szovjet 12. hadsereg szervezetébe tartozó csapatok látták el. Ez a csoportosítás két lövész- és egy gépesített hadtestből, valamint a 10. a 11. és a 12. erődített körzetek állományából állt. Az első lépcső-

1. táblázat. A Rakovszky- és a Felkl-csoport alakulatai

Rakovszky-csoport Pk.: Rakovszky György vezérőrnagy	Felkl-csoport Pk.: Felkl Jenő vezérőrnagy
10. határvadász zászlóalj 25. határvadász zászlóalj 1. hegyi zászlóalj 2. hegyi zászlóalj VIII. kerékpáros zászlóalj 15. kerékpáros zászlóalj (07. 03-tól) 24./II. fogatolt közepes tarackos üteg 1. lovas légvédelmi gépágyús üteg VIII/I. sebesült szállító gépkocsi oszlop VIII. bakteriológiai állomás ³²	2. határvadász zászlóalj 3. határvadász zászlóalj 11. határvadász zászlóalj 26. határvadász zászlóalj 3. hegyi zászlóalj 4. hegyi zászlóalj V. légvédelmi tüzérsztály VIII. légvédelmi tüzérsztály VIII/2. gépvontatású légvédelmi gépágyús üteg (páncél elhárító feladatra) 104/4. légvédelmi gépágyús üteg 105. légvédelmi tüzérsztály 1. és 2. üteg 1. hegyi huszárszászad 1. hegyi utászszászad VIII/1. utászszászad 12. gyalogezred árkászszászad 106. ellátó ³³



ben a 13. lövészhadtest (a 44. és az 58. lövész-, 192. hegyi hadosztályok), a 17. lövészhadtest (96., 60. hegyi és a 164. lövészhadosztályok), a második lépcsőben a 16. gépesített hadtest (15. és a 39. harcokcsi, a 240. gépesített hadosztályok, valamint a 19. motorkerékpáros ezred) volt. A harcokcsihadosztályokat BT-5, BT-7 és T-26 típusú harcokcsikkal látták el. Egy erődkörlet általában öt önálló zászlóaljból álló, dandár méretű szervezet volt.³⁴

A felderítés adatai szerint a magyar erőkkel szemben a szovjet határőrizet mögött 10–12 kilométerre három övből álló védelmi rendszer húzódott, amelynek teljes mélysége elérte a 10 – 14 kilométert.

Az első övet tábori kiserődök láncolata képezte, ezeket a századok támpontszerűen szállták meg és rendezték be. A támpontok a legfontosabb harcászati irányokat zárták le, és azokat jelentős mennyiségű aknavető és géppuska tüzelőállás kiépítésével és megszállásával biztosították. A második övet – amely a védelem gerincét képezte – a Szkole – Dolina – Nadvorna – Gyeljatyin vonalban építették ki. A teljesen összefüggő, műszakilag jól berendezett vonalat lövészrezdek védtek, amelyek harcát harcokcsik, lovas- és tüzérségi eszközök is támogatták. A harmadik öv már nem volt összefüggő, csak a legfontosabb irányok lezárására szorítkozott, és itt helyezték el a hadosztály-tartalékokat.³⁵

A határbiztosítás elrendelésekor a két magyar dandár előtt a felderítés 10 lövész-, 3 gépesített, 2 lovas-, és 1 hegyi hadosztályt azonosított. A háború kitörésekor ez a

felállás mintegy igazolta a németek csatlakozó szárnyak biztosításának hiányára vonatkozó aggodalmát. Azonban a szovjet magasabbegységek száma egyre csökkent, mivel azokat a mögöttes területekre és a szárnyakra vonták vissza.

Ennek ellensúlyozására a szovjet csapatok igen aktív műszaki zár kiépítési tevékenységet folytattak. Az addig meglévő műszaki zárat kiegészítették, a járható utakat, hágókat aknásított fatorlaszokkal, aknamezőkkel, rejtett robbanószerkezetekkel zárták le, és felkészültek azok tűzzel való biztosítására. Robbantásra készítették elő a vasúti pályákat, hidakat, az alagutakat és egyéb műtárgyakat. Június 26-a után megkezdték a határ menti raktárak és települések kiürítését és a termelő üzemek leszerelését, illetve megsemmisítését. A június 27-én végrehajtott légi felderítési adatok már nagyobb szovjet csapatrészek északkeleti, keleti irányba történő kivonásáról szóltak.

A hadtest parancsnoka elrendelte a szovjet csapatokra történő rázárkózást, és az ellenség kivont csapatainak szoros követését. Elgondolása szerint északon a Rakovszky-csoport azonnal megkezdte az az ellenség üldözését az Uzsoki- és Toronyai-hágók közötti szakaszon, míg az 1. hegyi dandárt és a főerőket képező gyorshadtestet Kőrösmező térségébe begyülekezése után – a Tatárhágón át erőteljes támadást indít Kolomea – Sztaniszlau irányába. Ezt követően felzárkózva a Dnyeszter folyóra birtokba veszi annak átjáróit.³⁶

(Folytatjuk)

JEGYZETEK

- 1 Kiss Gábor Ferenc: Magyar Királyi Honvédség gyorscsapatai 1938–1941, Doktori (PhD) értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Bölcsészettudományi Kar, Történelemtudományi Doktori Iskola, Szeged, 2012, 202. o.
- 2 Uo. 203. o.
- 3 A volt m. kir. 1. honvéd felderítő zászlóalj története, Dr. vitéz Tóth József magánkiadása, Budapest 2006, 112. o.
- 4 A volt m. kir. 1. honvéd felderítő zászlóalj története, Dr. vitéz Tóth József magánkiadása, Budapest 2006, 112. o.
- 5 Várhalmi Iván: A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól – 1941. 06-ig. A Kárpát-csoport, majd az 1. gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben; 2012, 35. o.
- 6 Várhalmi Iván: A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól – 1941. 06-ig. A Kárpát-csoport, majd az 1. gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben; 2012, 35. o.
- 7 Zrínyi Miklós Katonai Akadémia: Az egyetemes és magyar hadművészet az ókortól napjainkig (Vázlatalbum), Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1986)
- 8 Várhalmi Iván: A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól – 1941. 06-ig. A Kárpát-csoport, majd az 1. gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben; 2012, 58. o.
- 9 Uo. 37. o.
- 10 Uo. 58. o.
- 11 Uo. 59. o.
- 12 Uo. 62. o.
- 13 Uo. 61. o.
- 14 Uo. 61. o.
- 15 Várhalmi Iván: Az 1. tábori pánccslos hadosztály története, 2012, 11. o.
- 16 Várhalmi Iván: A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól –1941.06-ig. A Kárpát-csoport, majd az 1. gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben; 2012, 62. o.
- 17 Várhalmi Iván: Az 1. tábori pánccslos hadosztály története, 2011, 10-11. o.
- 18 Andaházi Szeghy Viktor: A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december), Belvedere, Szeged, 2016, 12. o.
- 19 OKW: Oberkommando der Wehrmacht – a német véderő főparancsnoksága
- 20 Andaházi Szeghy Viktor: A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december), Belvedere, Szeged, 2016, 13–14. o.
- 21 Andaházi Szeghy Viktor: A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december), Belvedere, Szeged, 2016, 22. o.
- 22 Uo. 28. o.
- 23 HIM HL TGY 2721, A magyar királyi honvédség a II. világháborúban. Összeállította: dr. Kálmán Dániel. Miskolc, 1971–74, 64. o.
- 24 A 8. határhadász dandár hadműveleti (1941. június 28. – július 9.), Magyar Katonai Szemle, 1942. 1. szám.
- 25 Szabó Péter – Számvéber Norbert: A keleti hadszíntér és Magyarország, Püldo Kiadó, Debrecen, 2004. 1. fejezet.
- 26 M. Szabó Miklós: A magyar királyi légierő a második világháborúban, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1987, 75. o.
- 27 M. Szabó Miklós: A Magyar Királyi Honvéd Légierő a második világháborúban, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1987, 75–76. o.
- 28 Uo. 73. o.
- 29 Andaházi Szeghy Viktor: A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december), Belvedere, Szeged, 2016, 30. o.
- 30 Andaházi Szeghy Viktor: A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december), Belvedere, Szeged, 2016, 35. o.
- 31 Dombrády Lóránd – Tóth Sándor: A Magyar Királyi Honvédség 1919–1945, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1987, 195. o.
- 32 Dr. Csima János: Adalékok a Horthy-hadsereg szervezetének és háborús tevékenységének tanulmányozásához (1938–1945); 33 Uo. 83. o.
- 34 Várhalmi Iván: A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól –1941. 06-ig. A Kárpát-csoport, majd az 1. gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben; 2012, 81. o.
- 35 A Hazáért. A Magyar Honvédség múltja és jelene 1848–2004, Szaktudás Kiadó Ház, 2006. Szerkesztő: Dr. Helgert Imre, Vass Jenő Sándor, 214. o.
- 36 HIM HL TGY 2721, A magyar királyi honvédség a II. világháborúban. Összeállította: dr. Kálmán Dániel. Miskolc, 1971–74, 69. o.



Bäumlér Ede

(1941–2019)

2019. január 4-én elhunyt Bäumlér Ede, a Gamma Műszaki Zrt. volt műszaki igazgatója, a XX. századi katonai sugármérő műszerek fejlesztésének meghatározó alakja.

Villamosmérnökként végzett, szakmai pályáját a Telefongyárban kezdte. Kollégáival együtt digitális sokcsatornás telefonrendszer fejlesztésével foglalkozott. Később új kihívásként 4 évig a Nemzeti Színházban hangtechnikusként dolgozott, majd 35 éven át tanított akusztikát a Színház- és Filmművészeti Főiskolán.

1972-ben került a Gamma Művekbe, amelynek izotóp laborjában előbb nukleáris ügyintéző volt, majd technológiai csoportvezetővé nevezték ki. Munkája során korszerűsítette a besugárzók technológiai rendszerét. Ezt követően áthelyezték a dozimetriai laborba csoportvezetőnek. Akkoriban a Gamma akár havi 50 katonai sugármérő műszert gyártott, igen szigorú átvételi követelmények mellett.

Újabb előrelépést jelentett a pályáján, amikor 1982-ben a katonai speciális fejlesztések csoportvezetőjévé nevezték ki. A sugármérőkhöz kívül hozzá tartozott a vegyjelzők, atomrobbanás-paraméter mérők, a meteorológiai felszerelés elektronikájának fejlesztése is. A '80-as évek második felében irányításával a Gamma Művek alkotógárdája – a Prof. Dr. Solymosi József vezette BME Fizikai Kémia Tanszék radiológiai laboratóriumával együttműködve –, egy sor eljárási szabadalmat dolgozott ki (kormeghatározás, béta-sugárzás mérése magas gamma háttérben, légi sugárfelderítés, járműfedélzeti sugárfelderítés stb.), amelyek a később a polgári védelem által alkalmazott SVJ, SZEM sugármérők működésének alapjait jelentették.

A Haditechnikai Intézet (HTI) által fejlesztett, több találmányt is hasznosító IH-90-es sugárszint- és szennyezettségmérő műszert a Magyar Honvédség rendszeresítette. Ezzel a műszerrel méréseket végzett a csernobili atomerőműnél is.

Az 1990-es évek elején az IH-32-es járműfedélzeti sugármérővel ugyancsak eredményes kísérleteket végeztek, de ennek a műszernek a sorozatgyártására – a vegyi védelem akkori leépítése, illetve a Gamma Művek felszámolása miatt – nem került sor.

Bäumlér Ede az újjászervezett Gamma Műszaki Rt.-nél előbb a katonai szakág vezetője, majd, az orvosi nukleáris profil megszűnése után, 1998-tól műszaki igazgató lett.

A '90-es évtized közepének fő fejlesztései a határra telepített sugárkapuk, valamint a HTI-vel közösen fejlesztett IH-95-ös sugárszint- és szennyezettségmérő műszer, amelyet a mai napig rendszerben tart a Magyar Honvédség. Ez a berendezés a Bäumlér Ede, Erdős Kálmán,

Gujgiczér Árpád, Illés Zsolt, Nagy László, Németh Ferenc, Pintér István, Plachtovics György, Sarkadi András, Solymosi József, Szabó Endre által készített *Univerzális radioaktív sugármérő műszer és eljárás, valamint rendszer-technikai elrendezés méréshatárának kiterjesztésére* című, közös HTI–Gamma–BME Fizikai Kémia Tanszék szolgálati találmányt hasznosítja. Ezzel a műszerrel 1997-ben nyerte a HTI és a Gamma első ezüstérmét a Genfi Találmányi Világkiállításon (Bäumlér Ede és a szerző személyes részvételével). Bäumlér Ede, további eszközök fejlesztőjeként, a pályája során még hat díjat vehetett át.

A 2000 utáni időszakban érdeklődése – a katonai sugárkapuk és az élelmiszerek radioaktív szennyezettségét értékelő berendezés mellett –, a légi sugárfelderítés felé fordult. 2005-ben a Magyar Honvédség rendszeresítette találmányát, a helikopterre függesztett légi sugárfelderítő konténert.

Ezt megelőzően 2004-ben úttörőként, sikerrel vettünk részt Prágában, egy pilóta nélküli sugárfelderítő repülésen, amin a funkciójában és méretében csökkentett konténerváltozatot használtuk.

Vezetésével fejlesztették ki az egyedi „BNS-298 DECO felületi betaszennyezettség-távadó intenzív gamma-háttérben történő mérésekre” készült műszert, amit a Paksi Atomerőmű 2003- üzemzavara után a fal szennyezettségének mérése, a dekontamináció hatásosságának ellenőrzésére használtak fel a Somos Kft. szakemberei.

2009-ben megromlott egészségi állapota miatt mentesítették a műszaki igazgatói feladattal járó terhelés alól, de tudományos igazgatóként 2013-ig továbbra is részt vett a fejlesztésekben.

Hobbija a vitorlázás volt, amit – amíg egészsége engedte – versenyszerűen művelt.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport éves konferenciáin 1985 óta szinte minden évben beszámolt valamilyen fejlesztési eredményéről. A szakcsoport 2013-ban neki ítélte a Sugárvédelmi Emlékérmét.

Rendszeresen publikált a Haditechnikában. Szakmai, műszaki cikkei mellett érdeklődése az utóbbi időben a hadtörténelem felé is fordult. (Lapunk hasábjain utolsó írása, *Az eltöltött gáztámadás az olasz fronton az I. világháborúban* címmel, 2017/3. számunkban jelent meg.)

Tervei között szerepelt egy szakcikk publikálása a drónokra szerelt sugármérőkkel történő felderítés lehetőségeiről. Ennek megírását azonban halála megakadályozta.

(Dr. Pintér István nyugállományú alezredes)

CONTENTS

STUDIES

New Challenges in the Hungarian Air Control, Part. 1.	2
Building of Gammadose Distribution Plans with the Application of Small Drones	8
The Possible Military Applications of Hydrogen Fuel Cells	14

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

AirbuThe T-X Supersonic Training Airplane Programme of the US Air Force	20
HK416A7, the New Standard Assault Rifle of the Special Forces of Bundeswehr	27
Argentinean Submarines in the Atlantic Ocean, Part 1.	31

SPACE ACTIVITIES

Cassini-Huygens Probe-Twins Exploring the Saturn	37
Kilopower – Electric Plant on the Mars, Part 1	43

DOMESTIC SURVEY

40 x 46 LV Rocket Assisted Grenade – An Unrealized Development, Part 2	47
--	----

MILTECH HISTORY

Colonel Ferenc (Willwerth) Szentnémedy's Life and Military Career, Part 2	52
The Soviet GAZ AA Truck	58
The German LK II and the Swedish Strv m/21 Tanks and the Hungarian Relations, Part 1	62
Scout Units of Royal Hungarian Army Equipped with Armoured Vehicles during the Operation Barbarossa, Part 1	68

INHALTVERZEICHNIS

STUDIEN

Neue Forderungen in der heimischen Luftraumüberwachung, Teil I.	2
Bereitung des Planes des Gammadosisleistungs-Effektivitätsfaktor mit Anwendung der kleinen Drohne	8
Die militärische Anwendungsmöglichkeiten der Hydrogenium-Brennstoffzellen	14

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Das amerikanische Programm des Überschallausbildungsflugzeugs "T-X"	20
Die neue Standard Maschinenkarabiner "HK416A7" der speziellen Truppen der Bundeswehr	27
Argentinische U-Boote am Atlantik, Teil I.	31

RAUMFAHRTTECHNIK

Die Mission zweier Raumsonden Cassini-Huygens zur Erforschung des Planeten Saturn	37
Kilopower – Elektrizitätswerk am Mars, Teil I.	43

HEIMATSCHAU

Die Granate 40 x 46 LV mit additionalen Raketenantrieb, Teil II.	47
--	----

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Generalstabsobersobst Ferenc Szentnémedy (Willwerth), Teil II.	52
Der sowjetische LKW GAZ AA	58
Die deutsche "LK II" und schwedische "Strv m/21" Panzer und ihre ungarischen Aspekte, Teil I.	62
Die Panzertruppen der Ungarischen Königlichen Armee während des Unternehmens Barbarossa, Teil I.	68

A címképünkön: A Boeing–SAAB TX sugárhajtású gyakorló repülőgép N381TX lajstromszámú első példánya a 2016. szeptember 13-i roll-out ünnepségen St. Luis-ban (Fotó: Kelecsényi István gyűjteményéből a SAAB engedélyével.)

Borító 2: A U.S. Army részére tesztelésre átadott Chevrolet Colorado ZH2 hidrogéncellás katonai kivitelű terepjáró gépkocsi (Fotók: Ocskay István gyűjteményéből – General Motors)

Borító 3: Fent: Magyar Toldi harckocsi vonul át egy szovjet falu utcáján 1941-ben (Fotó: HM HIM, 50929.)

Lent: A Barbarossa hadművelet során hátrahagyott árokba csúszott szovjet teherautó. (Fotó: HM HIM, 2016.5.25.37.DFK.)

Borító 4: Fent: A Boeing–SAAB közös kiképző repülőgépével egy éve repülnek, és gyűjtik a tapasztalatokat

Lent: A Leonardo M–346 Master T–100-as változata. A gép Farnborough-ban készült. A gép tervezésekor az európai gyártónak még a Raytheon volt a fő partnere. (Fotók: Kelecsényi István gyűjteményéből a SAAB engedélyével)

Szerzőink figyelmébe

A szerkesztőség két független lektorttal ellenőrizteti a beküldött kéziratokat és plágiumellenőrzésnek veti alá azokat. A cikkeknek tartalmaznia kell: egy max. 6-10 soros összefoglalást és 5 kulcsszót magyar és angol nyelven is, illetve a cím angol nyelvű fordítását. Lapunk szerzőinek nevénél lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző e-mail címét és Orcid azonosítóját (www.orcid.org oldalon kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését angol és magyar nyelven (illetve tudományos fokozatát – ha ilyenrel rendelkezik). A kéziratot csak a felhasználó irodalmak megjelölésével fogadjuk el. Ha a hivatkozott irodalmi forrás rendelkezik DOI azonosítóval, azt kérjük feltüntetni. Az irodalmi hivatkozások formája az ISO 690:2010 szabványnak feleljen meg. A hivatkozásokra vonatkozó szabály, hogy egyetlen olyan forrás se szerepeljen a felhasználó irodalom jegyzékében, amelyre a szerző a törzsszövegben nem hivatkozik. A szerzői jogra (copyright) vonatkozó jogok és kötelezettségek, továbbá a szerzői jogok kiadói szerződésben kerülnek szabályozásra. 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

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, 1008 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 Budapest II., Filler u. 14. Levélcím: 1276 Budapest 22, Pf. 85 telefon/fax: 212-4540 e-mail: ugyfelszolgalat@topomap.hu További információ: 06 80/444-444 A folyóirat 2005-2015 közötti példányai megrendelhetők a Zrínyi webshopban (www.hmzrinyi.hu/termekek/magazinok).

A Haditechnika megvásárolható

Lira Könyvárúház, 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 Budapest II., Filler u. 14. 1087 Budapest Kerepesi út 29/b. Nyitvatartás: H.–P. 9–15 óra www.topomap.hu

Hirdetésfelvétel

HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nkft. 1087 Budapest, Kerepesi út 29/b. Felelős: Bartha Cynthia terjesztési menedzser Telefon: 459-5319 E-mail: cinti@armedia.hu



